



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

MeteoSchweiz

Klimareport 2024



Klimareport 2024

Herausgeber

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie
MeteoSchweiz
Abteilung Klima
Operation Center 1
CH-8058 Zürich-Flughafen

 meteoschweiz.ch

 kundendienst@meteoschweiz.ch

Redaktion

Elias Zubler, Stephan Bader, Thomas Schlegel

Autoren

Stephan Bader, Simone Bircher, Martine Collaud Coen,
Anke Duguay-Tetzlaff, Christoph Frei, Sophie Fukutome,
Regula Gehrig, Eliane Maillard Barras, Giovanni Martucci,
Gonzague Romanens, Rolf Rüfenacht, Christoph Spirig,
Laurent Vuilleumier, Elias Zubler

Vertrieb

Bundespublikationen BBL
CH-3003 Bern

 bundespublikationen.admin.ch

Artikelnummer: 313.013.d 09.25 150 860571551/1

ISSN: 2296-1488

Bitte zitieren Sie diesen Bericht folgendermassen:

MeteoSchweiz 2025: Klimareport 2024.
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie
MeteoSchweiz, Zürich. 100 S.

© MeteoSchweiz 2025

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	4
	Summary	7
1	Verlauf der Jahreswitterung 2024	8
2	Diagramme zum Jahresverlauf	18
	Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag Bern-Zollikofen	18
	Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag Lugano	19
	Jahresverlauf der Globalstrahlung	20
	Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre	22
	Tropopausenhöhe	23
	Aussergewöhnliche Starkniederschläge	24
	Jahresverlauf der UV-Strahlung	25
	Ozonmessreihe von Arosa und Davos	26
	Ozonmessungen in Payerne	28
	Aerosolmessungen Jungfrauoch	30
	Saharastaubereignisse	31
	Vegetationsentwicklung	32
	Frühling	32
	Sommer	33
	Herbst	34
	Pollensaison	36
3	Besonderheiten 2024	42
3.1	Unwettersommer	42
3.2	Rekordnässe in der Ostschweiz	44
3.3	Föhnreiche Alpennordseite	46
4	Globales Klima und Wetterereignisse	50
4.1	Weltweit aussergewöhnlich warmes Jahr	51
4.2	El Niño und La Niña	52
4.3	Besondere Ereignisse weltweit	54
5	Langjährige Klimaentwicklung	58
5.1	Atmosphäre	60
5.1.1	Bodennahe Beobachtungen	60
5.1.2	Freie Atmosphäre	74
5.1.3	Zusammensetzung der Atmosphäre	80
5.2	Landoberfläche	84
5.3	Datengrundlagen und Methoden	90
	Referenzen	95

Zusammenfassung

Das landesweite Mittel der Jahrestemperatur erreichte 7,2°C. Damit lag das Jahr 2024 1,4°C über der Referenzperiode 1991–2020 und belegte den dritten Rang seit Messbeginn 1864 hinter den beiden Vorjahren 2022 und 2023. An einzelnen Messstandorten im zentralen und östlichen Alpenraum war 2024 das wärmste Jahr seit Messbeginn. Rang 1 meldeten Davos, Elm, Engelberg und der Säntis. Damit setzt das Jahr 2024 den klaren Erwärmungstrend der letzten Jahrzehnte fort.

Die Schweiz erlebte den mildesten Winter seit Messbeginn 1864 mit einer Abweichung von +2,8°C zur Referenzperiode 1991–2020. Die Februartemperatur war so warm wie ein überdurchschnittlich milder März und setzte mit 4,6°C über der Referenz 1991–2020 entsprechend neue Massstäbe. Der Winter 2023/2024 war zudem ausgesprochen nass und brachte verbreitet 130–160% der Referenz 1991–2020.

Der Frühling 2024 war überdurchschnittlich mild, niederschlagsreich und sonnenarm. Der Sommer begann mit vielen Unwettern im Juni. Besonders betroffen waren die Alpensüdseite und das Wallis. Lokal kam es aufgrund der grossen Niederschlagsmengen zu Überschwemmungen. Im Misox brachte ein Murgang grosse Zerstörung und leider auch Todesopfer.

Nach den Unwettern im Juni folgte ein warmer Juli und der zweitwärmste August seit Messbeginn 1864. Der August 2024 war zudem lokal der zweitsonnigste August seit Beginn der Aufzeichnungen. Mit 0,9°C über der Referenzperiode 1991–2020 registrierte die Schweiz den neuntmildesten Herbst seit Messbeginn 1864. Der Herbst endete mit langanhaltendem Hochdruckwetter und regional viel Sonne im November.

Weltweit war das Jahr 2024 das wärmste Jahr seit Messbeginn 1850. Es übertraf sogar noch das aussergewöhnlich warme Vorjahr. Es lag 1,2°C über der Referenz 1961–1990. Auf allen Kontinenten dominierte die Wärme. Die letzten zehn Jahre seit 2015 waren die wärmsten seit Messbeginn.

In der langjährigen Schweizer Temperaturentwicklung 1864–2024 zeigt sich ein klares Signal des menschgemachten, globalen Klimawandels. Die langfristige Temperaturzunahme in der Schweiz von der vorindustriellen Referenzperiode 1871–1900 bis heute beträgt 2,9°C. Die Temperatur nimmt in allen Jahreszeiten zu. In Übereinstimmung mit der allgemeinen Temperaturzunahme in der Schweiz ist die Anzahl der Sommertage deutlich angestiegen, die Anzahl der Frosttage hingegen zurückge-

gangen. Im Gleichschritt mit der Temperatur ist ein Anstieg der Nullgradgrenze zu beobachten. Die allgemeine Erwärmung drückt sich auch in einer früheren Vegetationsentwicklung aus.

Die Niederschlagsentwicklung in der Schweiz im Zeitraum 1864–2024 ist von dekadischen und Jahr-zu-Jahr-Schwankungen dominiert. Im Winter ist eine langfristige Zunahme der Niederschläge festzustellen. In den übrigen Jahreszeiten gibt es keine langfristige Änderung in den Niederschlagssummen. Allerdings zeigen Untersuchungen, dass die Häufigkeit und die Intensität der täglichen Starkniederschläge zugenommen hat. Betrachtet man die letzten 40 Jahre, sind die Schweizer Sommer jedoch im Mittel trockener geworden. Neben leichten Abnahmen der Niederschläge hat die zunehmende Verdunstung zu den trockeneren Bedingungen beigetragen.

Beim Neuschnee und bei der Schneehöhe ist in den letzten 50–60 Jahren ein deutlicher Rückgang im Alpenraum festzustellen.

Die Ozonsituation in der höheren Atmosphäre über der Schweiz ist in den letzten Jahren stabil geblieben. Dies nachdem zwischen 1970 und 1995 eine Abnahme des Gesamt Ozons um rund 6% stattgefunden hat.





Summary

The national mean annual temperature reached 7.2°C, placing the year 2024 at 1.4°C above the reference period 1991–2020 and ranking it third since measurements began in 1864, behind the previous two years, 2022 and 2023. At individual measuring stations in the central and eastern Alpine regions, 2024 was the warmest year on record. Davos, Elm, Engelberg, and Säntis all reported record-breaking annual temperatures. This confirms the clear warming trend observed over the past decades.

Switzerland experienced its mildest winter on record since 1864, with a deviation of +2.8°C from the reference period 1991–2020. February temperatures were as warm as those of an exceptionally mild March, setting new benchmarks at 4.6°C above the 1991–2020 reference. The winter of 2023/2024 was also exceptionally wet, with precipitation reaching 130–160% of the reference period.

Spring 2024 was warmer than average, with high precipitation levels and below-average sunshine. The summer began with severe storms in June, particularly affecting the southern Alpine region and the canton of Valais. In some areas, the heavy rainfall led to flooding. In Misoix, a debris flow caused significant destruction and, tragically, loss of life.

Following the June storms, July was warm, and August became the second warmest on record since 1864. In some locations, August 2024 was also the second sunniest August ever recorded. With temperatures 0.9°C above the 1991–2020 reference period, Switzerland experienced its ninth mildest autumn on record. The autumn ended with prolonged high-pressure weather, bringing plenty of sunshine to many regions in November.

Globally, 2024 was the warmest year since measurements began in 1850, exceeding the 1961–1990 reference by 1.2°C. Warmth dominated on all continents. The last ten years since 2015 have been the warmest since the beginning of measurements.

A clear sign of man-made global climate change is reflected in the long-term temperature trend in Switzerland from 1864 to 2024. The temperature increase in Switzerland from the pre-industrial reference period 1871–1900 to the present day amounts to 2.9°C. The temperature is increasing in all seasons. In line with the general temperature increase in Switzerland, the number of summer days has risen significantly, while the number of frost days has decreased. A rise of the zero degree level can be observed in agreement with the temperature increase. The general warming is also reflected in an earlier vegetation development.

Precipitation development in Switzerland in the period 1864–2024 is dominated by decadal and year-to-year fluctuations. A long-term increase in precipitation can be observed in winter. In the other seasons, there is no long-term change in precipitation sums. However, studies show that the frequency and intensity of daily heavy precipitation has increased. On the other hand, looking at the last 40 years, Swiss summers have become drier on average. In addition to slight decreases in precipitation, increasing evaporation has contributed to the drier conditions.

There has been a clear decline in snowfall and snow depth in the Alpine region over the last 50–60 years.

The ozone situation in the higher atmosphere above Switzerland has remained stable in recent years. This follows a decrease in total ozone of around 6% between 1970 and 1995.

1 Verlauf der Jahreswitterung 2024

8

Die Schweiz blickt erneut auf ein extrem warmes Jahr zurück. Es begann mit dem mildesten Winter seit Messbeginn. Der Frühling zeigte sich in vielen Gebieten ausgesprochen niederschlagsreich, vor allem auf der Alpensüdseite. Der Sommer brachte den zweitwärmsten August seit Messbeginn und einige schwere Unwetter. Ende Herbst verzeichneten die tiefen Lagen beidseits der Alpen einen Rekordschneefall.

Jahrestemperatur in Rekordnähe

Das landesweite Mittel der Jahrestemperatur erreichte 7,2°C. Damit lag das Jahr 2024 1,4°C über der Referenzperiode 1991–2020. Das Jahr 2023 erreichte im landesweiten Mittel 7,3°C. Den höchsten Wert seit Messbeginn 1864 brachte das Jahr 2022 mit 7,4°C.

An einzelnen Messstandorten im zentralen und östlichen Alpenraum war es das wärmste Jahr seit Messbeginn. Rang 1 meldeten Davos, Elm, Engelberg und der Säntis. Auf der Alpensüdseite stieg das regionale Jahresmittel 1,3°C über die Referenzperiode 1991–2020. Das Vorjahr 2023 brachte hier 1,4°C über der Referenz. Rang 1 belegt auch im Süden das Jahr 2022 mit 1,5°C über der Referenz.

Mildester Winter mit Februarrekord

Die Schweiz erlebte den mildesten Winter seit Messbeginn 1864. Die Wintertemperatur 2023/24 lag 2,8°C über der Referenzperiode 1991–2020. Ähnlich mild zeigte sich der Winter 2019/20 mit 2,6°C über der Referenz.

Der Dezember 2023 lag 2,0°C über der Referenzperiode 1991–2020. Es war der fünftwärmste Dezembermonat seit Messbeginn 1864. Auch der Januar 2024 zeigte sich mit 1,6°C über der Referenz sehr mild. Lokal war es einer der mildesten Januarmonate seit Messbeginn. Mehrere Messstandorte registrierten Rekorde bei den Tageshöchstwerten.

Die Februartemperatur 2024 erreichte mit 4,6°C über der Referenzperiode 1991–2020 eine massive neue Rekordhöhe. Über alle Monate betrachtet war es die zweithöchste positive monatliche Referenzabweichung seit Messbeginn 1864. Eine unbedeutend höhere positive Referenzabweichung brachte nur der Juni 2003 mit 4,7°C über der Referenz 1991–2020. Die massive Februarwärme entsprach einem überdurchschnittlich milden Märzmonat.

Auf der Alpensüdseite stieg die Februarwärme lokal massiv über das bisher Bekannte. So lag der Monat in Poschiavo 1,6°C über dem früheren Höchstwert vom Februar 2020. Zur ausserordentlichen Februarwärme hat hier sicher der Nordföhn beigetragen. Er brachte im Süden vom 2.–5. Februar gebietsweise sehr milde Verhältnisse.

Niederschlagsreicher Winter

Der Dezember 2023 brachte in der Schweiz verbreitet weit überdurchschnittliche Niederschlagssummen. An über 90 Messstandorten gehörte er zu den fünf oder gar zu den drei nassesten Dezembermonaten seit Messbeginn. Lokal gab es Dezemberrekorde. Im Januar erhielt die Alpennordseite verbreitet überdurchschnittlich viel Niederschlag und auf der Alpensüdseite und im Engadin wurde schliesslich lokal der nasseste oder zweittasseste Februar seit Messbeginn verzeichnet.

Über den gesamten Winter 2023/24 erreichten die Niederschlagssummen verbreitet 130–160% der Referenzperiode 1991–2020. Im Engadin lagen die Werte meist um 180% der Referenz. Auf der Alpensüdseite gab es lokal auch Wintersummen von mehr als 180% der Referenz. Lokal war es einer der zehn niederschlagsreichsten Winter seit Messbeginn.

Viel Schnee in den Ostalpen

In hohen Lagen der Ostalpen lag die Schneehöhe während des ganzen Winters deutlich über dem Durchschnitt 1991–2020. In den übrigen Berglagen der Alpennordseite und des Wallis wurden zu Beginn des Winters für längere Zeit überdurchschnittliche Schneehöhen verzeichnet.

In den Bergen der Alpensüdseite fielen vor allem Ende Februar und Anfang März beachtliche Neuschneemengen. Erst ab diesem Zeitpunkt bewegte sich die südalpine Schneedecke für längere Zeit deutlich über dem Durchschnitt 1991–2020.

Milder, nasser und sonnenarmer Frühling

Die Frühlingstemperatur stieg im landesweiten Mittel 0,8°C über die Referenz und damit auf den Rang 7 in der Liste der wärmsten Frühlinge seit 1864. Dabei zeigte sich der März überdurchschnittlich mild, während die Apriltemperatur leicht über der Referenz und die Maitemperatur im Bereich der Referenz lag.

In den meisten Gebieten der Schweiz fielen im Frühling 2024 überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Auffallend waren die sehr nassen Bedingungen auf der Alpensüdseite und den angrenzenden Gebieten. Ursache der Frühlingsnässe waren die verbreitet niederschlagsreichen Monate März und Mai. Mehrere Messstandorte mit über 100-jährigen Messreihen verzeichneten einen der zehn nassesten Frühlinge. Bei einzelnen davon war es einer der drei nassesten Frühlinge. In Elm lag die Frühlingsnässe 2024 mit rund 600 mm auf Rang 1 seit Messbeginn 1878. Vergleichbar nass war hier nur der Frühling 1896.

Die Sonnenscheindauer erreichte im Frühling verbreitet nur 70–80% der Referenzperiode 1991–2020. An mehreren Messstandorten war es einer der zehn sonnenärmsten Frühlinge seit Messbeginn. Samedan im Oberengadin meldete den sonnenärmsten Frühling seit Messbeginn 1901. Ähnlich sonnenarm war hier letztmals der Frühling 1988.

Warmer Juli, zweitwärmster August

Das landesweite Mittel der Sommertemperatur lag 1,6°C über der Referenzperiode 1991–2020. Es war der sechswärmste Sommer seit Messbeginn 1864. In den Alpen war es lokal der dritt- oder viertwärmste Sommer seit Messbeginn.

Die landesweite Junitemperatur stieg nur knapp über der Referenzperiode 1991–2020. Auf der Alpensüdseite blieb die Junitemperatur vielerorts etwas unter der Referenz. Anschliessend erlebte die Schweiz den zehntwärmsten Juli seit Messbeginn 1864. An einzelnen Messstandorten in höheren Lagen und auf der Alpensüdseite war es lokal einer der fünf wärmsten Julimonate seit Messbeginn.

Der Sommer endete mit dem landesweit zweitwärmsten August seit Messbeginn 1864. Insgesamt neun Messstandorte mit über 60-jährigen Messreihen registrierten den wärmsten August seit Messbeginn. Auf dem Weissfluhjoch und auf dem Säntis war es der wärmste Monat überhaupt seit Messbeginn.

Mit dem extrem warmen August gab es auf der Alpensüdseite ungewöhnlich viele Tropennächte. Lugano verzeichnete während der drei Sommermonate die Rekordzahl von 41 Tropennächten. Der bisherige Rekord vom legendären Hitzesommer 2003 lag hier mit 33 Tropennächten deutlich tiefer.

Regional nasser Juni, sehr sonniger August

Die drei Sommermonate zusammen brachten verbreitet unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen im Bereich von 70–90 % der Referenz 1991–2020. Auf der Alpensüdseite registrierten einzelne Messstandorte weniger als 60 % der Sommerreferenz.

Die Junimengen erreichten regional 140–180 % der Referenz 1991–2020. Auf der Alpennordseite wurde lokal einer der nassesten Junimonate seit Messbeginn registriert. Im Juli und im August hingegen blieben die Monatssummen verbreitet unterdurchschnittlich. Zahlreiche Messstandorte mit über 60-jährigen Messreihen meldeten einen der zehn niederschlagsärmsten Augustmonate. Vereinzelt war es der niederschlagsärmste August seit Messbeginn.

Nach einem trüben Juni und einem durchschnittlich sonnigen Juli gab es im August reichlich Sonnenschein. Vielerorts bewegte sich die Augustsumme der Sonnenscheindauer zwischen 120 und 130 % der Referenz 1991–2020. Einige Messstandorte mit über 60-jährigen Messreihen verzeichneten einen der zehn sonnigsten Augustmonate. In Genf und Locarno Monti war es der zweitsonnigste August seit Messbeginn.

Schwere Unwetter im Sommer

Der niederschlagsreiche Mai mit Starkniederschlägen am Monatsende und weitere kräftigen Niederschläge in den ersten Junitagen führten in der Ostschweiz vom Vierwaldstättersee bis zum Bodensee sowie dem Rhein entlang zu einer angespannten Hochwassersituation mit Überschwemmungen.

Vom 20. auf den 21. Juni brachte von Süden her über die Alpen transportierte feuchtwarme Luft in den südlichen Walliser Tälern und auf der Alpensüdseite Starkniederschläge. Zusammen mit der Schneeschmelze aus der vorangegangenen hochsommerlichen Periode ergaben sich grosse Abflussmengen. In den Regionen Zermatt (Wallis) und Misox (Alpensüdseite) kam es zu massiven Schäden durch hochwasserführende Bäche und den mitgerissenen Geröllmassen.

Am 29. Juni wurde aus Süden feuchte und instabile Luft zum Alpenraum geführt. In Teilen des Oberwallis und des Tessins gingen kräftige Gewitter nieder, die in kurzer Zeit enorme Niederschlagsmengen brachten. Die enormen Regenmengen liessen Bäche und Flüsse in kurzer Zeit massiv anschwellen und über die Ufer treten. Das

Hochwasser und von reissenden Bächen mitgeführte Geröllmassen hinterliessen abermals massive Schäden.

Vom 6. auf den 7. Juli gab es vom Südtessin über das Bergell bis ins Oberengadin grosse Regenmengen. Das Wasser von hochgehenden Bächen und mitgeführte Geröllmassen führten lokal zu Schäden. Sie waren jedoch viel kleiner als bei den verheerenden Unwettern im vergangenen Juni.

Am 12. August entluden sich über dem Berner Oberland lokal massive Gewitter mit grossen Regenmengen in kurzer Zeit. Wasser- und Gieschbmassen verursachten in Brienz grosse Schäden an Häusern, Strassen und an Bahnanlagen. Von Wasser- und Gieschbmassen unterbrochen wurde auch die Strasse und die Bahnlinie nach Grindelwald.

Milder Herbst mit sonnigem Ende

Mit 0,9°C über der Referenzperiode 1991–2020 registrierte die Schweiz den neuntmildesten Herbst seit Messbeginn 1864. Nach einem in Vergleich zur Referenz leicht zu kühlen September zeigten sich die Monate Oktober und November insbesondere in höheren Lagen ausgesprochen mild. Im landesweiten Mittel wurde der achtwärmste und in höheren Lagen lokal der fünfwärmste Oktober seit Messbeginn registriert. Anschliessend meldeten einzelne alpine Messstandorte einen der mildesten November seit Messbeginn.

Die drei Herbstmonate zusammen brachten in weiten Gebieten überdurchschnittliche Niederschlagssummen. Die herbstliche Sonnenscheindauer blieb als Folge der trüben Monate September und Oktober unterdurchschnittlich. Lokal wurde der sonnenärmste Oktober seit mehr als 20 Jahren registriert. Im November brachte anhaltendes Hochdruckwetter in den meisten Gebieten der Schweiz eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer. In den Alpen wurde lokal der zweitsonnigste November seit Messbeginn verzeichnet.

Zwei kräftige Wintereinbrüche

Ein massiver Temperatursturz sorgte in der ersten Septemberhälfte in höheren Lagen lokal für aussergewöhnliche Schneemengen. In Arosa gab es bis Monatsmitte 44 cm Neuschnee und damit die sechstöchste Neuschneesumme in der ersten Septemberhälfte. Ein kräftiger Schneefall im letzten Novemberdrittel brachte in

tiefen Lagen beidseits der Alpen Novemberrekorde bei der 1-Tages Neuschneesumme. Luzern verzeichnete mit 42 cm den weitaus höchsten Novemberwert in der seit 1883 verfügbaren Messreihe. Zugleich war es in Luzern die höchste 1-Tages Neuschneesumme überhaupt seit Messbeginn.

Saharastaub und Nordlichter

Über die Ostertage Ende März Anfang April 2024 führte eine kräftige Südwestströmung viel Saharastaub in die Schweiz. Am Karfreitag-Nachmittag zog der Staub in dichten Schleiern von Süden her über die Alpen und die Sichtweite ging innert kurzer Zeit massiv zurück. Vielerorts reduzierte sich die Sichtweite auf 5–7 km. Erst am Ostersonntag zeigte sich die Luft wieder klarer.

Vom 10. auf den 11. Mai 2024 sowie vom 10. auf den 11. Oktober 2024 konnten in der Schweiz prächtige Nordlichter beobachtet werden. Dank des klaren Himmels waren sie in der Nacht vom 10. auf den 11. Mai gut sichtbar. Vom 10. auf den 11. Oktober brauchte es etwas Glück, gab es doch vielerorts recht dichte Wolken, welche die Sicht an den farbigen Nachthimmel einschränkten.

Jahresbilanz

Die Jahrestemperatur 2024 lag nördlich der Alpen und auf der Alpensüdseite verbreitet 1,0–1,5 °C über der Referenzperiode 1991–2020. In den Alpen bewegten sich die Werte meist zwischen 1,3 und 1,7 °C über der Referenz. Im landesweiten Mittel stieg die Jahrestemperatur 1,4 °C über die Referenzperiode 1991–2020.

Die Niederschlagssummen 2024 erreichten in den meisten Gebieten der Schweiz 90–115 % der Referenzperiode 1991–2020. Im zentralen und östlichen Mittelland sowie im Wallis gab es lokal Werte zwischen 120 und 130 % der Referenz. Stabio im Südtessin verzeichnete mit knapp 150 % der Referenz das viertnasseste Jahr seit Messbeginn 1982. In Hallau im Kanton Schaffhausen war es mit knapp über 130 % der Referenz das drittnasseste Jahr seit Messbeginn 1959.

Die Jahressumme 2024 der Sonnenscheindauer lag verbreitet zwischen 80 und 90 % der Referenzperiode 1991–2020. Im Südtessin gab es Werte um 95 % der Referenz. Einzig der Messstandort Hörnli im Zürcher Oberland meldete knapp über 100 % der Referenz. Im Alpenraum war es vereinzelt eines der zehn sonnenärmsten Jahre seit Messbeginn.

Station	Höhe	Temperatur [°C]			Sonnenscheindauer [h]			Niederschlag [mm]		
	m ü. M.	Mittel	Referenz ¹	Abw. ²	Summe	Referenz ¹	% ³	Summe	Referenz ¹	% ³
Bern	553	10.6	9.3	1.3	1542	1797	86	1022	1022	100
Zürich	556	11.0	9.8	1.2	1508	1694	89	1281	1108	116
Genf	420	12.1	11.0	1.1	1693	1887	90	908	946	96
Basel	316	12.2	11.0	1.2	1539	1687	91	831	842	99
Engelberg	1036	8.4	6.8	1.6	1263	1380	92	1762	1568	112
Sion	482	11.7	10.7	1.0	1965	2158	90	635	583	109
Lugano	273	13.9	13.0	0.9	2019	2120	95	1786	1567	114
Samedan	1709	3.8	2.4	1.5	1589	1767	90	782	710	110

¹ Langjähriger Durchschnitt 1991–2020
² Abweichung der Temperatur zur Referenzperiode 1991–2020
³ Prozent im Verhältnis zur Referenzperiode 1991–2020 (Referenz = 100 %)

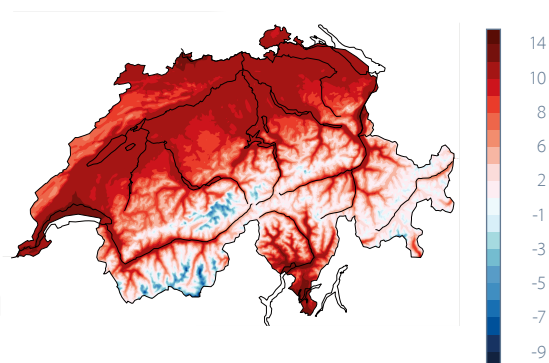


Tabelle 1.1
Ausgewählte Jahreswerte 2024 im Vergleich zur Referenzperiode 1991–2020.

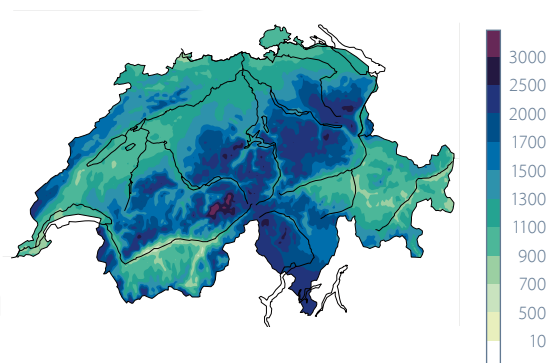
Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer 2024

Messwerte 2024

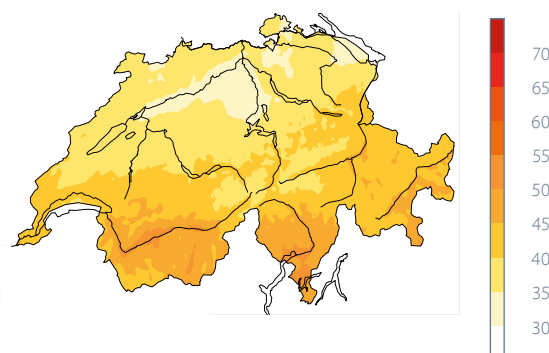
Jahresmitteltemperaturen in °C



Jahres-Niederschlagssumme in mm

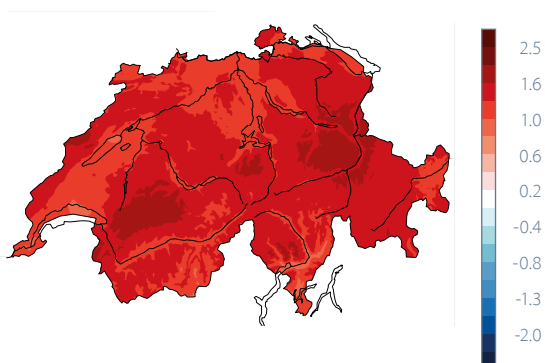


Anteil der maximal möglichen jährlichen Sonnenscheindauer in %

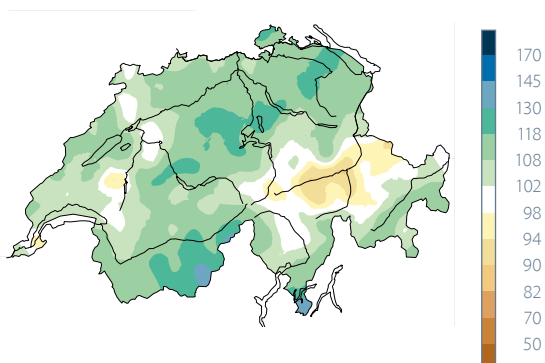


Abweichungen zur Referenzperiode 1991–2020

Abweichung der Jahresmitteltemperatur in °C



Jahres-Niederschlagssumme in % der Referenz



Jährliche Sonnenscheindauer in % der Referenz



Abbildung 1.1

Räumliche Verteilung von Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2024. Dargestellt sind Messwerte (links) und die Abweichungen zur Referenzperiode 1991–2020 (rechts).

Monatstemperatur 2024 Abweichung zur Referenzperiode 1991–2020

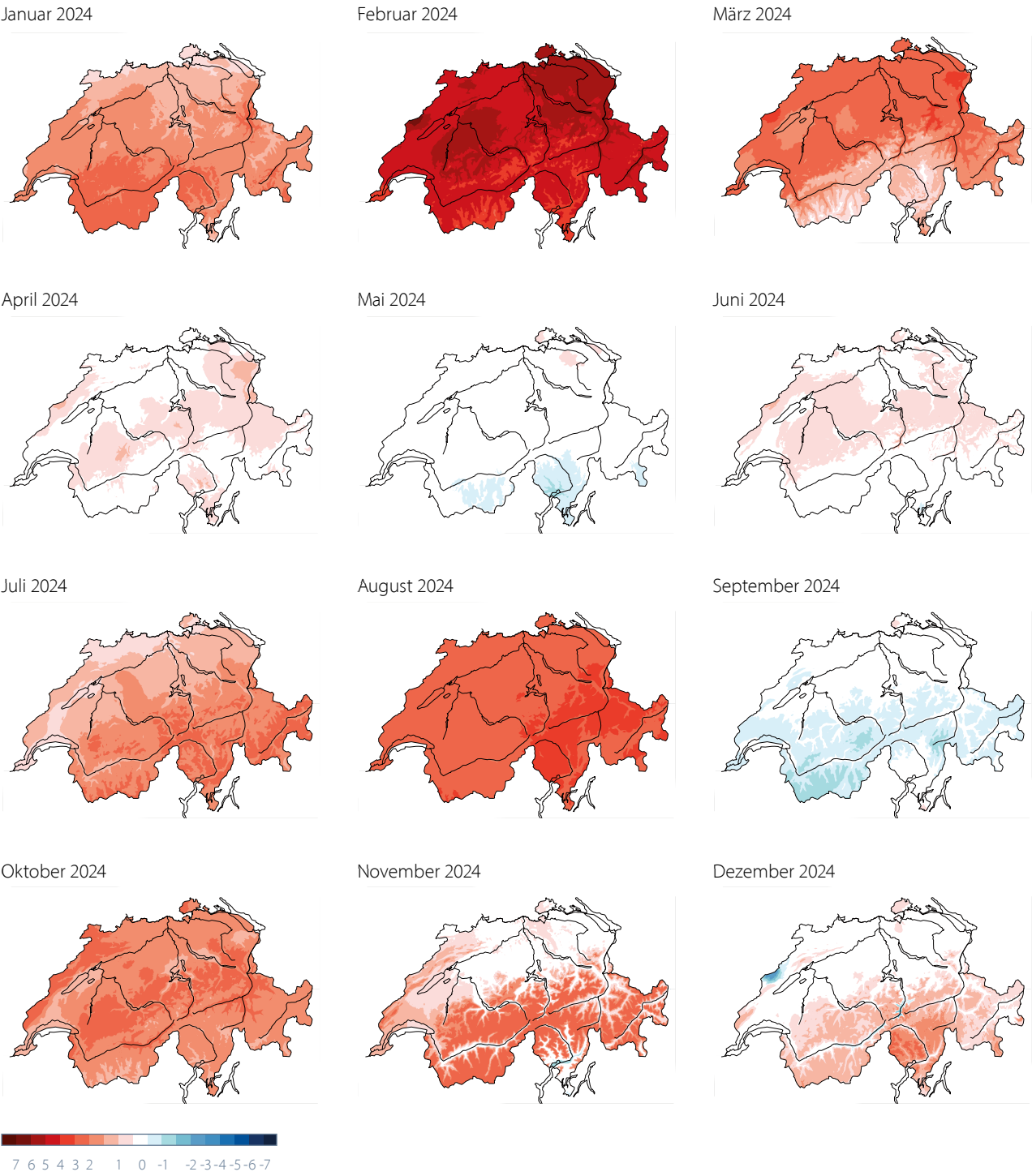
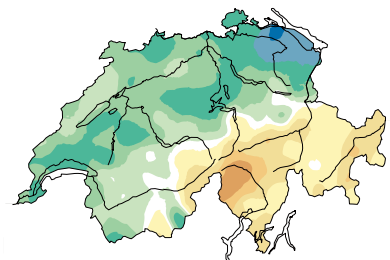


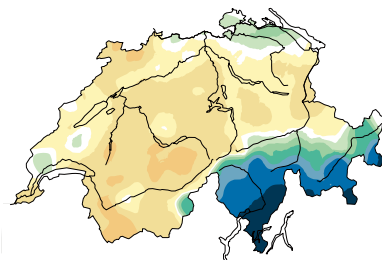
Abbildung 1.2
Räumliche Verteilung der Monatstemperatur als Abweichung zur Referenzperiode 1991–2020 in °C.

Monatsniederschlag 2024 in % der Referenzperiode 1991–2020

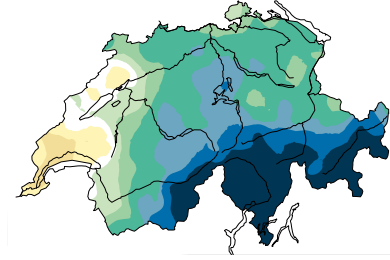
Januar 2024



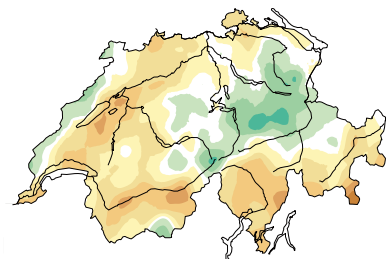
Februar 2024



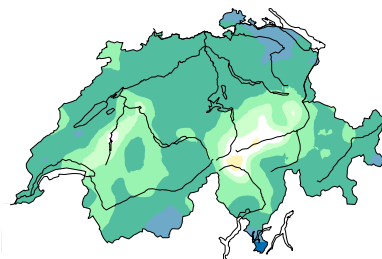
März 2024



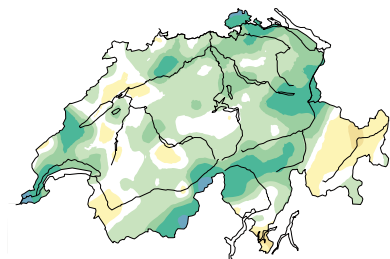
April 2024



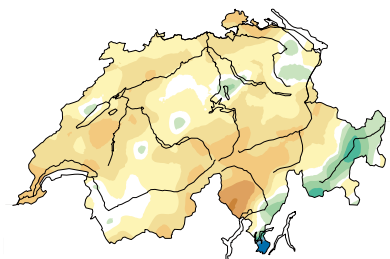
Mai 2024



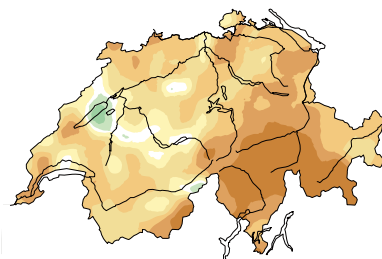
Juni 2024



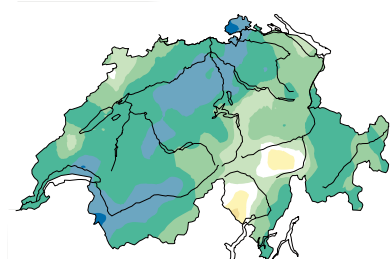
Juli 2024



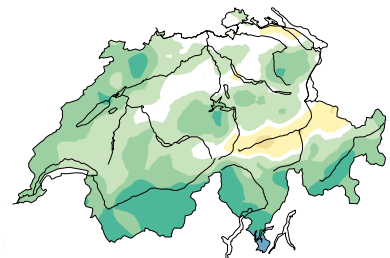
August 2024



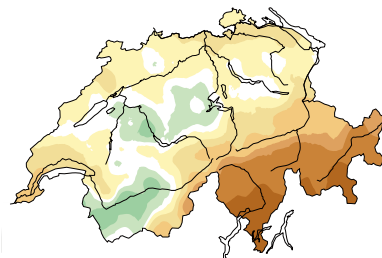
September 2024



Oktober 2024



November 2024



Dezember 2024

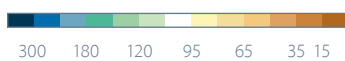
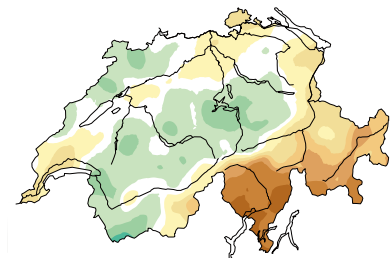


Abbildung 1.3

Räumliche Verteilung der Monatsniederschläge in % der Referenzperiode 1991–2020.

**Monatliche Sonnenscheindauer 2024
in % der Referenzperiode 1991–2020**

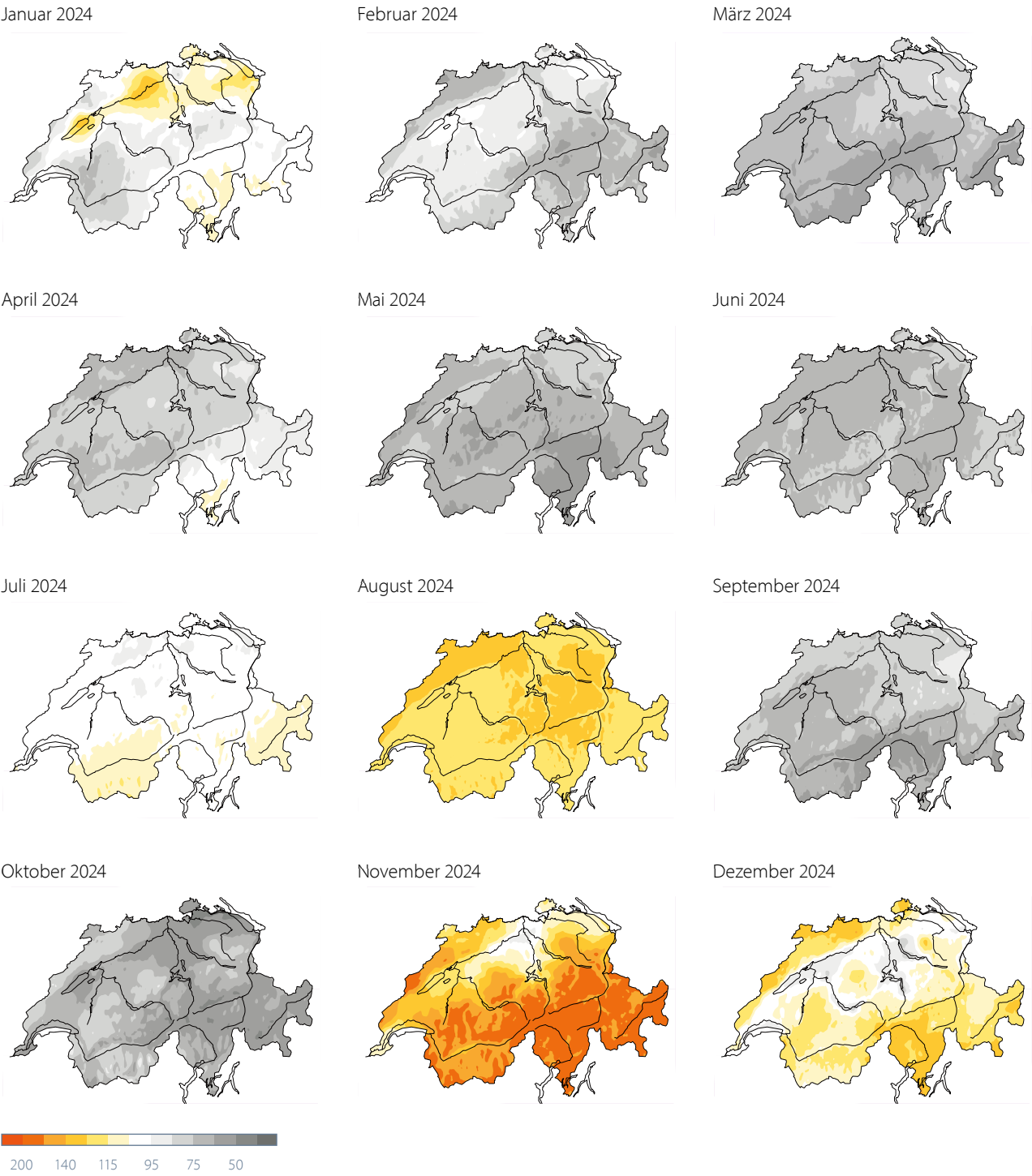


Abbildung 1.4
Räumliche Verteilung der monatlichen Sonnenscheindauer in % der Referenzperiode 1991–2020.





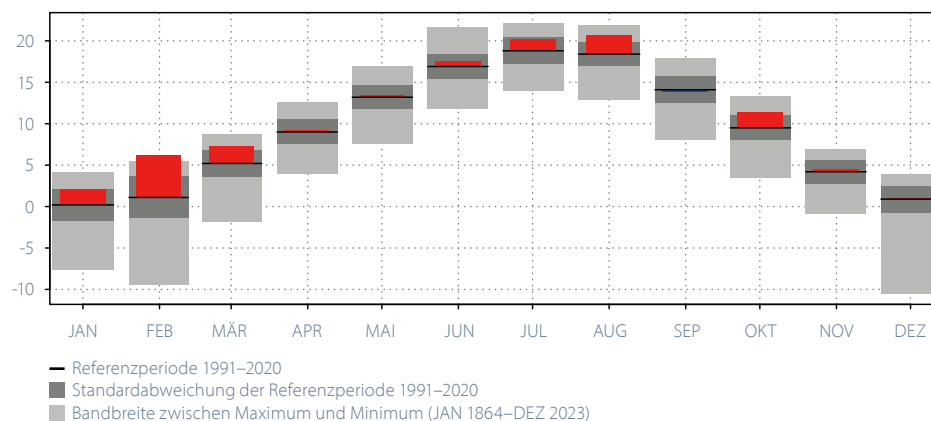
2 Diagramme zum Jahresverlauf

Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag Bern-Zollikofen (553 m ü. M.) 1.1.–31.12.2024

Abbildung 2.1
Jahresverlauf der Monatsmitteltemperatur, der monatlichen Sonnenscheindauer und der monatlichen Niederschlagssummen an der Messstation Bern-Zollikofen.

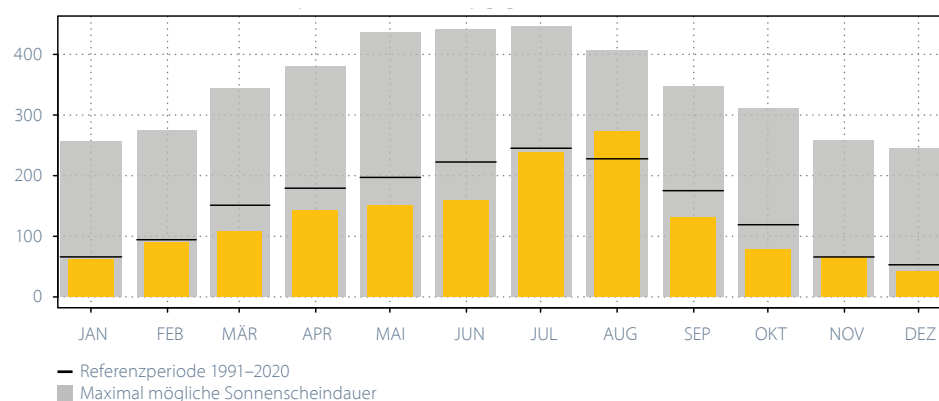
Monatsmittel der Lufttemperatur in °C

Mittel: 10,6; Referenz: 9,3



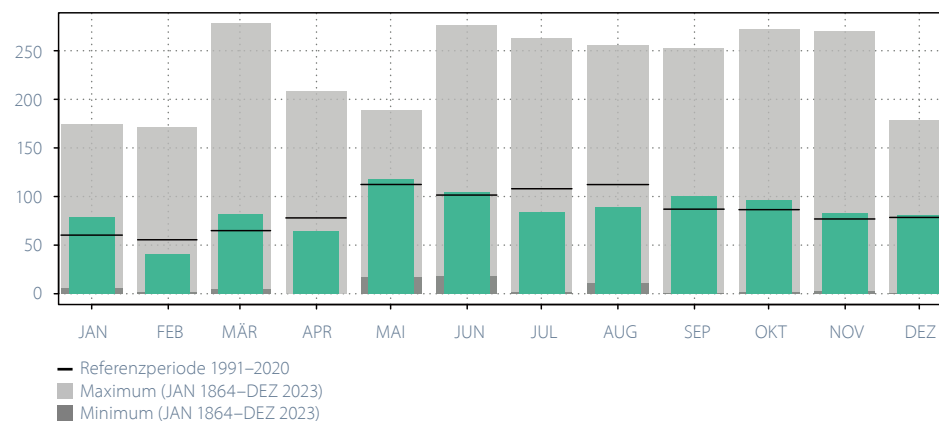
Monatliche Sonnenscheindauer in h

Summe: 1541,6; Referenz: 1797,1



Monatliche Niederschlagssummen in mm

Summe: 1021,6; Referenz: 1021,8



Temperatur, Sonnenscheindauer, Niederschlag Lugano (273 m ü. M.) 1.1.–31.12.2024

Monatsmittel der Lufttemperatur in °C
Mittel:13,9; Referenz: 13,0

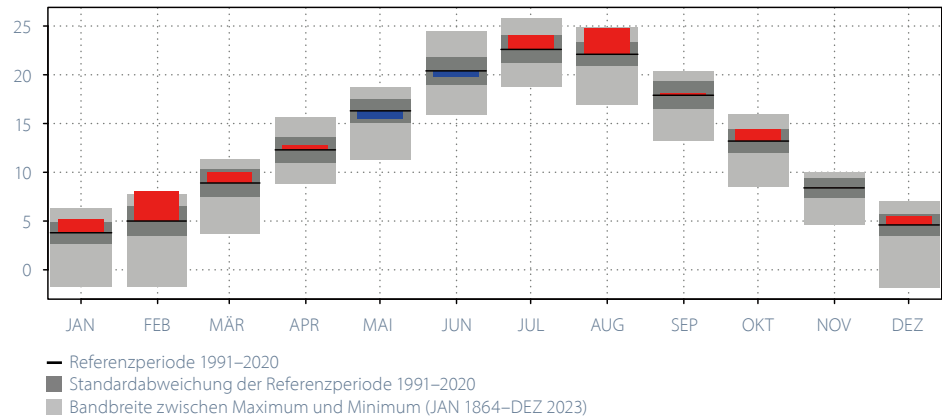
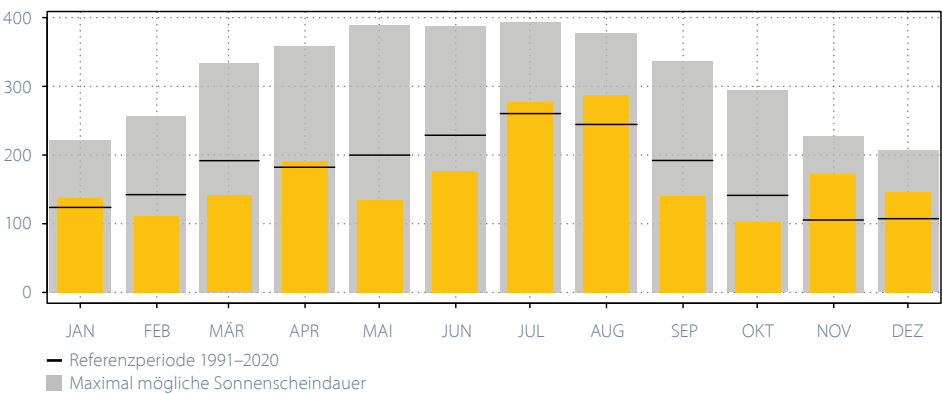
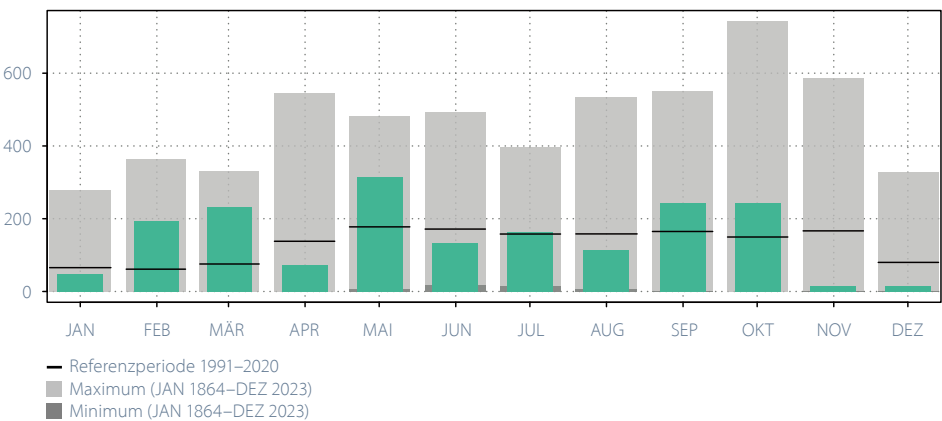


Abbildung 2.2
Jahresverlauf der Monatsmitteltemperatur, der monatlichen Sonnenscheindauer und der monatlichen Niederschlagssummen an der Messstation Lugano.

Monatliche Sonnenscheindauer in h
Summe: 2019,2; Referenz: 2119,8



Monatliche Niederschlagssummen in mm
Summe: 1786,3; Referenz: 1566,6



Jahresverlauf der Globalstrahlung

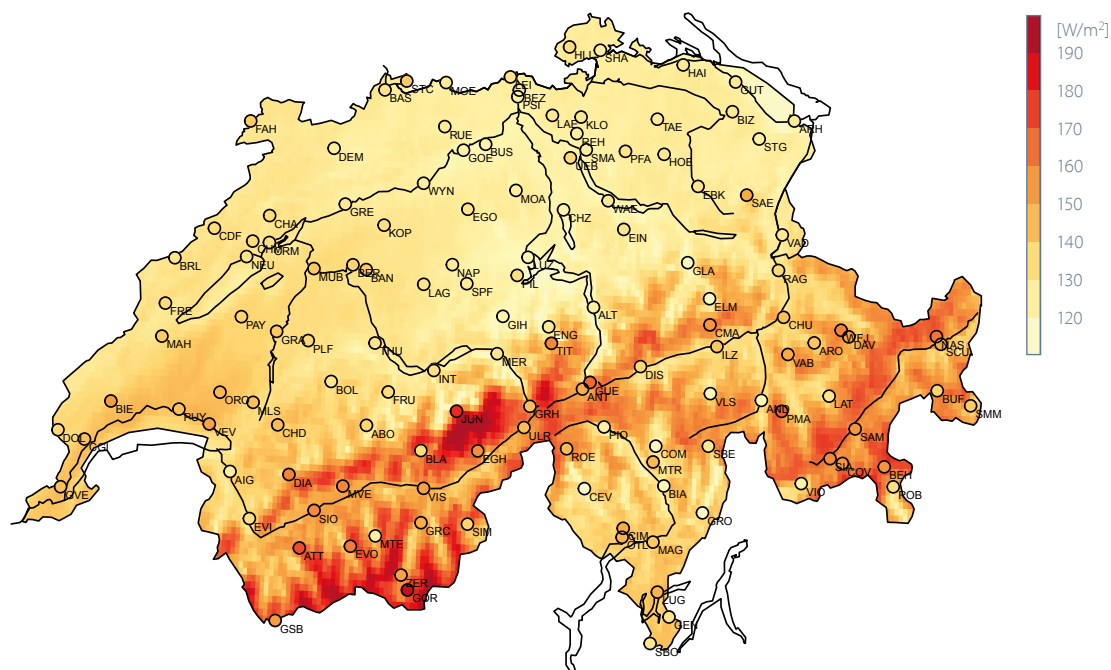
Unter Globalstrahlung versteht man die gesamte an der Erdoberfläche auf eine horizontale Fläche auftreffende kurzwellige Solarstrahlung. Die Globalstrahlung hat vor allem im Zusammenhang mit der Energiegewinnung eine besondere Bedeutung.

Die jährlich gemittelte Globalstrahlung erreichte in 2024 Spitzenwerte von bis zu 180 W/m^2 (Abbildung 2.3). Die höchste Globalstrahlung wird auch 2024 am Alpenhauptkamm gemessen. Im Mittelland wurden an den meisten Stationen sehr niedrige Strahlungswerte zwischen 130 und 140 W/m^2 erfasst. Auch im Tessin bleibt die Strahlung mit etwa 145 W/m^2 deutlich unter dem Referenzbereich verglichen mit der Periode 2004–2023.

Im Mittelland werden an der Station Kloten 132 W/m^2 gemessen. In der äussersten Westschweiz, im Raum um Genf, werden mit 145 W/m^2 deutlich höhere Solarstrahlungswerte registriert. Die Solarstrahlung der Berggebiete hebt sich deutlich vom Rest der Schweiz ab: Während im Tessin, der eigentlichen Sonnenstube der Schweiz, 148 W/m^2 in Lugano aufgezeichnet wurden, lag die jährliche Solarstrahlung am Jungfrauoch bei 177 W/m^2 .

Abbildung 2.3

Jahresmittel der Globalstrahlung für 2024 in W/m^2 hergeleitet aus Satellitendaten. Die Kreise geben die entsprechenden Messwerte der Stationsdaten an. Die Solarstrahlung ist ein sehr lokaler Parameter. Da Satelliten im $2 \times 2 \text{ km}$ Gitter, Bodenstationen an einem Punkt messen, ergeben sich hier Unterschiede auf Grund von lokalen Verschattungen, lokalen Nebelfeldern und unterschiedlichen Höhenlagen.



2024 war im Vergleich zum Mittel 2004–2023 ein Jahr mit deutlich unterdurchschnittlicher Solarstrahlung. In der Schweiz wurden, mit nur wenigen Ausnahmen, 7–10 W/m^2 niedriger Werte verglichen mit der Referenzperiode 2004–2023 registriert. Nur an den Gipfeln des Alpenhauptkammes lagen die Strahlungswerte im Referenzbereich.

Die Globalstrahlung besitzt in unseren Breitengraden einen ausgeprägten saisonalen Zyklus, der der Sonnenbahn folgt (Abbildung 2.4). Die Tagesmittel der Globalstrahlung schwanken aber aufgrund der täglich wechselnden Bewölkung äusserst stark.

Das Jahr 2024 startet im Januar mit durchschnittlicher Solarstrahlung in allen Teilen des Landes. Der Februar leitet eine lange, überwiegend trübe Periode ein. Im Februar liegt die Solarstrahlung vor allem in den Alpen-tälern weit unter der Referenz. Der März ist in allen Landes-

teilen äusserst trüb. Im April wird nur im Tessin eine durchschnittliche Solarstrahlung gemessen. Der Mai war wiederum in der gesamten Schweiz sehr trüb. Die grössten Abweichungen von der Referenz werden im Mai im Tessin verzeichnet. Auch im Juni gab es in der Schweiz aussergewöhnlich wenig Sonne. Sogar am Alpenhauptkamm werden im Juni leicht unterdurchschnittliche Globalstrahlungswerte gemessen. Im Juli gibt es zum Monatsende erstmals wieder eine lange sonnige Periode. Die monatliche Strahlung liegt aber auch im Juli in weiten Teilen der Schweiz nur im Bereich der Referenz. Im August wird erstmals in 2024 überdurchschnittliche Globalstrahlung registriert, vor allem im Mittelland im Gebiet um Basel. Von September bis Mitte Oktober scheint in der gesamten Schweiz wiederum nur wenig die Sonne. Der November startet mit einer sonnigen Periode. Vor allem im Tessin liegt die Strahlung im November deshalb über der Referenz. Das Jahr 2024 endet wie es begonnen hat, mit Strahlungswerten im Bereich der Referenz.

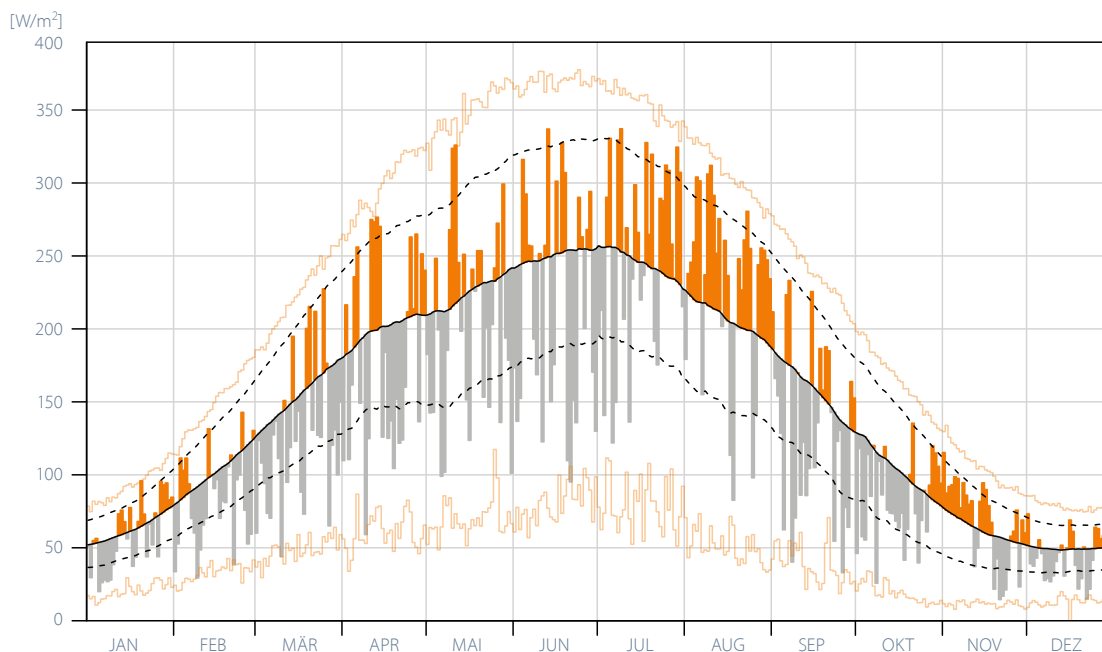


Abbildung 2.4
Tagesmittel der Globalstrahlung gemittelt über die ganze Schweiz für 2024. Orange Balken geben eine überdurchschnittliche, und graue Balken eine unterdurchschnittliche Einstrahlung im Vergleich zur Periode 2004–2023 an.

Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre

Der Verlauf der Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre wird aus Ballonsondierungen in Payerne bestimmt, die zweimal täglich um 11 Uhr und 23 Uhr UTC durchgeführt werden. Die Höhe der Nullgradgrenze ist mit der Ballonsondierung nicht immer eindeutig bestimmbar. Bei Inversionslagen können mehrere Nullgradgrenzen im gleichen Vertikalprofil auftreten. In solchen Fällen wird jeweils der höchste Wert verwendet. Wenn zum Zeitpunkt der Radiosondierung die gemessene Temperatur am Boden unter 0°C liegt, wird eine fiktive Nullgradgrenze berechnet, indem die Bodentemperatur pro 100 m nach unten um 0,5°C angehoben wird. Da die Station Payerne auf einer Höhe von 491 m ü. M. liegt, ergibt die Anwendung dieser Formel an Tagen mit Bodentemperaturen von -2,5°C oder tiefer eine Nullgradgrenze unterhalb des Meeresspiegels.

Abbildung 2.5 zeigt die täglichen Veränderungen der Nullgradgrenze im Jahr 2024. Die Werte sind sowohl absolut (in m ü. M.) als auch im Verhältnis zu den täglichen Referenzwerten der Periode 1991–2020 (schwarze Kurve) dargestellt. Die blauen und roten Balken in der Grafik zeigen die negativen und positiven Abweichungen zur Referenz. Der Median für den Zeitraum 1991–2020 entspricht 2605 m. Der Jahresmedian der Nullgradgrenze im Jahr 2024 betrug 2857 m, 252 m über dem Median der Referenz und 142 m höher als der Vorjahreswert. Der Prozentsatz negativer Anomalien im Jahr 2024 lag bei 36,4%. Im Jahr 2023 betrug der Anteil negativer Anomalien 43,3%. Entsprechend ist der Prozentsatz der positiven Anomalien (in rot) im Jahr 2024 im Vergleich zum Vorjahr von

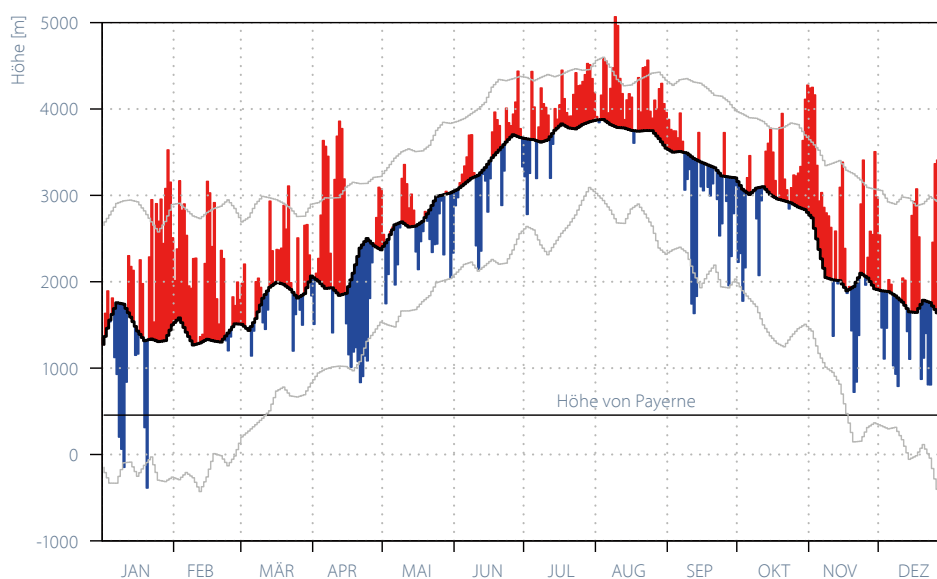
56,7% auf 63,6% gestiegen. Der Höchstwert der Jahresreihe wurde am 10. August 2024 mit 5'068 m Höhe gemessen, 84 m unter dem Maximum aus dem Jahr 2023. Der damalige Wert entspricht weiterhin der höchsten je registrierten Position der Nullgradgrenze seit Beginn der Ballonsondierungen im Jahr 1954. Die am 20. Januar 2023 berechnete Höhe von -389 m stellte das Minimum der Jahresreihe dar, 530 m höher als der niedrigste Wert im Jahr 2023. Im Januar gab es einige Tageswerte unterhalb der Bodenhöhe von Payerne. Einige Tageswerte in den Monaten Januar, April und September unterschritten auch das 5%-Perzentil (blaue Balken, die bis unter die untere graue Linie reichen). Insgesamt wurde der Schwellenwert des 5. Perzentils der Abweichungen zum Median der Referenzperiode an 2,7% der Tage unterschritten. Im Gegensatz dazu wurde im Jahr 2023 das 95%-Perzentil an 14,0% aller Tage übertroffen (rote Balken, die die obere graue Kurve überschreiten).

Im Jahresverlauf 2024 gab es zwischen Januar und April und von Oktober bis Dezember länger anhaltende Phasen mit vergleichsweise hoher Nullgradgrenze. Diese Phasen sind ein deutlicher Indikator für die aussergewöhnliche Wärme, die sich nach den Vorjahren 2022 und 2023 wiederholte. Dies zeigt auch, dass oft nicht nur tiefe, sondern auch hohe Lagen vom Wärmeüberschuss betroffen waren. Ganz allgemein passt der Jahresmedian der Nullgrenze 2024 sehr gut zu dem seit Mitte der 1980er Jahre klar ersichtlichen Anstieg der Nullgradgrenze (siehe Kapitel 5.1.2).

Abbildung 2.5

Tägliche Höhe der Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre über Payerne im Jahr 2024, ermittelt aus den aerologischen Radiosondierungen um 23 Uhr und 11 Uhr UTC. Der Medianwert (Referenzperiode 1991–2020) wurde mit homogenisierten Daten berechnet und mit einem numerischen Filter geglättet. Innerhalb der 5% und 95% Perzentil-Linien (grau) liegen 90% der Tagesmittelwerte.

Median 2024: 2857 m; Referenzperiode 1991–2020: 2605 m



Tropopausenhöhe

Die Tropopause trennt die vom Wetter geprägte Troposphäre von der darüber liegenden, eher stabil geschichteten und sehr trockenen Stratosphäre. Die Tropopause ist immer durch eine deutliche Änderung des Temperaturprofils gekennzeichnet und entspricht oft der tiefsten Temperatur zwischen diesen beiden Schichten. Wie die Nullgradgrenze, wird auch die Tropopausenhöhe zweimal täglich um 11 Uhr und 23 Uhr UTC in Payerne aus den Ballonsondierungen ermittelt. Die Berechnung der Tropopausenhöhe erfolgt mit einem automatischen Algorithmus entsprechend einer WMO-Richtlinie (siehe Kapitel 5.3, Datengrundlagen und Methoden).

Abbildung 2.6 zeigt den täglichen Verlauf der Tropopausenhöhe im Jahr 2024. Eine höhere Temperatur in der Luftsäule führt zu einer höheren Tropopause. Deshalb hat der Median der Referenzperiode 1991–2020 (schwarze Linie) einen ausgeprägten Jahresgang mit höheren Werten im Sommer und tieferen Werten im Winterhalbjahr. Die Tropopausenhöhen sind absolut (in m ü. M.) als auch im Vergleich zur Referenzperiode 1991–2020 dargestellt. Die blauen und roten Balken in der Grafik zeigen die Abweichungen zur Referenz. Der Zufluss polarer (oder arktischer) Luftmassen in der Atmosphäre über die Schweiz führt zu einer Absenkung der Tropopause und damit oft zu Werten unterhalb der Referenzlinie. Im Gegensatz dazu nimmt bei der Ankunft einer warmen Luftmasse tropischen Ursprungs (maritim oder kontinental) die Höhe der Tropopause im Vergleich zu den Referenzwerten über der Schweiz zu. Der Median der Tropopausenhöhe

für das Jahr 2024 betrug 11'560 m und war damit 467 m höher als der Referenzmedian. Dieser liegt auf 11'255 m. Die täglichen Medianwerte waren in 44,7% aller Fälle niedriger als die Referenz. Im Gegensatz dazu lagen die Tageswerte während 55,3% der Zeit im Jahr 2023 über der Referenz. Die Messwerte lagen zu Jahresbeginn von Januar bis Februar und im Sommer von Mitte Juli bis Anfang September über dem Referenzwert. Der Frühling hingegen brachte eine Häufung von negativen Anomalien, insbesondere die Monate April bis Juni.

Im Vergleich zum Vorjahr waren 2024 weniger warme Extreme zu beobachten. Insgesamt schossen 9,0% der positiven Abweichungen zur Referenz über das 95. Perzentil hinaus und nur 5,2% der negativen Anomalien blieben unter dem 5. Perzentil. Der Höchstwert für das Jahr 2024 wurde am 10. August mit einer Tropopause auf 14'607 m Höhe gemessen. Am 23. Dezember wurde das Minimum der Tropopausenhöhe von 7564 m registriert.

Die zunehmende Anzahl der Überschreitungen des 95. Perzentils der Tropopausenhöhe resp. die abnehmende Anzahl an Werten unterhalb des 5. Perzentils (graue Kurven) sind weitere Indikatoren für die Erwärmung der letzten Jahrzehnte. Mit fortschreitendem Klimawandel ist zu erwarten, dass die Anzahl positiver Anomalien und die Zahl der Überschreitungen des 95. Perzentils der Referenzperiode 1991–2020 weiter zunehmen.

Median 2024: 11'560 m; Referenzperiode 1991–2020: 11'255 m

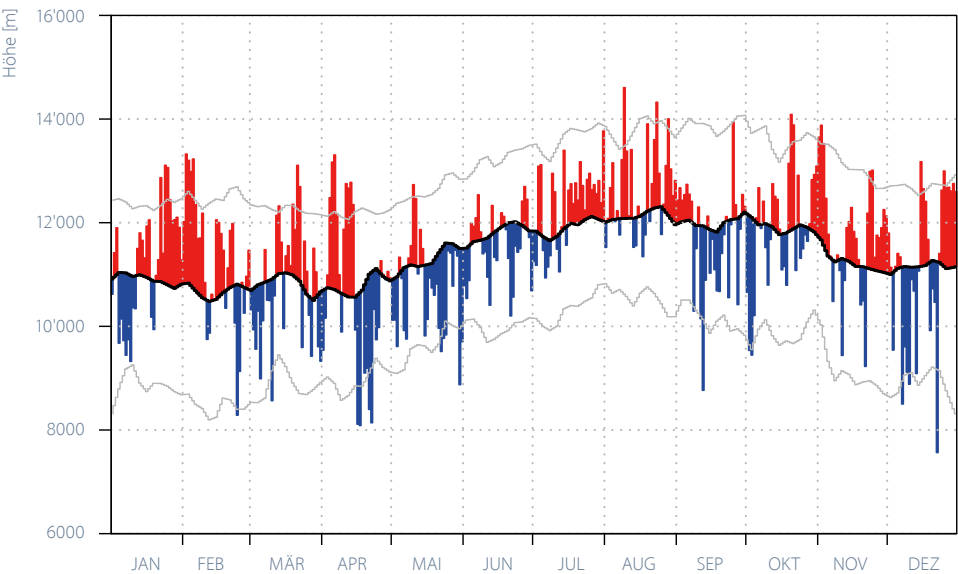


Abbildung 2.6
Tägliche Höhe der Tropopause über Payerne im Jahr 2024, ermittelt aus den aerologischen Radiosondenmessungen 23 UTC und 11 UTC. Der Medianwert (Referenzperiode 1991–2020) wurde mit homogenisierten Daten berechnet und mit einem numerischen Filter geglättet. Innerhalb der 5% und 95% Perzentil-Linien (grau) liegen 90% der Tagesmittelwerte.

Aussergewöhnliche Starkniederschläge

Um zu beurteilen, ob ein aussergewöhnliches Witterungsereignis aufgetreten ist, werden Häufigkeitsanalysen (oder Extremwert-Analysen) durchgeführt. Häufigkeitsanalysen geben Auskunft darüber, wie oft im langjährigen Durchschnitt das Überschreiten einer bestimmten Ereignisgrösse zu erwarten ist, z.B. alle zehn Jahre oder alle 20 Jahre. Diese Häufigkeitsangabe wird als Wiederkehrperiode bezeichnet. Mit einem statistischen Verfahren (räumliche Extremwertanalyse mit Basisperiode 1961–2020) wird für jeden Niederschlags-Messstandort die höchste im Berichtsjahr erfasste 1-Tages-Niederschlagssumme beurteilt. Die Schätzung von Wiederkehrperioden ist besonders bei seltenen Ereignissen mit grossen Unsicherheiten verbunden.

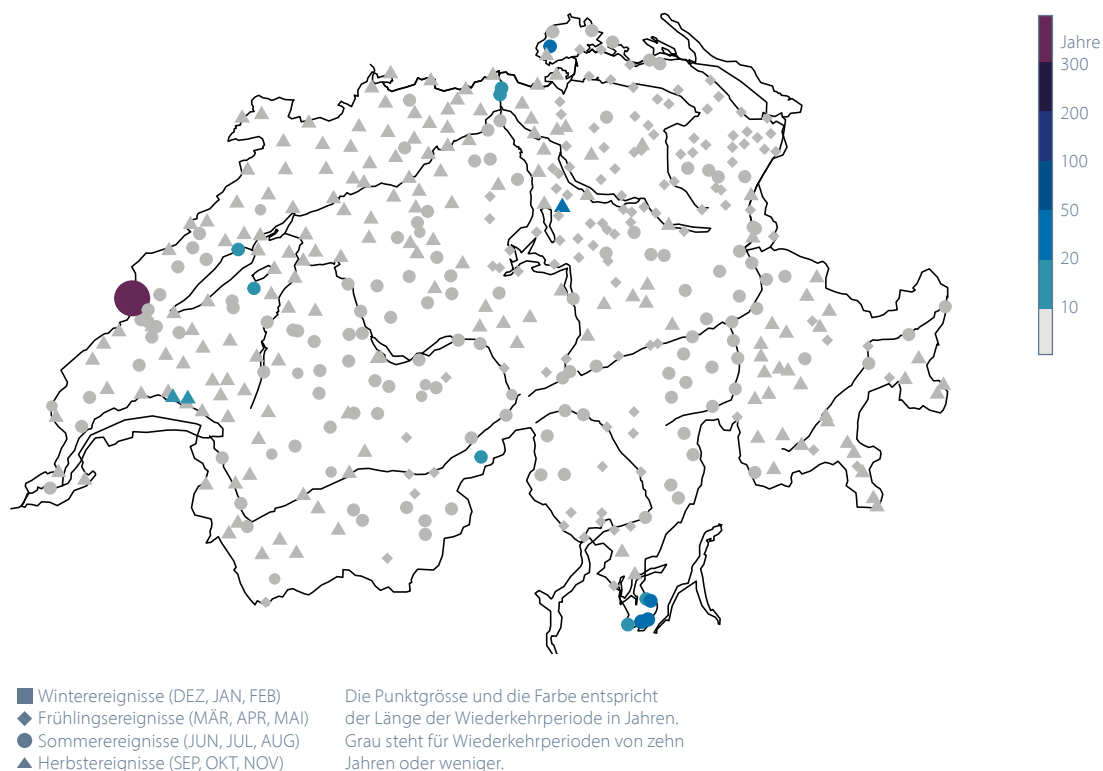
Während der Sommermonate gab es einige folgenschwere Unwetter mit grossen Niederschlagsmengen über wenige Stunden bis mehrere Tage (Kapitel 3.1). Betroffen waren vor allem die Alpensüdseite und das Wallis. Die maximalen Tagesniederschläge im Jahr 2024, gemessen von 6–6 Uhr UTC, erreichten jedoch nur punktuell und verteilt über die ganze Schweiz aussergewöhnliche Jährlichkeiten. Am 25. Juni gab es am Alpennordhang und

im westlichen Jura verbreitet Gewitter. Dabei bildete sich eine Gewitterzelle über dem Jura, die am Messstandort L'Auberson für einen neuen Tagesniederschlagsrekord von rund 130 mm sorgte. Die Wiederkehrperiode dieses Ereignisses wird aktuell auf weit über 100 Jahre geschätzt.

Im Zuge einer südwestlichen Höhenströmung kam es am 7. Juli 2024 im Südtessin, besonders im Mendrisiotto, zu ergiebigem Gewitterregen. Coldrerio und Morbio Superiore registrierten an diesem Tag insgesamt 186 mm resp. 195 mm Niederschlag, was an diesen Standorten einem etwa 45-jährlichen Ereignis entspricht.

Daneben gab es 2024 vor allem in den Monaten Juli, August und September weitere maximale Tagesniederschläge mit Wiederkehrperioden von über zehn Jahren, z.B. an den Messstationen in Hallau, Bezau, Pully, Neuchâtel und Binn.

Abbildung 2.7
**Wiederkehrperioden
(in Jahren) der grössten
1-Tages Niederschlags-
summen (6 bis 6 Uhr),
unterschieden nach
Saison, im Jahr 2024.**



Jahresverlauf der UV-Strahlung

Dem UV-B-Bereich des solaren Spektrums kommt besondere Bedeutung zu, da sich diese Strahlungskomponente signifikant auf Lebewesen auswirkt und in bestimmten Fällen ein Problem für die Gesundheit darstellt (Hautkrebs, Hornhautschäden, usw.). Andererseits sind auch positive Effekte vorhanden, z.B. bezüglich der Produktion von Vitamin D im Körper. Die verwendeten UV-Messgeräte registrieren die Intensität der ultravioletten Strahlung durch einen so genannten Erythemafilter, dessen Verhalten die Empfindlichkeit der Haut, insbesondere für UV-B mit einem kleinen Anteil UV-A, nachbildet. MeteoSchweiz misst die UV-B Strahlung in Davos seit Mai 1995, auf dem Jungfrauoch seit November 1996, in Payerne seit November 1997 und in Locarno-Monti seit Mai 2001.

Der Vergleich mit dem durchschnittlichen Jahreszyklus zeigt für das gleitende Mittel der UV-Strahlung im Jahr 2024 bis Anfang April ähnlich hohe Werte. Kurz vor Aprilmitte (12.–14.4.) wurde an den vier Stationen sehr hohe UV-Strahlung gemessen. Einige dieser Tagesmittelwerte waren so hoch wie die klimatologischen Durchschnittswerte im Juni und Juli.

Die Intensität der UV-Strahlung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Einerseits gibt es Faktoren, die sich von Jahr zu Jahr nicht ändern, wie der Sonnenstand und die Höhe einer Messstation. Andere Hauptfaktoren sind die Wolkenbedeckung und die Menge an Ozon in der Atmosphäre (hauptsächlich in der Ozonschicht).

Vom 12.–14. April erklärt eine Kombination aus sonnigen Tagen mit geringer Wolkenbedeckung und niedrigen Gesamtwerten der Ozonsäule die hohen Werte der UV-Strahlung. Dieses Ereignis war zeitlich begrenzt, da die Gesamtozonsäule vom 6.–16. April hohe Werte aufwies. Von Ende April bis Mitte Juli lag die durchschnittliche UV-Strahlung in Locarno-Monti, Payerne und in geringerem Masse in Davos unter dem Durchschnitt. Grund dafür war die unterdurchschnittliche Sonneneinstrahlung im Frühjahr und im Juni 2024.

Von Mitte Juli bis Ende August lagen die Messwerte hingegen in Locarno-Monti, Payerne, auf dem Jungfrauoch und in geringerem Masse in Davos über dem Durchschnitt. Dies ist auch auf die starke Besonnung in diesem Zeitraum zurückzuführen. Von Ende August bis Ende des Jahres lag die an den vier Stationen gemessene UV-Strahlung wieder auf dem Niveau des durchschnittlichen Jahreszyklus.

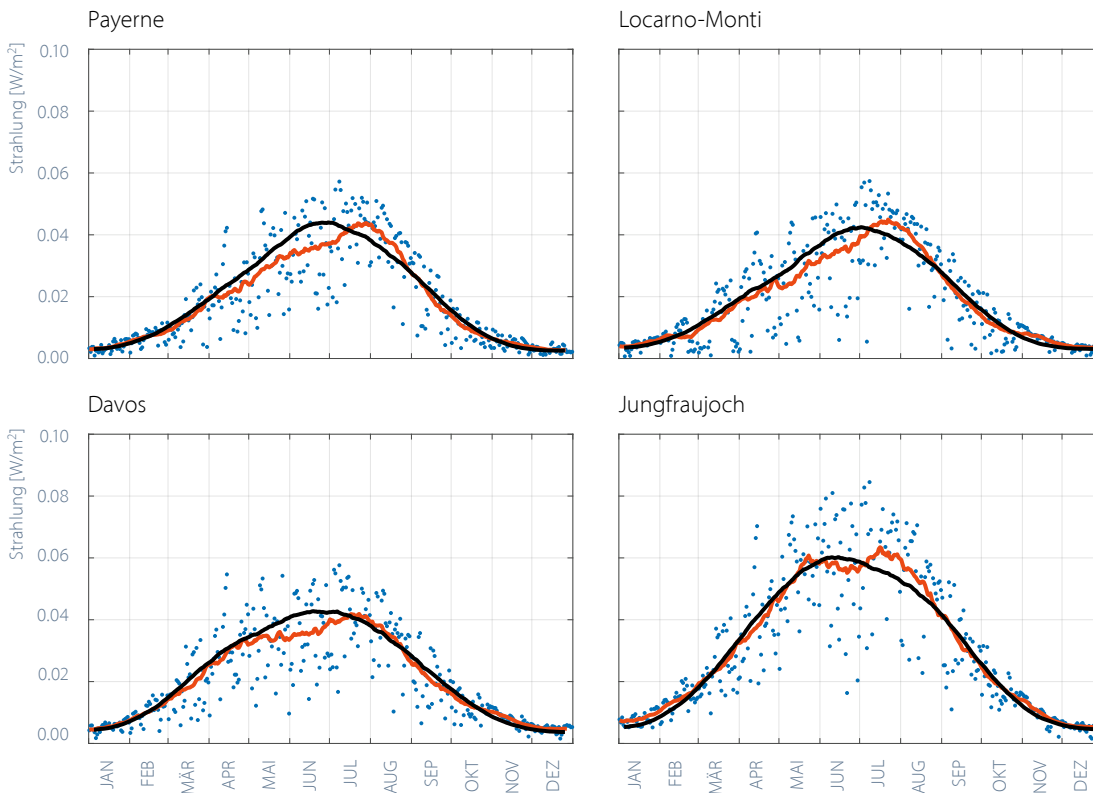


Abbildung 2.8

Tägliche Mittelwerte 2024 der erythemalen ultravioletten Strahlung (blaue Punkte) an den Messstationen Payerne, Locarno-Monti, Davos und Jungfrauoch. Rote Linie: gleitendes Monatsmittel (31 Tage). Schwarze Kurve: mittlerer jährlicher Verlauf berechnet aus den langjährigen Aufzeichnungen 1995–2023 (Davos), 1997–2023 (Jungfrauoch), 1998–2023 (Payerne) und 2001–2023 (Locarno-Monti).

• Täglich
— Monatlich 2024
— Monatlich Klima

Ozonmessreihe Arosa und Davos

Messungen der Gesamtozonsäule werden ab 1926 in Arosa und ab 2018 in Davos durchgeführt. Für das Jahr 2024 zeigt die Entwicklung der Gesamtozonsäule über Davos (Abbildung 2.9) den typischen Jahresverlauf mit hohen Werten im Winter und Frühling und niedrigeren Werten im Herbst. Der Jahresverlauf der Gesamtozonsäule wird massgeblich durch den Transport von Ozon innerhalb der Stratosphäre aus den Nordpolarregionen nach Süden bestimmt, wo das Ozonmaximum am Ende der Polarnacht erreicht wird, das heisst zu Beginn des Frühlings.

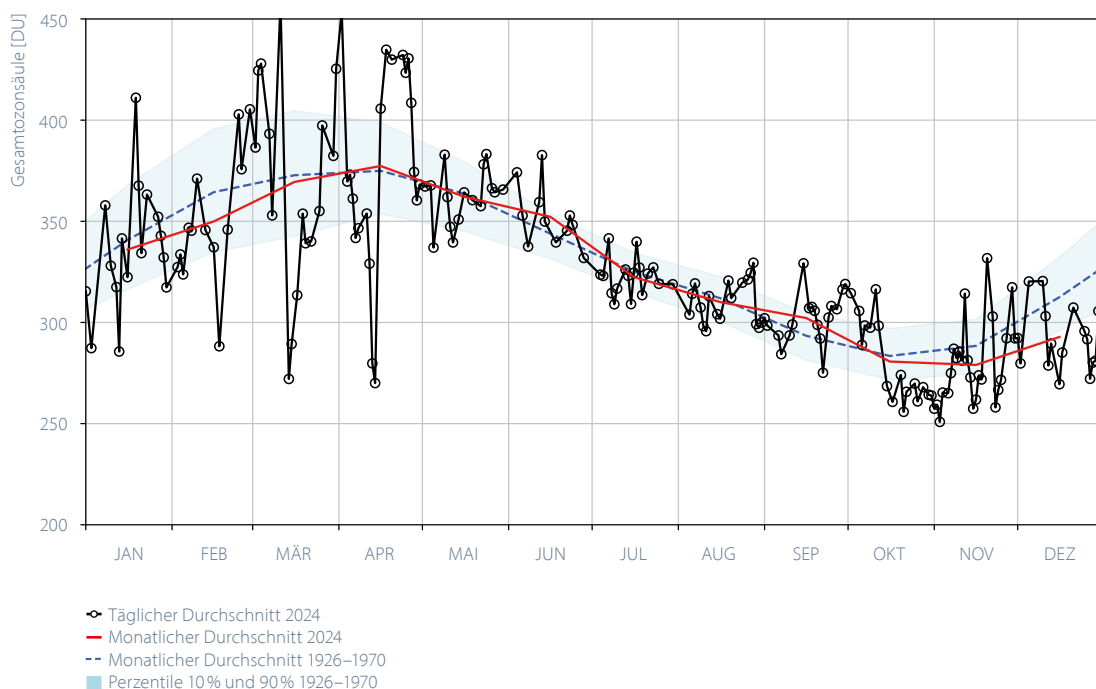
Der Referenzzeitraum 1926–1970 entspricht dem Zustand der Ozonschicht vor dem menschlichen Ausstoss von FCKWs. Die kontinuierliche Abnahme der früher in Arosa gemessenen Gesamtozonsäule begann um 1970, einer

Zeit, als der weltweite Ausstoss von ozonschädigenden Substanzen stark anstieg. Seit den 2000er Jahren ist eine Stabilisierung der Ozonsäule über der Schweiz zu beobachten.

Im Jahr 2024 waren die jährlichen Ozonwerte durchaus mit dem Referenzzeitraum 1926–1970 vergleichbar (siehe auch Abbildung 5.18). Abbildung 2.9 zeigt, dass dies für alle Monate des Jahres 2024 zutrifft. Die Variabilität ist in den Monaten März und April 2024 besonders ausgeprägt. Sie ist mit der Dynamik des Polarwirbels verbunden und nicht mit Messunsicherheiten begründet. Der Rückgang der Ozonsäule vor Mitte April (12.–14. April) führte kurzfristig zu einem deutlichen Anstieg der UV-Strahlung in der Schweiz (siehe Abbildung 2.8).

Abbildung 2.9

Entwicklung der Gesamtozonsäule über Arosa im Jahresverlauf 2024. Die Grafik zeigt die Ozonkonzentration in Dobson Units (DU). 100 DU = 1 mm reines Ozon bei Normaldruck 1013 hPa und 0°C. Schwarze Kurve: täglicher Durchschnitt. Rote Kurve: monatlicher Durchschnitt. Die blaue Kurve zeigt den durchschnittlichen Jahresverlauf im Zeitraum 1926–1970, also vor Einsetzen des Problems der stratosphärischen Ozonerstörung.



Die Ozonprofile wurden von 1956 bis Oktober 2018 in Arosa und werden seither in Davos von einem Dobson-Spektralphotometer gemessen. Es ist die längste Ozon-Messreihe der Welt. Für das Jahr 2024 sind die Schwankungen des Ozons über alle Höhenstufen in Abbildung 2.10 in Farbe angegeben. Die Mittelwerte der Jahre 1970–1980 sind schwarz dargestellt (Konturen für 20, 40, 60 und 80 DU). Das erlaubt es, die Abweichungen der Ozonwerte zum klimatologischen Mittel im Verlauf des Jahres in Abhängigkeit der Höhe zu visualisieren.

Die stratosphärischen Ozonprofile des Jahres 2024 wiesen zwischen dem 8. und 13. Dezember 2024, während der Verschiebung des Polarwirbels, in unseren Breitengraden Werte unter dem klimatologischen Durchschnitt auf.

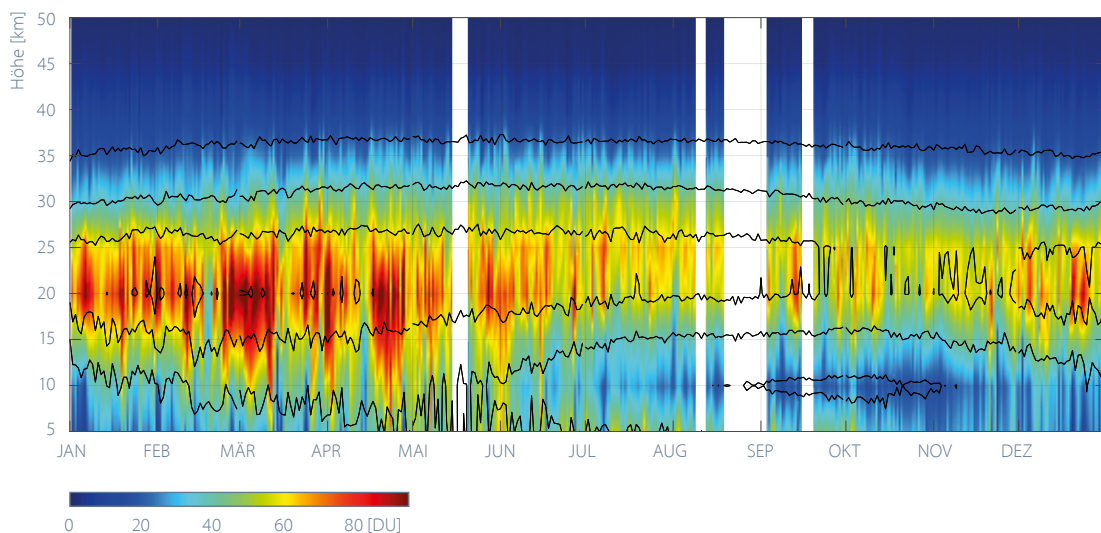
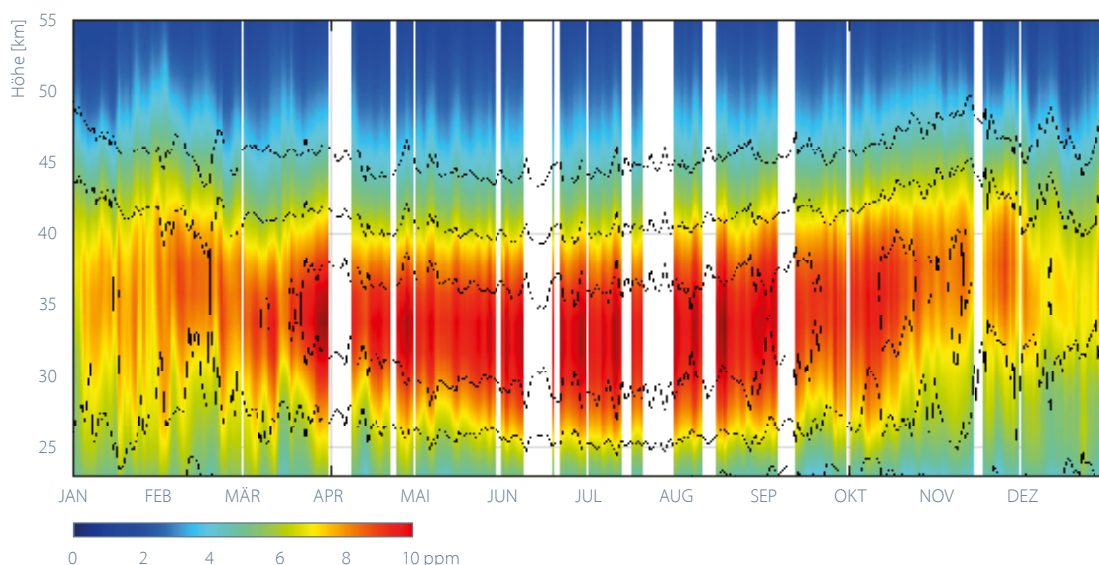


Abbildung 2.10
Die in Davos von einem Dobson-Spektralphotometer gemessenen Ozonprofile im Jahr 2024. Die Grafik zeigt die Ozonkonzentration in Dobson Units (DU) (Skala rechts zwischen 0 und 90 DU). 100 DU = 1 mm reines Ozon bei Normaldruck 1013 hPa und 0°C.

Ozonmessungen Payerne

Das Mikrowellen-Radiometer SOMORA misst seit 2000 die vertikale Verteilung des Ozons in Payerne mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde. Die Schwankung des Ozons im Jahresverlauf 2024 ist in Abbildung 2.11 mit Farbe, für das Jahr 2023 in Schwarz angegeben (Konturen für 4, 6 und 8 ppm). Das erlaubt die unterschiedlichen Ozonwerte im Verlauf des Jahres abhängig von der Höhe und im Vergleich zum Vorjahr darzustellen.

Abbildung 2.11
Durch Mikrowellen-
radiometer im Jahr 2024
in Payerne gemessene
Ozonprofile. Die Grafik
zeigt das Volumen-
mischungsverhältnis
(VMR) des Ozons in
Teilen pro Million (ppm).



Die Messungen der vertikalen Verteilung des Ozons in der Atmosphäre bis ungefähr 30 km Höhe werden ausserdem im Rahmen von Ballonsondierungen vorgenommen. Die gewonnenen Daten erlauben es, die zeitliche Entwicklung der Ozonmenge in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre zu bestimmen. Abbildung 2.12 zeigt die Entwicklung im Detail für das Jahr 2024 für vier verschiedene Höhenlagen:

- In grösseren Höhen (15 hPa = ~28 km) führt die starke Sonneneinstrahlung zu einem Ozonmaximum im Sommer, wenn die Sonne hoch am Himmel steht.
- In der unteren Stratosphäre (Stufe 40 hPa = ~22 km) wird die jährliche Entwicklung des Ozons durch den Transport von Ozon durch die vorherrschenden Strömungen bestimmt. Hier wird die stärkste Ozonkonzentration in der Zeit vom Winterende bis zum Frühlingsbeginn erreicht.
- In den höheren Lagen der freien Atmosphäre, wo sich die meisten Wetterphänomene abspielen (Stufe 300 hPa = ~9000 m), ist das sommerliche Ozonmaximum stark abgeschwächt, da die Bedingungen für die Ozonbildung hier nicht optimal sind. Die markanten Spitzen beziehen sich auf den Eintritt von Ozon aus den höheren Schichten der Atmosphäre (Stratosphäre) oder auf eine vorübergehende Absenkung der Tropopause unterhalb von 300 hPa.
- Auf niedriger Höhe (Stufe 925 hPa), wird die maximale Ozonmenge im Sommer erreicht, auf Grund der starken Sonneneinstrahlung und der Luftverschmutzung (welche die Ozonmenge erhöht).



Abbildung 2.12

Verlauf der Ozonkonzentration (Partialdruck in Nanobar) im Jahr 2024 für zwei Niveaus in der Troposphäre (925 hPa-Niveau ~800 m und 300 hPa-Niveau ~9000 m) und zwei Niveaus in der Stratosphäre (40 hPa-Niveau ~22'000 m und 15 hPa-Niveau ~28'000 m). Die Farben zeigen, wie gut die Ballonsondendaten von Payerne mit der unabhängigen Ozonmessung von Davos übereinstimmen: blau = sehr gute Übereinstimmung, grün = gute Übereinstimmung, rot = signifikanter Unterschied.

Aerosolmessungen Jungfraujoch

Aerosole beeinflussen die Atmosphäre direkt (durch Absorption und Streuung des Sonnenlichts) und indirekt (durch Wolkenbildung). Wie stark sich diese Effekte auf die Erwärmung oder Abkühlung des globalen Klimas auswirken bleibt eine der grossen Unsicherheiten der Klimamodelle [2]. Die auf dem Jungfraujoch seit 1995 vorgenommenen Aerosolmessungen sind Teil der weltweit längsten Messreihen [3].

Im Jahresverlauf der Aerosolparameter auf dem Jungfraujoch zeigen sich im Sommer maximale und im Winter minimale Werte. Die natürlichen und menschgemachten Aerosole sammeln sich insbesondere in der planetaren Grenzschicht, also der untersten Schicht der Atmosphäre, welche je nach Wetterlage und Jahreszeit eine Mächtigkeit von 500 m bis einige km aufweist.

Im Sommer sorgt die Erwärmung des Bodens für aufsteigende Luftströmungen, die die Aerosole in grössere

Höhen verfrachten. Das Jungfraujoch befindet sich dann verstärkt im Einflussbereich der planetaren Grenzschicht. Im Winter befindet sich das Jungfraujoch die meiste Zeit in der freien Troposphäre [4] und eignet sich daher gut für die Messung der optischen Eigenschaften und der Konzentration von Aerosolen in weiter Entfernung von den Verschmutzungsquellen.

Im Jahr 2024 lag die Aerosolkonzentration auf dem Jungfraujoch die meiste Zeit unter der Referenz, was mit dem langfristigen Trend zu einer geringeren Aerosolbelastung übereinstimmt. Die Aerosolparameter lagen hauptsächlich im Sommer über der Referenz. In diesem Zeitraum begünstigten die überdurchschnittlichen Temperaturen und die geringeren Niederschlagsmengen die Zufuhr von verschmutzter Luft zum Jungfraujoch. Die Staubbelastung der Sahara war im November und Dezember besonders hoch (Abbildung 2.13), was die hohen Werte, insbesondere im November, erklärt.

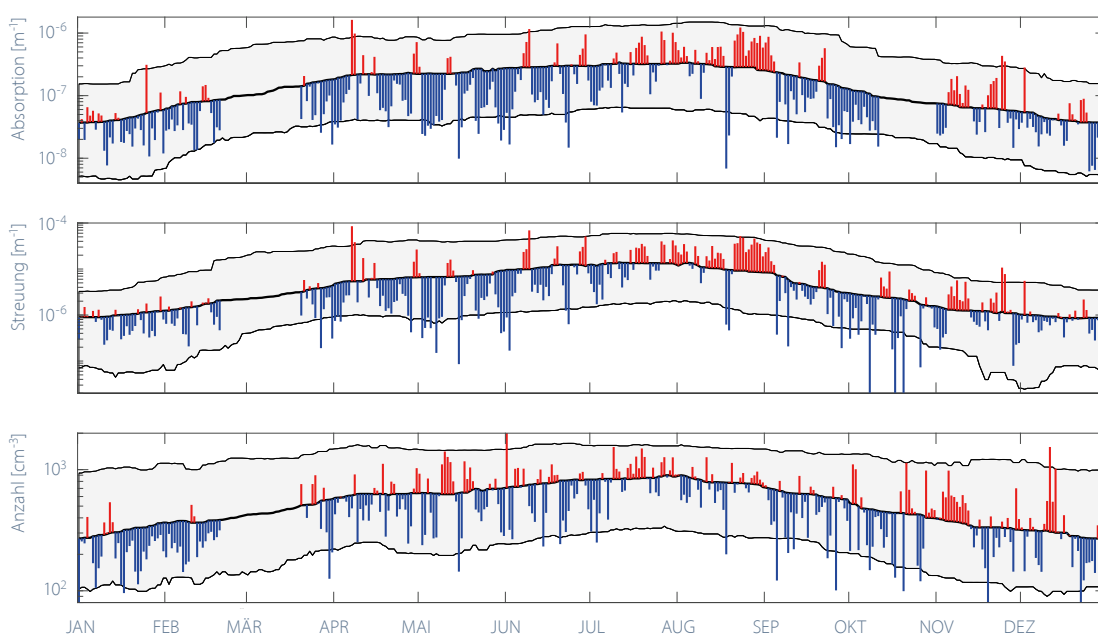


Abbildung 2.13

Entwicklung des Absorptionskoeffizienten bei 880 nm (oben), des Streukoeffizienten bei 550 nm (Mitte) und der Anzahlkonzentration (unten) der Aerosole im Jahr 2024 auf dem Jungfraujoch. Die schwarze Kurve zeigt das Mittel der Periode 1995–2023, die grauen Linien den Bereich zwischen dem 5%- und 95% Perzentil. Im März mussten die Messinstrumente neu kalibriert werden, um die Mitgliedschaft der Messstation auf dem Jungfraujoch im europäischen ACTRIS-Netzwerk zu ermöglichen. Deshalb gibt es in diesem Zeitraum eine Messlücke.

Saharastaubereignisse

Mineralstaub trägt wesentlich zu den atmosphärischen Aerosolen bei, wobei die Sahara die wichtigste Quelle ist. Das Vorhandensein von Mineralstaub in der Luft wurde in der Vergangenheit durch die Analyse von Niederschlägen oder Ablagerungen in Schnee und Eis bestimmt. Seit 2001 werden an der alpinen Forschungsstation Jungfraujoch auf einer Höhe von 3580 m ü. M. kontinuierliche Messungen durchgeführt. Diese Messungen haben es ermöglicht, eine neue operationelle Methode zur stündlichen Bestimmung von Saharastaubereignissen über der Schweiz zu entwickeln. Damit kann die Häufigkeit von Saharastaubereignissen in den Alpen untersucht werden.

Während siebzehn Jahren (2001–2017) wurde eine Klimatologie der Saharastaubereignisse erstellt. Dabei waren immer die gleichen Messinstrumente im Einsatz. In diesem Zeitraum wurden jedes Jahr zwischen zehn und 50 Saharastaubereignisse identifiziert, was einem Saharastaubeintrag während 200–700 Stunden pro Jahr ent-

spricht. Typischerweise trägt Mineralstaub aus der Sahara im Frühjahr (März bis Juni) sowie im Oktober und November erheblich zur Aerosolbelastung in den Alpen bei. Im Sommer sind solche Ereignisse seltener, können aber manchmal lange andauern, während sie im Winter im Allgemeinen sehr kurz sind. Die meisten Ereignisse (~50%) dauern nur wenige Stunden, während 25% davon mehr als einen Tag dauern.

Vom 22. Februar bis 21. März 2024 gab es keine Messungen, da die Instrumente kalibriert wurden. Im Jahr 2024 und in Übereinstimmung mit der Klimatologie waren die Einflüge von Saharastaub im Frühjahr (bis Juni) sowie im Spätherbst besonders häufig.

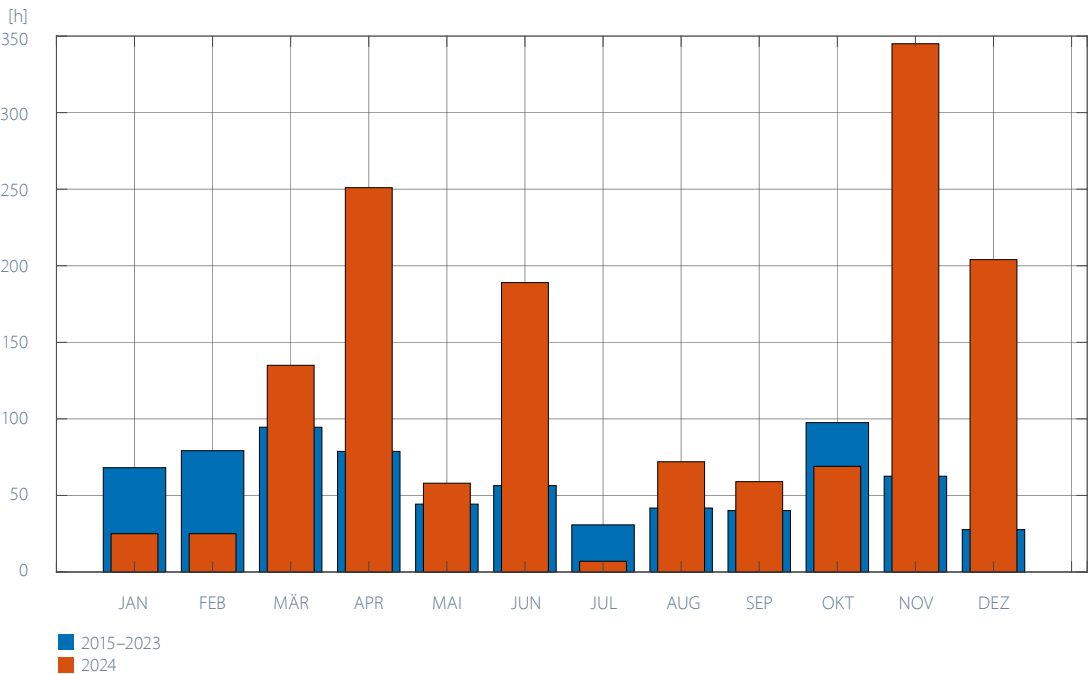


Abbildung 2.14
Anzahl Stunden pro Monat mit Mineralstaubeintrag von mindestens sechs Stunden Dauer an der Messstation Jungfraujoch für den Zeitraum 2015–2023 und für 2024.

Vegetationsentwicklung

Das phänologische Jahr 2024 begann mit der drittfrühesten Blüte der Haselsträucher seit 1951. Der sehr warme Februar beschleunigte die Entwicklung der Frühlingsvegetation, so dass von der Blüte des Huflattichs bis zur Blüte der Apfelbäume neue rekordfrühe Termine mit 15 Tagen Vorsprung auf das Mittel 1991–2020 beobachtet wurden.

Wechselhaftes, nasses Wetter ab Mitte April reduzierte den Vorsprung der weiteren Vegetationsentwicklung auf einigen Tage. Die Blattverfärbung fand 5–7 Tage später statt als im Mittel, während der Blattfall für viele Baumarten zu einem mittleren Zeitpunkt abgeschlossen war, noch vor dem ersten Schneefall bis ins Flachland am 21. November.

Das aktuelle Jahr wird mit der Periode 1991–2020 verglichen. Dabei werden die Daten dieser Periode in Klassen eingeteilt. Die mittleren 50% aller Fälle werden als normal klassiert, je 15% als früh bzw. spät und je die extremsten 10% als sehr früh bzw. sehr spät. Abweichungen in Tagen vom Mittel der Vergleichsperiode werden für die mittleren 50% aller Beobachtungen im Jahr 2024 angegeben (d.h. für das 25%- und das 75%-Quantil) oder für den Median aller Stationen. Einige phänologische Phasen werden erst seit 1996 beobachtet, für diese Phasen wird die Abweichung von der Periode 1996–2020 angegeben. Die phänologischen Beobachtungen begannen 1951–1953.

Frühling

Im mildesten Winter seit Messbeginn und dem ebenfalls milden März entwickelte sich die Frühlingsvegetation sehr früh. Die ersten blühenden Haselsträucher wurden während den warmen Tagen Anfang Januar an wenigen Standorten des phänologischen Beobachtungsnetzes erfasst. Das weitere Aufblühen der Haselsträucher wurde jedoch durch den Wintereinbruch ab der zweiten Januarwoche gebremst. Mit dem Einsetzen der milden Temperaturen ab dem 22. Januar blühten die Haselsträucher in der ganzen Schweiz sehr schnell auf. Schon Ende Januar und Anfang Februar wurden blühende Haselsträucher in den Bergen auf 1000 m beobachtet. Im Vergleich zum Mittel von 1991–2020 hatte die Haselblüte in diesem Jahr einen Vorsprung von 19 Tagen. Dabei war die Haselblüte vor allem in Lagen oberhalb von rund 800 m um mehr als 30 Tage verfrüht, was dem ausserordentlich warmen Februar zuzuschreiben ist. Nach den Jahren 2023 und 2020 war dies die drittfrüheste Haselblüte seit Beobachtungsbeginn 1953.

Ab der Blüte des Huflattichs ab Mitte Februar bis zur Blüte der Apfelbäume im April wurden alle phänologischen Blühphasen noch nie so früh beobachtet wie im aktuellen Jahr. Der Huflattich blühte mit einem Vorsprung von 15 Tagen und auch die Blüte des Buschwindröschens von Anfang bis Ende März war um 15 Tage verfrüht. Löwenzahn und Wiesenschaumkraut blühten ab der letzten Märzdekade, ebenfalls mit einem Vorsprung von 14–15 Tagen.

Aprikosen, Pflaumenbäume, Zierkirschen und Schwarzdorn blühten ab Anfang bis Mitte März. Der Beginn der Kirschblüte wurde von den ersten Stationen aus verschiedenen Regionen des Flachlands ab dem 14.–20. März gemeldet, wobei die allgemeine Blüte ab dem 21. März beobachtet wurde. Unterhalb von 600 m blühten die Kirschbäume im Mittel am 1. April, die Birnbäume am 4. April und die Apfelbäume am 10. April. Der Vorsprung der Blüte der Obstbäume auf das Mittel betrug weiterhin 13–15 Tage. Gleich früh blühten die Kirschbäume auch im Jahr 1961, während die Birn- und Apfelbäume um 2–4 Tage früher blühten als in allen Jahren seit Beobachtungsbeginn 1951. Die frühe Vegetationsentwicklung machte die Blüten, die jungen Früchte und die frischen Blatttriebe anfällig auf Spätfrostschäden. In der zweiten Aprilhälfte lagen die Minimumtemperaturen vor allem in der Westschweiz und im Wallis unter null Grad und Frostschäden traten auf.

Sommer

Ebenfalls ab der letzten Märzdekade trieben die ersten Lärchennadeln und die Haselsträucher entfalteten ihre Blätter. Ab Ende März, Anfang April wurden Rosskastanien, Vogelbeeren und Birken grün und ab etwa dem 6. April folgten die Linden und der Bergahorn und ab dem 10. April die Buchen. Die Blattentfaltung hatte einen Vorsprung von 6–10 Tage auf das Mittel. Durch den starken Temperaturrückgang Mitte April, wurde die Blattentfaltung verlangsamt und bei der Buche wurden erst wieder gegen Ende Monat mehr Beobachtungen der Blattentfaltung gemeldet. Damit verkleinerte sich der Vorsprung der Blattentfaltung der Buche auf vier Tage. Die Daten zeigen, dass die Blattentfaltung nicht gleich stark auf hohe Temperaturen reagiert wie die Blüte. Die Fichten trieben ihre Nadeln ab etwa Mitte April im Flachland und ab etwa Mitte Mai auf 1000 m. Während die Fichten im Flachland noch acht Tage vor dem Mittel trieben, fand der Nadelaustrieb oberhalb von 1000 m wieder zu einem mittleren Zeitpunkt statt.

Die Wiesenmargeriten blühten im Flachland im Mittel am 2. Mai mit einem Vorsprung von neun Tagen auf das Mittel und oberhalb von 1000 m am 2. Juni mit einem Vorsprung von vier Tagen. Das wechselhafte, niederschlagsreiche Wetter im Mai reduzierte den Vorsprung der Vegetation also weiter.

Mai und Juni waren beide sonnenarm und regnerisch. In der Landwirtschaft war es deshalb schwierig, geeignete Heutermine zu finden. Einige Bauern brachten bereits Mitte April und in den letzten Apriltagen zu einem sehr frühen Zeitpunkt ihr Heu ein. Andere nutzen die kurze, sonnige Periode vom 9.–12. Mai zum heuen, rund 3–12 Tage früher als im Mittel. Oberhalb von 1000 m lagen die Heutermine bedingt durch weitere Niederschlags-tage erst um Mitte und gegen Ende Juni, rund drei Tage später als im Mittel.

Der Schwarze Holunder blühte hauptsächlich zwischen Mitte Mai und Mitte Juni, neun Tage früher als im Mittel. Die Sommerlinden blühten zwischen dem 4. Juni und 2. Juli und die Winterlinden vom 7. Juni bis 13. Juli, nur noch drei Tage früher als im Mittel. Genau zu einem mittleren Termin blühten die Weinreben, im Durchschnitt aller Stationen am 11. Juni.

Die Fruchtreife von Rotem Holunder (im Mittel aller Stationen am 4. Juli), der Vogelbeere (9. August) und des Schwarzen Holunders (23. August) war um 3–10 Tage verfrüht. Die Fruchtreife der beiden Holunderarten wird seit 1996 beobachtet.

Die Weinlese wurde im aktuellen Jahr an 39 Stationen beobachtet. Im Mittel fand sie am 26. September statt mit einem Vorsprung von zwölf Tagen auf das Mittel der Periode 1991–2020. Waren August und die erste Septemberhälfte sonnig und warm, erschwerte der Temperatursturz ab dem 9. September die Planung der Weinlese.

Die ersten Laubbäume verfärbten sich im Verlauf des Septembers, aber so richtig los ging es mit dem Buntwerden der Wälder ab Anfang Oktober. Im September konnten verfärbte Rosskastanien, Birken, Vogelbeeren und erste Sommerlinden beobachtet werden. Ab Ende September und Anfang Oktober verfärbten sich auch Buchen, Bergahorne und Winterlinden. Buchen und Bergahorne verfärbten sich zuerst in den höheren Lagen und ab dem 5.–10. Oktober auch vermehrt in tieferen Lagen, während bei den Linden die Meldungen zur Blattverfärbung aus allen Höhenlagen fast gleichzeitig eintrafen.

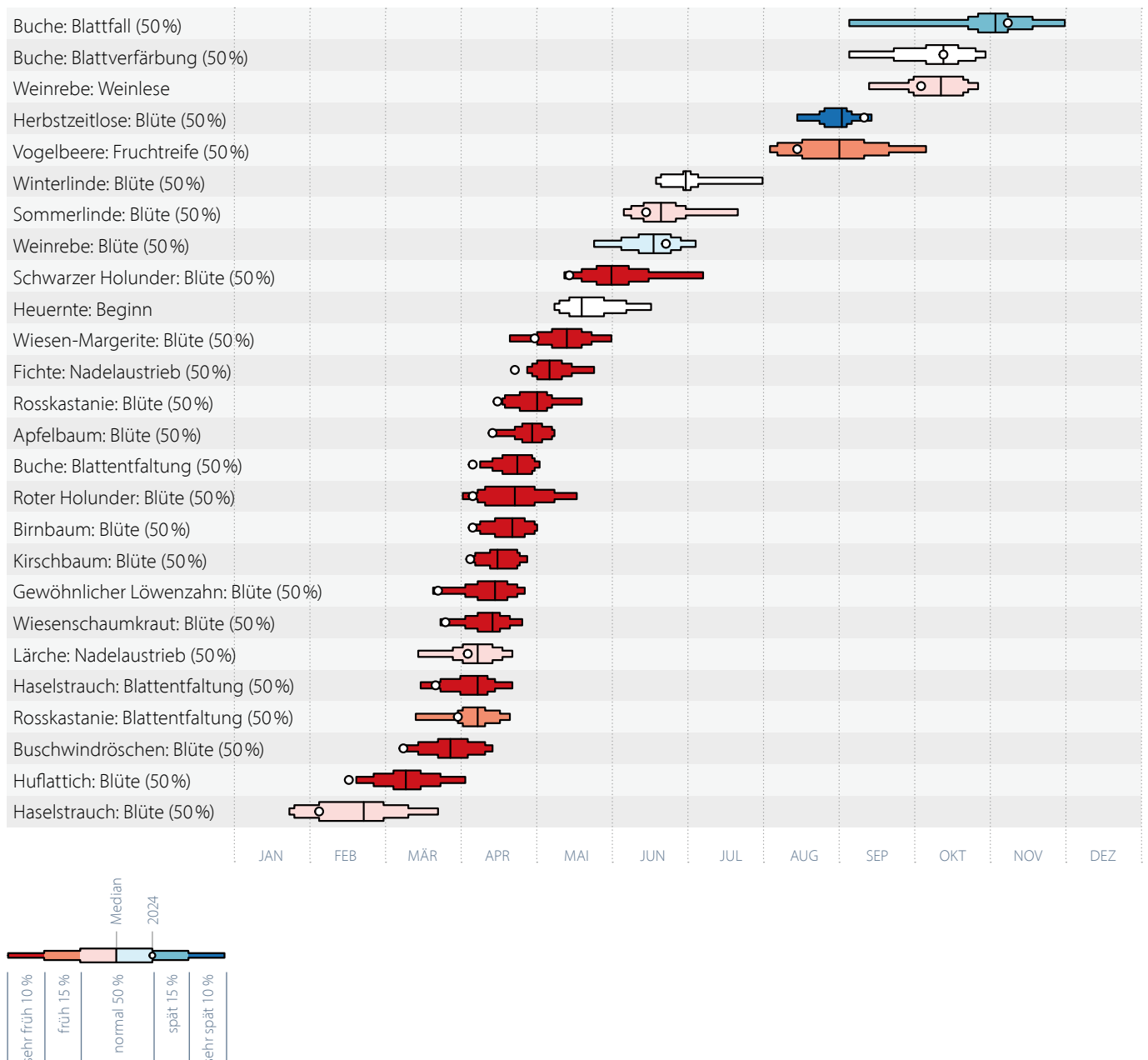
Die Blattverfärbung fand in diesem Jahr um 5–6 Tage später statt als im Durchschnitt der Periode 1991–2020. Nur die Vogelbeeren und die Birken verfärbten sich ungefähr zu einem mittleren Datum. Das milde aber feuchte Wetter ab der zweiten Oktoberwoche scheint die Blattverfärbung verzögert zu haben.

In den Bergen begann die Verfärbung der Lärchen ab der zweiten Oktoberwoche und intensivierte sich um Mitte Oktober. Das entspricht einem mittleren bis leicht verspäteten Zeitpunkt. Ab der letzten Oktoberdekade wurden im Tiefland vermehrt verfärbte Lärchen beobachtet. Die Mehrheit verfärbte sich jedoch im November, wobei 62 % der Beobachtungen den Klassen «spät» und «sehr spät» zugeordnet werden konnten. Insgesamt verfärbten sich die Lärchennadeln um sieben Tage verspätet.

Der Blattfall konnte verbreitet ab Mitte Oktober bis zur ersten Novemberdekade beobachtet werden. Das entspricht einem mittleren Zeitpunkt. Viele Bäume hatten ihre Blätter vor dem starken Schneefall am 21. November deshalb schon verloren und die Schneelast hatte weniger starke Auswirkungen, als wenn sie auf belaubte Bäume gefallen wäre. Es gab beim Schnellfall aber immer noch Bäume, die ihre Blätter noch nicht abgeworfen hatten, zum Beispiel Bäume in Städten, oder Eichen und Kirschbäume, die immer einen späten Blattfall aufweisen. Der Nadelfall der Lärche begann Ende Oktober, Anfang November in den Bergen und im Flachland verstärkt ab Mitte November, wo er bis Mitte Dezember andauerte. Insgesamt fand er sieben Tage später statt als im Mittel.

Abbildung 2.15

Phänologischer Kalender 2024 von Rafz. Die Verteilung zeigt die Vergleichsperiode 1991–2020. Das Datum des aktuellen Jahrs wird als schwarzes Quadrat dargestellt und je nach zeitlicher Einordnung von sehr früh bis sehr spät wird die Vergleichsperiode eingefärbt. Fehlt die Beobachtung im Jahr 2024 oder liegt sie präzis beim Median, bleibt die Vergleichsperiode weiss.



Pollensaison

Das Pollenjahr 2024 zeichnete sich durch eine sehr frühe Birkenpollensaison und eine Gräserpollensaison mit einem späten Beginn der Hauptbelastungszeit im Juni aus. Der sehr warme Februar begünstigte den Pollenflug von Hasel und Erle, während der Kälteeinbruch im April die Pollensaison von Birke und Esche schon früh beendete. Die vielen Niederschlagstage im Mai reduzierten den Gräserpollenflug deutlich. Durch die ausreichende Wasserversorgung der Böden dauerte die Zeit mit hohen Gräserpollenwerten bis Ende Juli und damit länger als normal. Der Ambrosiapollenflug im Spätsommer war sehr schwach. Die Pollensaison 2024 wird im Folgenden mit dem 30-jährigen Mittel 1991–2020 verglichen.

Auf der Website der MeteoSchweiz zeigen Jahresgrafiken die mittlere tägliche Pollenbelastung der 14 wichtigsten allergenen Arten für die Stationen des Schweizer Pollenmessnetzes.



[Pollenbelastung der 14 wichtigsten allergenen Arten](#)

Automatisierung des Pollenmessnetzes seit 2023

Der Wechsel von der manuellen zur automatischen Pollenmessung ab 1. Januar 2023 führte zu Unterschieden in den Messresultaten der täglichen Pollenkonzentration. Deshalb ist momentan der Vergleich der Stärke des Pollenflugs mit vergangenen Jahren nur bedingt möglich. Der Verlauf der Pollensaison ist jedoch mit beiden Messmethoden gut vergleichbar. Der Fokus des Vergleichs mit der langfristigen Entwicklung liegt deshalb vor allem beim Zeitpunkt der Pollensaison und nicht bei der Intensität. Zudem werden die Grafiken der langfristigen Entwicklung der Pollenintensität in Kapitel 5 nicht mehr erstellt, bis der Übergang zur automatischen Messung in den Datenreihen homogenisiert worden ist.

Die Hasel- und Erlenpollensaison

Die ersten Haselpollen wurden im Tessin ab Weihnachten und auf der Alpennordseite ab Ende Dezember in geringen Konzentrationen gemessen, da der Dezember sehr mild war. Zu diesem Zeitpunkt blühten nur die frühesten Haselsträucher, während bei den meisten Sträuchern die Haselkätzchen noch geschlossen blieben. Die Messung der ersten Haselpollen im Dezember ist sehr früh, aber sie konnte auch schon in einzelnen Vorjahren beobachtet werden. Die Pollenkonzentrationen blieben auf der Alpennordseite bis zum 23. Januar tief, denn Niederschläge, ein Wintereinbruch und das Auftreten von Eistagen bremste die Weiterentwicklung der Haselblüte. Erst die Zufuhr von milder Luft in der letzten Januardekade ermöglichte ein Ansteigen der Pollenbelastung. Das ist bei den meisten Messstationen ein bis zwei Wochen früher als im langjährigen Mittel von 1991–2020. Die höchsten Pollenkonzentrationen wurden von Ende Januar bis Mitte Februar gemessen. Der rekordmilde Februar führte zu einem raschen und synchronen Aufblühen der Haselsträucher, was die Zeit des stärksten Haselpollenflugs insgesamt verkürzte. Im Tessin gab es schon im Januar Tage mit mässigen Pollenkonzentrationen. Das Ansteigen auf starke Belastungen fand ebenfalls erst in der letzten Januardekade statt, was einem mittleren Zeitpunkt entspricht.

Schon ab Weihnachten blühten die in einigen Städten angepflanzten Purpurerlen und führten in der Umgebung der Bäume zu starken Allergiebeschwerden. Da die Pollenmessstationen nicht in der Nähe dieser blühenden Erlen stehen, erreichten diese Pollen die Messgeräte nicht. Die angepflanzten Purpurerlen blühen immer früher als unsere einheimischen Erlenarten. Gemessen wurden die ersten Erlenpollen im Tessin ab dem 11. Januar. Auf der Alpennordseite traten vereinzelte Erlenpollen ab Mitte Januar auf. Im Tessin nahmen die Erlenpollenkonzentrationen ab dem 25. Januar zu und auf der Alpennordseite ab Anfang Februar. Im Tessin liegt dieses Datum ungefähr im Mittel der Periode 1991–2020, auf der Alpennordseite liegt es wenige Tage vor dem mittleren Zeitpunkt. Die höchsten Konzentrationen wurden im Tessin vom 2.–20. Februar gemessen, auf der Alpennordseite vom 9.–21. Februar. Während dieser Zeit wurden fast durchgehend starke und sehr starke Belastungen gemessen. Wie bei der Hasel war die Hauptblüte der Erle deutlich früher beendet als im Mittel und auch die Dauer der grössten Pollenbelastung war kürzer als im Mittel. Im Tessin beendete intensiver Niederschlag ab dem 22. Februar die Erlenblüte.

Die Eschen- und Birkenpollensaison

Die Birkenpollensaison begann im Tessin und auf der Alpennordseite fast gleichzeitg am 18.–19. März. Im Tessin ist das eine Woche früher als im Mittel von 1991–2020 und auf der Alpennordseite sind es 8–13 Tage früher. An mehreren Messstationen war es der zweit- oder drittfürheste Beginn der Birkenpollensaison in dieser 30-jährigen Vergleichsperiode. Gemittelt über alle Stationen der Alpennordseite lag der Beginn nur in den Jahren 2020, 1997, 1994 und 1990 wenige Tage früher. Die Birken blühten so früh, weil die Temperatur im Februar und März deutlich über der Referenz lag. Schon kurz nach dem Beginn der Birkenpollensaison wurden starke Pollenbelastungen erreicht, ebenfalls 7–13 Tage früher als im Mittel. Bis Anfang April wurde der Birkenpollenflug jedoch durch häufige Niederschläge immer wieder unterbrochen. Die Phase mit der stärksten Pollenbelastung wurde auf der Alpennordseite vom 3.–8. April gemessen, einer ausserordentlich milden Periode mit Sommertagen von über 25°C. Auch während der zweiten sehr milden Phase im April wurden vom 13.–15. schweizweit hohe Birkenpollenbelastungen erreicht. Im Tessin war die Birkenpollenbelastung vom 2.–15. April fast durchwegs hoch. Der Kälteeinbruch Mitte April beendete die Birkenpollensaison ein bis zwei Wochen früher als normal. Wegen dem frühen Start dauerte die Saison ähnlich lang wie im Mittel.

Erste Eschenpollen wurden schon ab Anfang März zu einem sehr frühen Zeitpunkt gemessen. Wahrscheinlich wurden sie mit den häufigen Süd- und Südwestwinden in die Schweiz transportiert. Im Tessin wurden in der ersten Märzhälfte immer wieder mässige Konzentrationen erreicht, an Einzeltagen auch auf der Alpennordseite. Die Konzentrationen stiegen ab dem 13.–21. März an, im Tessin zu einem mittleren Zeitpunkt, auf der Alpennordseite rund eine Woche früher als im Mittel. Wegen häufigen Niederschlägen wurden bis zum 4. April nur wenige Tage mit hohen Belastungen registriert, wobei im Tessin die Pollenbelastung höher war als auf der Alpennordseite. Die längste Phase mit hoher Pollenbelastung wurde vom 4.–8. April gemessen, gleichzeitig mit den Birkenpollen. Wie bei der Birke, war die Eschenpollensaison mit dem Kälteeinbruch Mitte April zu Ende. Damit dauerte die Saison insgesamt ähnlich lang wie im Mittel, aber es gab kaum ausgeprägte, lange Phasen mit starkem Pollenflug.

Die Gräserpollensaison

Die Gräser entwickelten sich sehr früh. Einzelne Gräserpollen waren schon ab Anfang April in der Luft. Der Kälteeinbruch in der zweiten Aprilhälfte verhinderte jedoch ein weiteres rasches Aufblühen. Der erste Tag mit höheren Pollenkonzentrationen trat nach dieser kalten Phase Ende April auf und ab dem 9.–11. Mai wurden starke Belastungen gemessen. Das ist um wenige Tage früher als im Mittel der 30-jährigen Periode 1991–2020. Mai und Juni waren häufig regnerisch und sonnenarm. Im Mai wurden deshalb höchstens drei- bis sechstägige Perioden mit anhaltend starkem Gräserpollenflug gemessen. Mit dem Niederschlag gingen die Pollenkonzentrationen immer wieder zurück. Die erste lange Phase mit starkem und sehr starkem Gräserpollenflug wurde vom 4.–20. Juni gemessen. Auch diese Phase war nicht niederschlagsfrei, so dass vor allem in der Deutschschweiz auch einzelne Tage mit mässigem Pollenflug gemessen wurden. Im Tessin war die Zeit vom 9.–15. Mai die Phase mit der höchsten Pollenbelastung. Danach traten aufgrund von häufigem Niederschlag meist mässige Belastungen auf, unterbrochen durch einzelne Tage mit starkem Pollenflug. Im Tessin ist die Gräserpollensaison jedoch immer schwächer als auf der Alpennordseite und die Konzentrationen gehen im Mittel schon ab Ende Mai zurück. Auf der Alpennordseite wurden bis Ende Juli immer wieder Tage mit starkem Pollenflug gemessen. Das ist deutlich länger als im Mittel, denn normalerweise ist die Phase mit starkem Pollenflug Mitte Juli beendet. In diesem Jahr konnten die Gräser aufgrund der ausreichenden Wasserversorgung der Böden und den warmen, trockenen Tagen in der zweiten Julihälfte ihre Blüte fortsetzen.

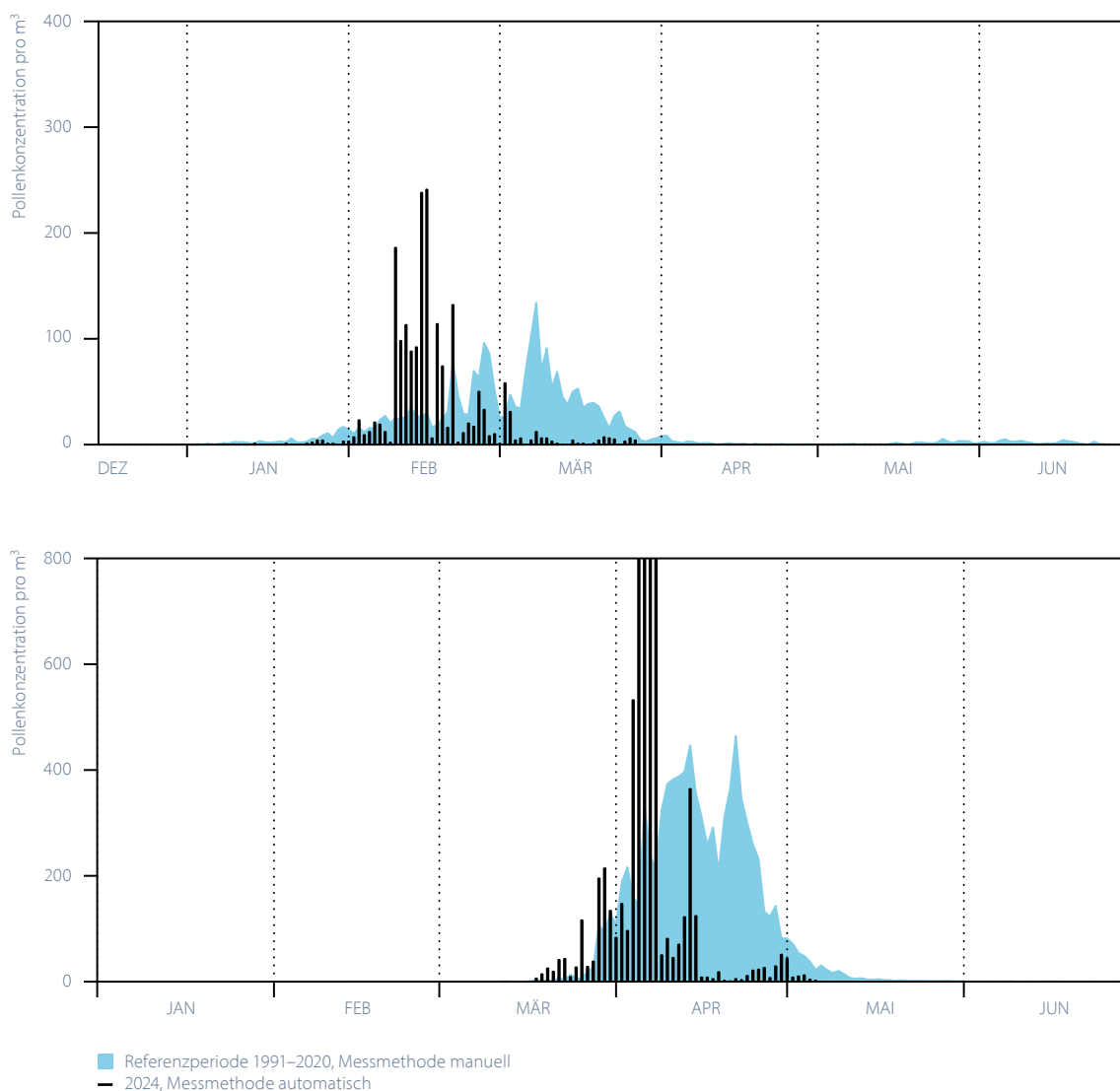
Die Ambrosiapollensaison

Mit der automatischen Messmethode können Beifuss- und Ambrosiapollen noch nicht bestimmt werden. Die Auswertung der Ambrosiapollen wurde deshalb mit Daten von sechs manuellen Pollenmessstationen gemacht, die im Jahr 2024 als Parallelmessung weiterhin in Betrieb waren. Der Rückblick auf den Pollenflug von Beifuss wird eingestellt, da die Messstation Visp, die für Beifusspollen wichtigste Messstation der Schweiz, seit diesem Jahr nicht mehr in Betrieb ist.

In Lugano war der Ambrosiapollenflug sehr schwach. Nur im Jahr 2022 wurden noch weniger Ambrosiapollen registriert. Eine starke Belastung wurde nur an einem Tag, dem 23. August, gemessen. Dazu gab es fünf weitere Tage mit mässigem Pollenflug, neun Tage weniger als im Mittel. Seit 2013 ging die Pollenbelastung in Norditalien und im Tessin aufgrund des Befalls durch den Ambrosiablattkäfer stark zurück. Vom 12.–17. September verhinderte zudem eine lange Phase mit Nordföhn Pollentransport aus Norditalien nach Lugano. In Genève war die Ambrosiapollensaison nur etwa halb so stark wie im langjährigen Mittel von 1991–2020. Es wurden drei Tage mit starkem Pollenflug gemessen, zwei Tage weniger als im Mittel. Das Saisonale Pollenintegral lag bei 111 Pollen, während es im Mittel bei 208 liegt. Mässiger Pollenflug wurde vom 20. August bis 3. September registriert. Die Ambrosiapollensaison war damit um 13 Tage früher zu Ende als im Mittel. Ambrosiapollen wurden in Genève meist am Nachmittag und in der Nacht gemessen. Da Ambrosia jeweils am frühen Vormittag Pollen freisetzt, weisen diese Daten auf eine Herkunft der Pollen aus Frankreich hin, die mit Südwestwinden nach Genève transportiert wurden. An den restlichen Stationen der Alpennordseite gab es keine Tage mit starkem Pollenflug.

Abbildung 2.16

Verlauf der automatisch gemessenen Erlenpollensaison 2024 in Münsterlingen (oben) und der Birkenpollensaison 2024 in Bern (unten) im Vergleich zum 30-jährigen Mittel von 1991–2020 der manuellen Messung (blaue Kurve). In Münsterlingen zeigt sich die kurze, aber intensive Erlenpollensaison während den sehr milden Tagen im Februar. In Bern begann die Birkenpollensaison sehr früh. Sie war jedoch mit dem Kälteeinbruch Mitte April schon früh zu Ende. Die Achsen der Pollenkonzentration wurden in der Höhe auf 400 bzw. 800 Pollen/m³ beschränkt, damit auch die für Allergien wichtigen tiefen Werte sichtbar sind.







3 Besonderheiten 2024

3.1 Unwettersommer

Unwetter auf der Alpennordseite

Der niederschlagsreiche Mai mit Starkniederschlägen am Monatsende und weitere kräftigen Niederschläge in den ersten Junitagen führten in der Ostschweiz vom Vierwaldstättersee bis zum Bodensee sowie dem Rhein entlang zu einer angespannten Hochwassersituation mit Überschwemmungen. Der Pegel des Bodensees stieg Anfang Juni in nur vier Tagen um rund 80 cm. Erneute Niederschläge ab dem 9. Juni liessen den Bodensee weiter ansteigen. Die Uferpartien wurden unter Wasser gesetzt.

Unwetter im Wallis und auf der Alpensüdseite

Am 20. Juni lag südlich der Alpen sehr warme Luft subtropischen Ursprungs. Gleichzeitig näherte sich aus Westen eine Kaltfront mit Gewittern. Sie überquerte die Schweiz im Laufe des Abends. Die ersten kräftigeren Niederschläge fielen bereits am Vorabend und in den Morgenstunden. Die Gewitter mit den höchsten Niederschlagsintensitäten entluden sich mit dem Durchgang der Front am Nachmittag und am Abend des 21. Juni.

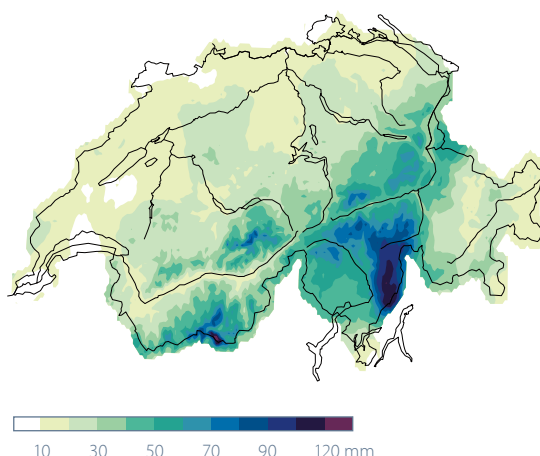
Die von Süden her über die Alpen transportierte feucht-warme Luft brachte in den südlichen Walliser Tälern vom Abend des 20. bis am Abend des 21. Juni verbreitet 40–50 mm Niederschlag. Lokal erreichten die Mengen auch 70–100 mm. Zusammen mit der Schneeschmelze aus der unmittelbar vorangegangen hochsommerlichen Periode ergaben sich grosse Abflussmengen. In der Region Zermatt kam es zu massiven Überschwemmungen mit grossen Schadensfolgen. Die Bahnlinie nach Zermatt wurde durch die Wasserfluten unterbrochen. Die Rhone im unteren Wallis führte Hochwasser.

Auf der Alpensüdseite erreichten die Niederschlagsmengen über das ganze Ereignis hinweg verbreitet 30–50 mm. Das am stärksten betroffene Misox erhielt Mengen von 60–80 mm, lokal auch über 100 mm, wie die 124 mm an der Station Grono eindrücklich zeigten.

Der grösste Teil der Niederschläge fiel meist in sehr kurzer Zeit. In Grono wurden in nur 60 Minuten 63.7 mm gemessen. Die auf der Alpensüdseite höchsten Niederschlagsmengen innerhalb einer Zeitspanne von 60 Minuten wurden in Locarno Monti im August 1997 mit 91,2 mm und in Crana Torricella im Juni 2017 mit 80,5 mm registriert.

Im Misox hatte das Unwetterereignis verheerende Folgen. Südlich von Lostalio wälzte sich ein Murgang durch eine Siedlung und hinterliess grosse Schäden und auch Todesopfer. Einzelne Häuser wurden komplett weggerissen. Nördlich von Lostalio staute ein Murgang mit seinen Geschiebmassen den Fluss Moesa, der sich ein neues Flussbett suchte und dabei ein Stück der Autobahn mit sich riss.

Abbildung 3.1
Die 2-Tages Niederschlagssummen in der Schweiz vom 20.–21. Juni 2024 in mm.

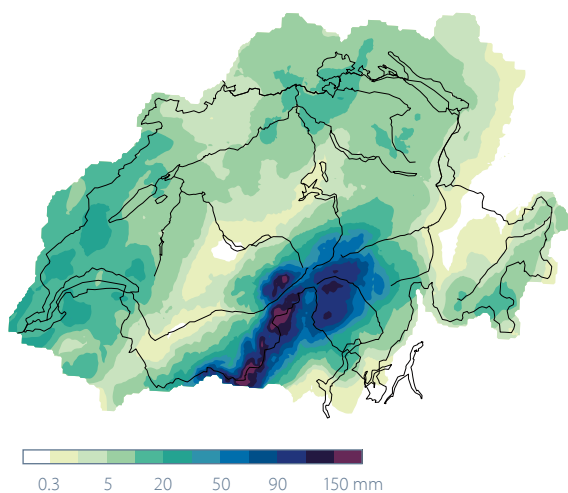


Erneut Unwetter im Wallis und auf der Alpensüdseite

Am 29. Juni 2024 zog ein Tiefdruckgebiet von Frankreich in Richtung Süddeutschland. Es führte aus Süden feuchte und instabile Luft zum Alpenraum. In Teilen des Oberwallis und im oberen Maggiatal gingen kräftige Gewitter nieder, die in kurzer Zeit enorme Niederschlagsmengen brachten. Während des gesamten Ereignisses vom 29. auf den 30. Juni erreichten die gemessenen Niederschlagssummen in den am stärksten betroffenen Gebieten zwischen 60 und rund 130 mm. Binn im Oberwallis verzeichnete mit 159 mm die deutlich höchste Tagessumme im Juni 2024, bezogen auf das Messnetz der MeteoSchweiz.

Abbildung 3.2

Die 1-Tages Niederschlagssummen in der Schweiz am 29. Juni 2024 in mm.



Die enormen Regenmengen liessen Flüsse in kurzer Zeit massiv anschwellen und über die Ufer treten. Grosse Schäden entstanden entlang der Rhone und der Maggia. Murgänge verwüsteten mit ihren Geröllmassen Siedlungen. Davon hart getroffen wurden das Saastal im Wallis und das Val Bavona im Tessin. Erneut waren Todesopfer zu beklagen. Wegen verschütteter oder zerstörter Strassen waren einzelne Gebiete von der Aussenwelt abgeschnitten und konnten nur mit Helikoptern erreicht werden.

Unwetter im Süden und im Engadin

Am 6. Juli setzten auf der Alpensüdseite und im Engadin ab dem Mittag Niederschläge ein, die sich ab dem Abend im Bergell und im Engadin intensivierten. Im Südtessin regnete es am kräftigsten in den Morgenstunden des 7. Juli mit Stundensummen von 20–30 mm und lokal bis 60 mm.

Das Niederschlagsereignis dauerte vom Mittag des 6. Juli bis am Mittag des 7. Juli. Die Regensummen erreichten in dieser Zeit im Südtessin 200–220 mm. Im Bergell lagen die gemessenen Mengen zwischen 80 und etwas über 100 mm. Das Oberengadin erhielt rund 80 mm.

Die grossen Regenmengen führten in den betroffenen Gebieten lokal zu Überschwemmungen. Strassen wurden von Geröllmassen überschüttet, mitgerissen von hochgehenden Bächen. Der Inn im Engadin führte Hochwasser. Die angerichteten Schäden waren jedoch viel kleiner als bei den verheerenden Unwettern im vergangenen Juni.

Unwetter im Berner Oberland

Am 12. August entluden sich über dem Berner Oberland lokal massive Gewitter mit grossem Unwetterpotential. Hart getroffen wurde die Region Brienz. In der Gebirgsflanke oberhalb von Brienz dürften gemäss den von Radardaten abgeleiteten Niederschlagskarten stellenweise gegen 100 mm Regen gefallen sein, der grosse Teil davon innerhalb rund einer Stunde. In der Folge trat der Milibach über die Ufer. Die enormen Wasser- und Gieschmassen verursachten in Brienz grosse Schäden an Häusern, Strassen und an Bahnanlagen. 70 Personen mussten evakuiert werden.

Heftige Gewitterregen haben auch in der Region Grindelwald gewütet. Ein Murgang hat am Abend die Strasse und die Bahnlinie nach Grindelwald verschüttet und das Dorf vorübergehend von der Aussenwelt abgeschnitten.

3.2 Rekordnässe in der Ostschweiz

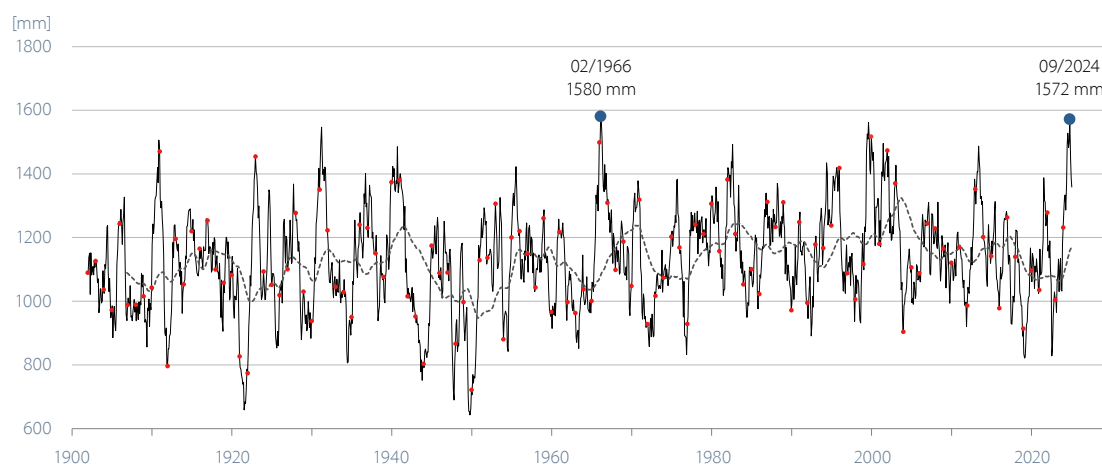
In mehreren Gebieten der Schweiz endete im Laufe des Jahres 2024 eine ungewöhnlich niederschlagsreiche 12-Monatsperiode. Eine besonders betroffene Region war das östliche Mittelland. Im regionalen Mittel fiel hier zwischen Oktober 2023 und September 2024 eine rekordhohe 12-Monatssumme.

Im langjährigen Durchschnitt (Referenzperiode 1991–2020) fallen im östlichen Mittelland im regionalen Mittel innerhalb von zwölf Monaten knapp 1170 mm Niederschlag. In den zwölf Monaten von Oktober 2023 bis September 2024 erreichte die Niederschlagssumme 1572 mm. Eine

unbedeutend höhere 12-Monatssumme wurde im östlichen Mittelland nur von März 1965 bis Februar 1966 registriert. Die Datenreihe ist ab 1901 verfügbar.

Die Grafik zeigt die gleitende 12-Monatssumme des Niederschlags im östlichen Mittelland (schwarze Linie). Die roten Punkte markieren die Kalenderjahre (Summe Januar bis Dezember). Die beiden Rekordstände September 2024 und Februar 1966 sind blau eingefärbt. Die graue gestrichelte Linie zeigt die gleitende 12-Monatssumme gemittelt über fünf Jahre.

Abbildung 3.3
Gleitende 12-Monatssumme des Niederschlags im östlichen Mittelland 1901–2024.
Erklärungen im Text.



Extreme Nässe auch im Süden

Auch auf der Alpensüdseite endete im Laufe des Jahres 2024 eine extrem niederschlagsreiche 12-Monatsperiode. Am Messstandort San Bernardino fiel zwischen August 2023 und Juli 2024 die extrem hohe Niederschlagssumme von 2484 mm. Eine derart hohe 12-Monatssumme wird hier nur ganz selten erreicht oder überschritten. Im langjährigen Durchschnitt (Referenz 1991–2020) fallen am Messstandort San Bernardino innerhalb von zwölf Monaten rund 1630 mm Niederschlag.

Die extrem niederschlagsreiche 12-Monatsperiode bis zum Sommer 2024 war einer der Faktoren für die Auslösung der verheerenden Murgänge und Überschwemmungen während der sommerlichen Unwetter 2024 auf der Alpensüdseite.

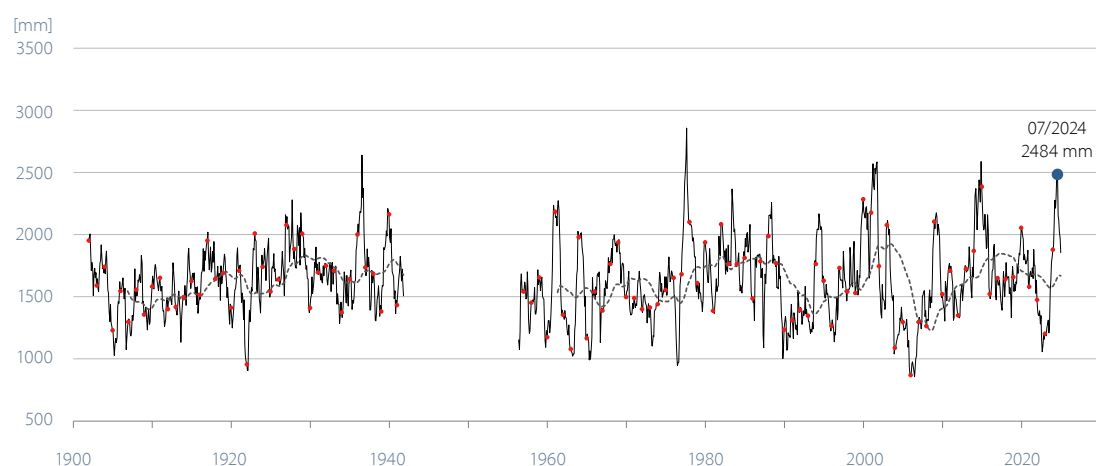


Abbildung 3.4
Gleitende 12-Monatssumme des Niederschlags am Messstandort San Bernardino auf der Alpensüdseite 1901–2024. Zwischen 1942 und 1954 sind keine Messwerte verfügbar. Erklärungen wie Abbildung 3.3.

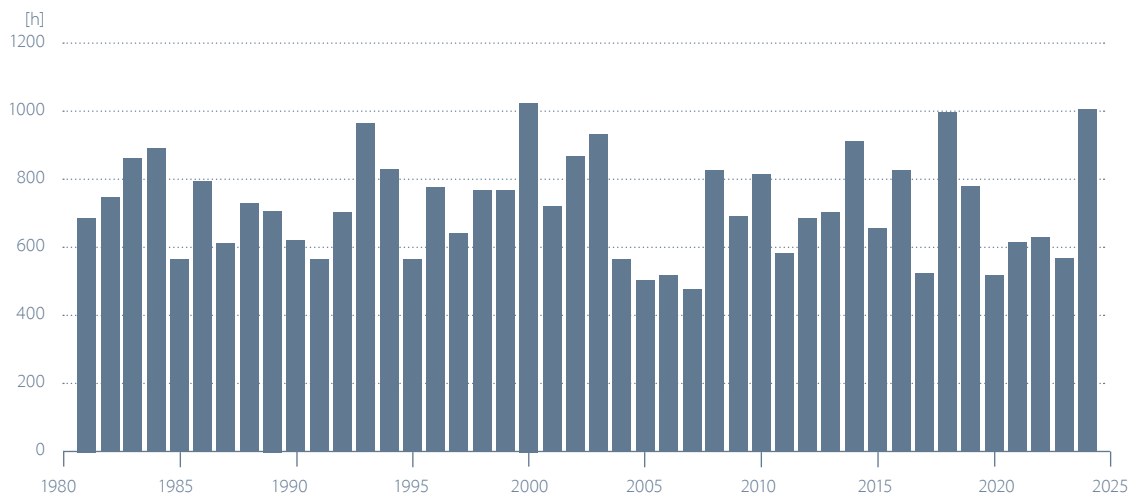
3.3 Föhnreiche Alpennordseite

An den klassischen Föhnstandorten auf der Alpennordseite brachte das Jahr 2024 überdurchschnittlich viele Föhnstunden. Einige Messstandorte verzeichneten eines der drei föhnreichsten Jahre seit Beginn der automatischen Messungen 1981. In Aigle im unteren Rhonetal war es ein Föhn-Rekordjahr.

Mehr als einen Monat Föhn

Chur als föhnreichster Messstandort auf der Alpennordseite registrierte eine Jahressumme von 1009 Föhnstunden. Föhnreicher war hier nur das Jahr 2000 mit 1028 Föhnstunden. Knapp drunter lag das Jahr 2018 mit 998 Föhnstunden. Ein durchschnittliches Föhnjahr bringt in Chur 726 Föhnstunden. Alle Föhnstunden von Januar bis Dezember 2024 zusammengekommen ergeben in Chur eine Dauer von 42 Tagen mit Föhn.

Abbildung 3.5
**Jährliche Föhnstunden
in Chur in der verfügbaren
Messreihe ab
1981. Im Jahr 2024 waren
es 1009 Föhnstunden.**



Viele föhnreiche Monate

Chur verzeichnete im Jahr 2024 sieben Monate mit einer deutlich überdurchschnittlichen Föhnstundensumme. Auffallend ist die fünfmonatige Periode von Februar bis Juni mit weit überdurchschnittlichen Monatswerten. Nach der üblichen Sommerpause ging es in den Herbstmonaten September und Oktober weiter mit hohen Föhnstundensummen.

An anderen Messstandorten wie Altdorf oder Vaduz lag die Summe der Föhnstunden vor allem in den Monaten Februar bis März und im Juni deutlich über dem Durchschnitt. In den Herbstmonaten September und Oktober gab es dort hingegen nur leicht überdurchschnittliche Werte.

Lokal extrem föhnreich zeigte sich der März 2024. In Altdorf lag die Föhnstundenzahl mit 175 mehr als dreimal so hoch wie der Märzdurchschnitt von knapp 50 Föhnstunden. In Vaduz erreichte die Föhnstundenzahl mit 192 mehr als das Vierfache des Märzdurchschnitts von 44 Föhnstunden.

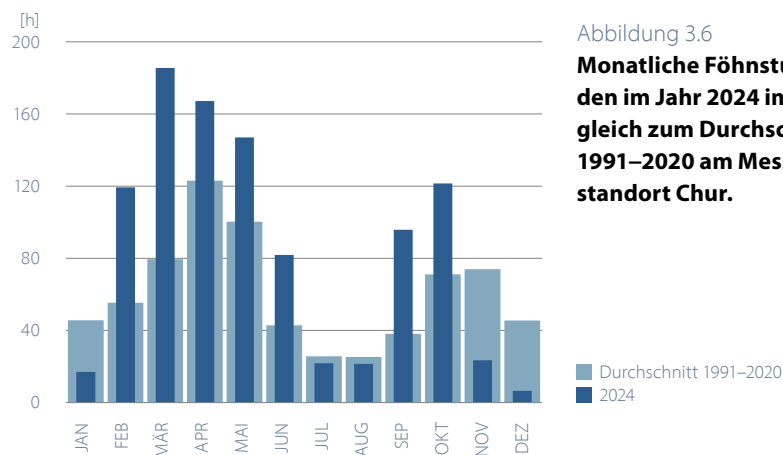


Abbildung 3.6
Monatliche Föhnstunden im Jahr 2024 im Vergleich zum Durchschnitt 1991–2020 am Messstandort Chur.

Föhnrekord in Aigle

In Aigle im unteren Rhonetal nahe des Genfersees bläst der Föhn bedeutend weniger häufig als in den klassischen Föhntälern der Alpennordseite. Während Chur hin und wieder Jahre mit mehr als 800 Föhnstunden verzeichnete, waren es in Aigle bisher maximal 123 Föhnstunden.

Mit 158 Föhnstunden brachte das Jahr 2024 für Aigle nun einen beachtlichen neuen Rekord. Der Hauptbeitrag

lieferte der März mit 79 Föhnstunden. In einem durchschnittlichen März bläst der Föhn in Aigle gerade mal während acht Stunden.

Der März 2024 war in Aigle der föhnreichste Monat in der ab 1981 verfügbaren Messreihe. Auf Rang 2 liegt der April 1993 mit 73 Föhnstunden.

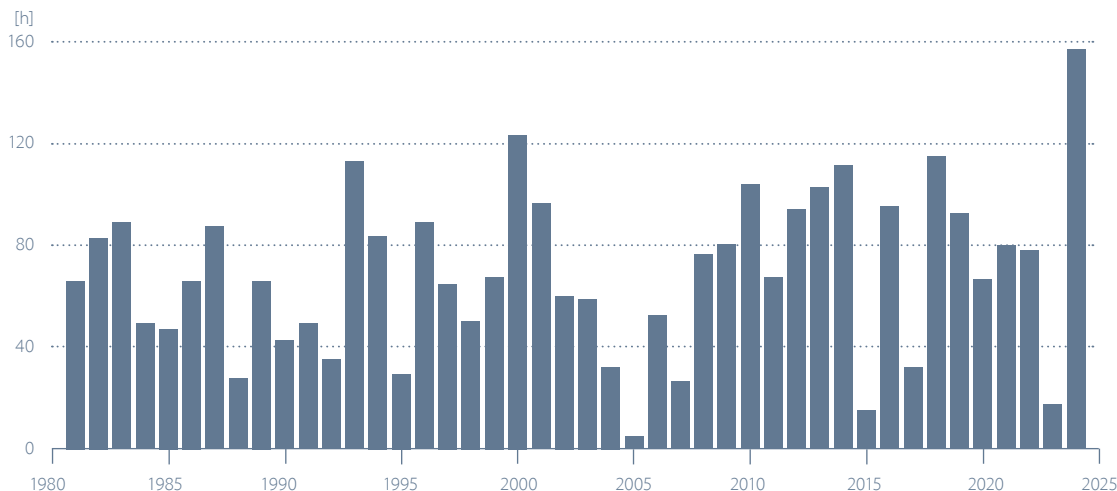


Abbildung 3.7
Jährliche Föhnstunden in Aigle in der verfügbaren Messreihe ab 1981. Im Jahr 2024 waren es 158 Föhnstunden.





4 Globales Klima und Wetterereignisse

Das Jahr 2024 war im globalen Mittel das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Aufzeichnungen 1850. Mit einer Abweichung von $+1,2^{\circ}\text{C}$ zur Referenzperiode 1961–1990 im Had-CRUT5-Datensatz war das vergangene Jahr $0,1^{\circ}\text{C}$ wärmer als der bisherige Rekord aus dem Vorjahr 2023. In beiden Jahren hatte El Niño einen Einfluss auf die globale Mitteltemperatur, wenn auch etwas weniger ausgeprägt im Jahr 2024.

Die folgende Zusammenstellung basiert hauptsächlich auf dem jährlichen Klimastatus-Bericht der Welt Meteorologie Organisation (WMO) [5], den Global Climate Highlights 2024 von Copernicus/ECMWF [6] und dem Global Climate Report der National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) [7] und Quellen darin.

4.1 Weltweit aussergewöhnlich warmes Jahr

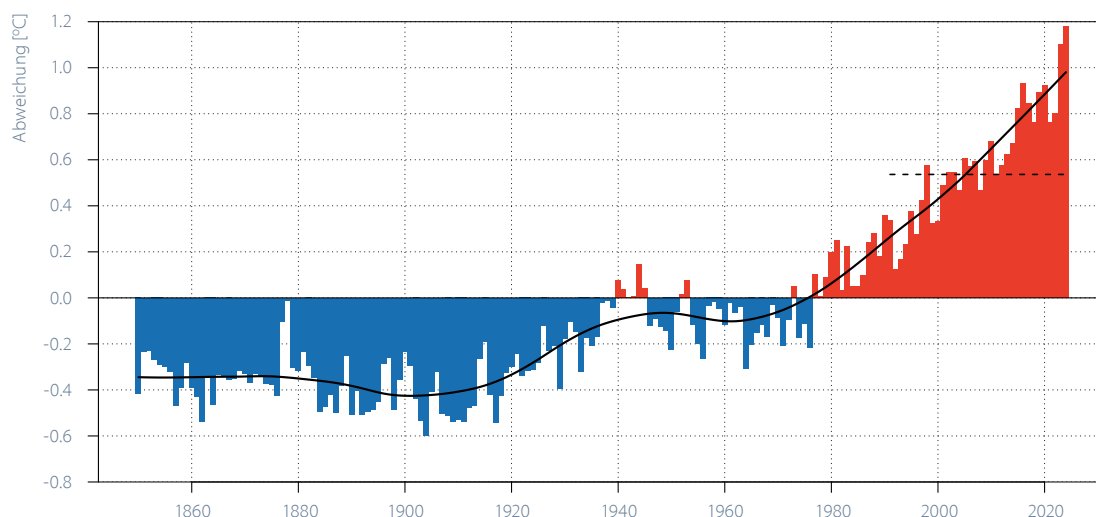
51

Die globale Jahresmitteltemperatur von 2024 wies gemäss dem HadCRUT5-Datensatz der englischen University of East Anglia eine Abweichung von $+1,2^{\circ}\text{C}$ zur Referenzperiode 1961–1990 ($+0,7^{\circ}\text{C}$ zur Referenzperiode 1991–2020) auf und erreichte damit einen im Messzeitraum ab 1850 neuen Höchstwert (Abbildung 4.1), nachdem bereits das Vorjahr 2023 einen bemerkenswerten Rekord aufgestellt hatte. Die letzten zehn Jahre seit 2015 waren die wärmsten seit Messbeginn.

Praktisch auf dem gesamten Globus wurden Temperaturen weit über dem Durchschnitt der Periode 1961–1990 registriert. Im Nordwesten Kanadas, in Osteuropa und in Nordsibirien wurden Abweichungen von mehr als 3°C zur Referenzperiode 1961–1990 erreicht. Die rest-

lichen Gebiete Nordamerikas, Westeuropas und weite Gebiete Asiens und Nordafrikas wiesen Abweichungen von $1,5\text{--}3^{\circ}\text{C}$ zur Referenz auf. Etwas niedriger, aber dennoch im positiven Bereich waren die Jahresmitteltemperaturen im Vergleich zur Referenz in Zentralafrika, Indien, südöstlich von Grönland und in Australien. Werte leicht unter der Referenzperiode 1961–1990 gab es lediglich entlang der südamerikanischen Westküste, in Feuerland und im nahen Südpazifik.

In Europa, Nordamerika, Afrika und Ozeanien war 2024 das wärmste Jahr seit Messbeginn 1850, in Asien und Australien das zweitwärmste. In Südamerika waren die Jahre 2023 und 2024 in etwa gleichauf als wärmste Jahre seit Messbeginn.



University of East Anglia, 2022 [8], Datensatz HadCRUT5.

Abbildung 4.1
Langjähriger Verlauf der globalen Mitteltemperatur (Land- und Wasserflächen). Dargestellt ist die jährliche Abweichung der Temperatur von der Referenzperiode 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 30-jährige geglättete Mittel (lokale lineare Regression LOESS). Die gestrichelte Linie entspricht der Referenz 1991–2020.

Die globale Jahrestemperatur (Land und Wasser) im Datensatz der University of East Anglia [8] ist zwischen der vorindustriellen Referenzperiode 1871–1900 und dem aktuellen Klimamittel (basierend auf lokaler linearer Regression) um $1,3^{\circ}\text{C}$ angestiegen. Das übergeordnete Muster in der langjährigen globalen Temperaturentwicklung mit der Häufung sehr warmer Jahre in jüngster Zeit findet sich auch klar in der Temperaturreihe der Schweiz wieder (Abbildung 5.1).

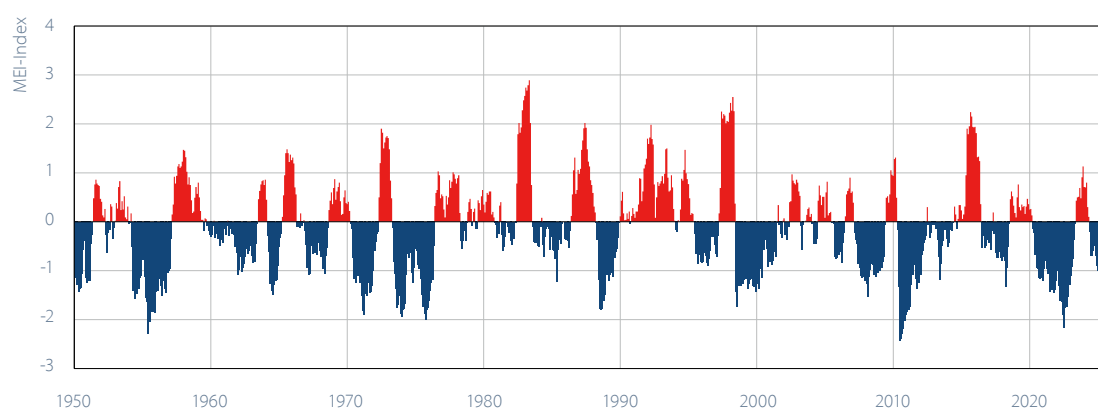
4.2 El Niño und La Niña

Die El Niño Southern Oscillation (ENSO) beschreibt die natürlich auftretende Schwankung des gekoppelten Systems zwischen der Ozeanoberfläche und der Atmosphäre im tropischen Pazifik. Während eines El Niño befindet sich dieses System in einer Warmphase: Die Oberflächentemperatur des Pazifiks und jene der darüberliegenden Atmosphäre sind überdurchschnittlich warm. Während einer La-Niña-Phase herrscht im Gegenzug eine Kaltanomalie über dem äquatorialen Pazifik. El Niño und La Niña wechseln sich mit einer durchschnittlichen Periodizität von ungefähr vier bis sieben Jahren ab. Die El Niño Southern Oscillation (ENSO) ist bei starker Ausprägung einer der Hauptfaktoren, welcher die jährlichen Schwankungen der globalen Temperatur erklärt. Dabei sind Jahre mit El-Niño-Bedingungen global oft wärmer, Jahre mit La Niña tendenziell kühler.

Im Zeitraum von 2017–2022 gab es keine besonders ausgeprägten El-Niño-Phasen. In den Jahren 2020–2022 herrschte gar durchwegs eine kräftige La Niña. El Niño etablierte sich im Südpazifik ab 2023 bis Mitte 2024. Mit dem Rückgang der Warmwasserzunge ab Mitte 2024 stellten sich erst wieder neutrale und später La-Niña-Bedingungen ein. Demnach war der Einfluss El Niños im Jahr 2024 im Vergleich zum Vorjahr geringer.

Abbildung 4.2

Multivariater El Niño Southern Oscillation Index (MEI) 1950–2024. Rot sind die Indexwerte der El Niño Phase (Warmphase), blau die Indexwerte der La Niña Phase (Kaltphase) dargestellt. Der MEI setzt sich zusammen aus dem Bodendruck, der Ost-West-, Nord- und Süd-Komponenten des Bodenwindes, der Meeresoberflächentemperatur, der Lufttemperatur auf Meereshöhe sowie des Bewölkungsgrades. Die Messungen erfolgen im äquatorialen Pazifik.



Die Daten sind verfügbar unter [9].



4.3 Besondere Ereignisse weltweit

Hitze und Dürre

Im Jahr 2024 gab es zahlreiche schwere Hitzewellen. In der Folge kam es vielerorts zu Wald- und Buschbränden. Besonders betroffen waren Ostasien, Südosteuropa, der Mittelmeerraum und der Nahe Osten, der Südwesten der Vereinigten Staaten, Südostasien, Nordindien, Mittelamerika sowie Westafrika und die Sahelzone.

Im Juli 2024 brachte eine Hitzewelle im Mittelmeerraum über 41 °C in Marokko und viele Todesopfer, die der Hitze zugeschrieben wurden. In Indien und Pakistan wurden in der zweiten Maihälfte Temperaturen von 48 °C übertroffen. Als Folge der enormen Hitze fehlte es in der Region an Trinkwasser. Auch hier waren viele Todesopfer zu beklagen. Im Persischen Golf führte eine Hitzewelle mit Lufttemperaturen über 40 °C und Wassertemperaturen über 32 °C zu gefühlten Temperaturen von 60 °C und höher.

Die Waldbrandsaison in Kanada war, gemessen an der verbrannten Fläche, die zweitstärkste nach 2023. Tausende von Menschen mussten in diesem Zeitraum evakuiert werden.

In vielen Teilen Amerikas herrschte Trockenheit. Die schwere Dürre in Mexiko und Teilen Mittelamerikas im Jahr 2023 hielt bis in die ersten Monate des Jahres 2024 an, während in weiten Teilen des südamerikanischen Landesinneren ebenfalls erhebliche Trockenheit herrschte. In Mexiko hatte die Dürre mutmasslich einen Einbruch der Maisproduktion um 20–40% zur Folge. Der Paraguay-Fluss in Asuncion erreichte im September einen Rekordtiefstand, ebenso wie eine Reihe von Flüssen im Amazonas-Becken.

Die Trockenheit in Nordwest- und Südafrika während der normalerweise feuchten Jahreszeit Ende 2023 und Anfang 2024 führte zu einer markanten Dürre in diesen Gebieten. In Verbindung mit lokalen Konflikten führte dies zu einem Anstieg von Vertreibungen, Krankheitsausbrüchen und Nahrungsmittelknappheit. In Sambia z.B. brach die Getreideproduktion im Vergleich mit dem vorhergehenden 5-Jahres-Durchschnitt um geschätzte 42% ein.

Starkniederschläge und Überschwemmungen

Mitte September kam es in einem grossen Gebiet Mitteleuropas zu extremen Niederschlägen. Im Norden Österreichs, im Osten Tschechiens und im Südwesten Polens fielen an fünf Tagen Niederschlagssummen von über 400 mm, die an vielen Orten weit über den bisherigen Rekorden lagen. In Spanien wurden mehr als 150 Todesopfer infolge von Sturzfluten gemeldet.

Ein ungewöhnlich aktiver Monsun führte in vielen Teilen der Sahelzone, einschliesslich Tschad, Mali, Niger und Nigeria, zu schweren Überschwemmungen. Im äquatorialen Ostafrika kam es zu Überschwemmungen, die in Ländern wie Kenia und Tansania grosse Verluste an Menschenleben verursachten. Der Viktoriasee erreichte einen Rekordpegel.

Anhaltende starke Regenfälle im brasilianischen Bundesstaat Rio Grande do Sul führten zu Überschwemmungen, die grosse Teile der Stadt Porto Alegre und viele umliegende Gebiete überfluteten. Es wurden wirtschaftliche Verluste in Höhe von mehreren Milliarden US-Dollar gemeldet.

Wirbelstürme

Die Vereinigten Staaten und die Karibik wurden im Jahr 2024 von einer Reihe schwerer Hurrikane heimgesucht. Beryl im Juli war der früheste Atlantiksturm der Kategorie 5, der je verzeichnet wurde, und traf mehrere karibische Länder, insbesondere Grenada und St. Vincent und die Grenadinen. Hurrikan Helene führte im September im Südosten der Vereinigten Staaten zu katastrophalen Überschwemmungen und verursachte bei der Landung grosse Schäden, während Milton im Oktober in Florida grosse Sturmflut-, Wind- und Überschwemmungsschäden verursachte.

Der wohl folgenreichste tropische Wirbelsturm des Jahres 2024 war der Taifun Yagi Anfang September. Er führte zu Überschwemmungen nach dem Landfall mit erheblichen Auswirkungen auf Vietnam, die Demokratische Volksrepublik Laos, Thailand und Myanmar, während in China und auf den Philippinen erhebliche Windschäden entstanden. Es kam zu rund 200 Todesopfern in Vietnam, Zerstörung von Agrarland und Strassen und Unterbrüchen in der Nahrungsmittelproduktion in Myanmar.

Meereis

Die arktische Meereisausdehnung erreichte am 14. März ihr jährliches Maximum von 15,01 Mio. Quadratkilometer und lag damit leicht unter dem langjährigen Durchschnitt (1991–2020) von 15,2 Mio. Quadratkilometer. Am 11. September erreichte die arktische Meereisausdehnung ihr jährliches Minimum von 4,3 Mio. Quadratkilometer. Das Minimum von 2024 ist das siebtniedrigste in den Satellitenaufzeichnungen.

Die antarktische Meereisausdehnung erreichte am 20. Februar ihr jährliches Minimum von 2,0 Mio. Quadratkilometer, die zweitniedrigste Ausdehnung in den Satellitenaufzeichnungen (1979–2024) nach 2023. Das jährliche Maximum der antarktischen Meereisausdehnung wurde am 19. September mit einer Ausdehnung von 17,2 Mio. Quadratkilometer erreicht. Das Maximum von 2024 ist die zweitniedrigste maximale Ausdehnung in der Satellitenaufzeichnung, der niedrigste Wert wurde 2023 erreicht.





5 Langjährige Klimaentwicklung

Dieses Kapitel gibt einen Überblick zur vergangenen Klimaentwicklung in der Schweiz, mit Bezug zum aktuellen Berichtsjahr. Für die primären Messgrössen Temperatur und Niederschlag kann die Klimaentwicklung seit Aufnahme der offiziellen Messungen im Winter 1863/64 nachgezeichnet werden. Für die meisten übrigen Parameter liegen bereinigte Messreihen ab 1959 vor.

Gegliedert wird das Kapitel nach den essenziellen Klimavariablen des globalen Klima-Beobachtungssystems GCOS (Global Climate Observing System) [10]. Daraus werden die Bereiche Atmosphäre und Landoberfläche behandelt, mit dem Schwerpunkt auf den bodennahen Beobachtungen (Tabelle 5.1). Es handelt sich dabei um die klassischen Messreihen von Temperatur und Niederschlag und daraus abgeleitete Parameter. Die Datengrundlagen und Methoden werden im Abschnitt 5.3 beschrieben.

Tabelle 5.1
Essenzielle Klimavariablen gemäss GCOS Second Adequacy Report [10], ergänzt mit den für die Schweiz zusätzlich relevanten Variablen.

Bereich		Essentielle Klimavariablen
Atmosphäre	Bodennah	Lufttemperatur, Niederschlag, Luftdruck, bodennahe Strahlungsbilanz, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Wasserdampf
	Freie Atmosphäre	Strahlungsbilanz (inkl. Sonnenstrahlung), Temperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Wasserdampf, Wolken
	Zusammensetzung	Kohlendioxid, Methan, Ozon, weitere Treibhausgase, Aerosole, Pollen
Ozean	Oberfläche	Oberflächentemperatur, Salzgehalt, Meereshöhe, Meereszustand, Meereis, Strömung, biologische Aktivität, Partialdruck des Kohlendioxids
	Zwischen- und Tiefenwasser	Temperatur, Salzgehalt, Strömung, Nährstoffe, Kohlenstoff, Spurenstoffe, Phytoplankton
Landoberfläche		Abfluss, Seen, Grundwasser, Wassernutzung, Isotope, Schneebedeckung, Gletscher und Eiskappen, Permafrost, Albedo, Oberflächenbedeckung (inkl. Vegetationstyp), Blattflächenindex, photosynthetische Aktivität, Biomasse, Waldbrand, Phänologie

Mit dem Ziel, die Entwicklung des Temperatur- und Niederschlagsregimes detailliert und global einheitlich zu erfassen, hat die Welt-Meteorologie-Organisation (WMO; World Meteorological Organization) aus der Temperatur und dem Niederschlag ein Set von spezifisch definierten Klimaindikatoren abgeleitet [11]. Zusätzlich werden hier weitere für die Schweiz spezifische Klimaindikatoren diskutiert. Gemäss einer Empfehlung der WMO für Analysen zur Klimaentwicklung wird in diesem Kapitel die Referenzperiode 1961–1990 verwendet [12], [13].

Bezeichnung	Definition	Bedeutung/Charakteristik
Temperatur	Tagesmitteltemperatur konventionell (Morgen bis Morgen) aggregiert auf Monats- und Jahrestemperatur	Hauptindikator für die Veränderungen des Klimas und essentielle Klimavariablen [14].
Frosttage (WMO)	Tage des Kalenderjahres mit minimaler Temperatur $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	Die Anzahl Frosttage ist hauptsächlich von der Höhenlage der Station abhängig. Als guter Klimaindikator vor allem in höheren Lagen verwendbar.
Sommertage (WMO)	Tage des Kalenderjahres mit maximaler Temperatur $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ (Definition gemäss Deutschem Wetterdienst [15])	Die Anzahl Sommertage hauptsächlich ist von der Höhenlage der Station abhängig. Als guter Klimaindikator vor allem in tiefen Lagen verwendbar.
Nullgradgrenze	Höhenkote mit der Temperatur 0°C , bestimmt auf der Basis von Messwerten mit Ballonsondierungen	Die Höhenlage der Nullgradgrenze ist ein Mass für den Wärmehalt der Atmosphäre im Höhenprofil.
Niederschlag	Tagessumme konventionell (Morgen bis Morgen) aggregiert auf Monats- und Jahressummen	Hauptindikator für die Veränderungen des Klimas und essentielle Klimavariablen [14].
Tage mit starkem Niederschlag (WMO)	Tage des Kalenderjahres mit Tagesniederschlag $P \geq 20\text{ mm}$	Die Schwelle von mehr als 20 mm darf nicht gleichgestellt werden mit seltenen Extremniederschlägen. Ereignisse von 20 mm werden in der Schweiz jedes Jahr mehrmals registriert.
Niederschlag der sehr nassen Tage (WMO)	Niederschlagssumme der Tage im Kalenderjahr, an welchen der Tagesniederschlag $P > 95$ tes Perzentil der Tagesniederschläge erreicht (Referenz: 1961–1990)	Ein Tag gilt als sehr nass, wenn seine Niederschlagssumme grösser ist als die im langjährigen Durchschnitt 18 nassesten Tage im Jahr.
Max. Anzahl zusammenhängender Trockentage (WMO)	Maximale Anzahl zusammenhängender Tage des Kalenderjahres, für welche der Tagesniederschlag $P < 1\text{ mm}$ ist	Ununterbrochene Periode mit hintereinander folgenden Trockentagen, von denen jeder weniger als 1 mm Niederschlag aufweist.
Trockenheitsindex	SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index) Abweichung von der mittleren klimatischen Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung)	Der Indexwert eines bestimmten Monats zeigt den akkumulierten Wassermangel bzw. den akkumulierten Wasserüberschuss in der davorliegenden Periode im langjährigen Vergleich.
Neuschneesumme	Neuschneesumme der Monate Oktober bis März (Winterhalbjahr)	Schneemengen und Neuschneefall sind in komplexer Weise von der Temperatur und dem Niederschlag abhängig. Sie reagieren deshalb sehr empfindlich auf langfristige Klimaänderungen [16], [17], [18], [19].
Tage mit Neuschnee	Anzahl Tage mit messbarem Neuschnee der Monate Oktober bis März (Winterhalbjahr)	

Tabelle 5.2

Benutzte Klimaindikatoren aus den behandelten Bereichen Atmosphäre und Landoberfläche. Die WMO-Indikatoren sind definiert in WMO/ETCCDI [11].

5.1 Atmosphäre

5.1.1 Bodennahe Beobachtungen

Die hier verwendeten Klimaindikatoren nach WMO (Tabelle 5.2) werden überwiegend exemplarisch anhand der Messreihen der Stationen Bern (nordalpines Flachland), Sion (inneralpines Tal), Davos (alpine Lage) und Lugano (Südschweiz) dargestellt. Berechnet werden sie als Jahreswerte, das heisst z.B. Anzahl Frosttage pro Jahr, wobei immer das Kalenderjahr benutzt wird (1. Januar bis 31. Dezember).

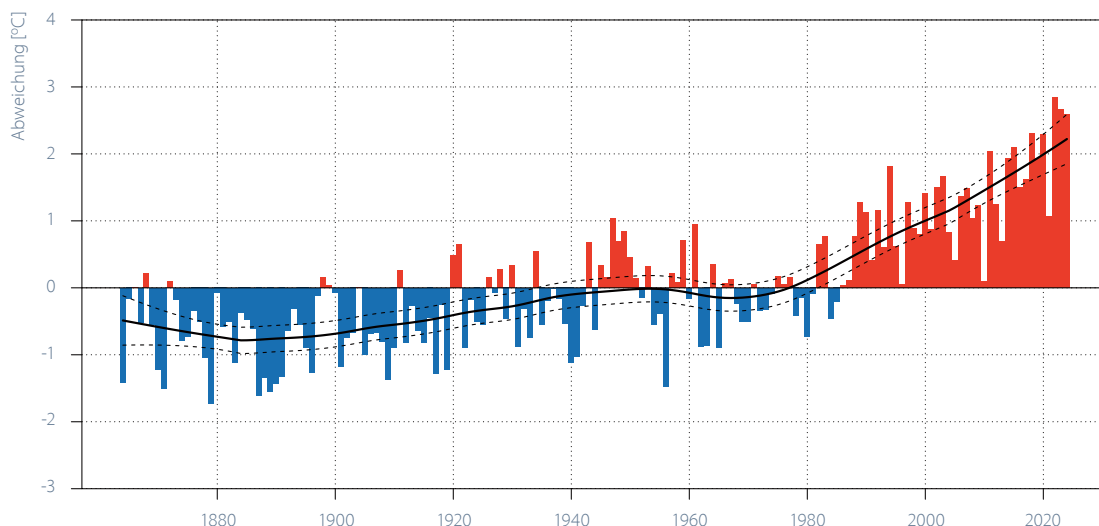


[Weitere Informationen zu Klimaindikatoren](#)

Temperatur

Das Jahr 2024 erreichte in der Schweiz mit einer landesweiten Mitteltemperatur von 7,2 °C den dritten Rang seit Messbeginn 1864. Das sind 2,6 °C mehr als in der Referenz 1961–1990 und +3,3 °C gegenüber der vorindustriellen Referenzperiode 1871–1900. Die Vorjahre 2022 und 2023 waren mit 7,4 °C und 7,3 °C leicht wärmer. Das Jahr 2024 setzt damit den kräftigen Erwärmungstrend der letzten Jahrzehnte fort. Von der vorindustriellen Periode 1871–1900 bis aktuell stieg die Schweizer Jahrestemperatur um 2,9 °C an (vgl. [20]). Dies entspricht der Differenz des aktuellen Klimamittels, also der Temperatur, die man unter den heutigen Klimabedingungen im Jahresmittel erwarten würde, zum Mittel des vorindustriellen Referenzzeitraums. Berücksichtigt man die Unsicherheiten der Trendschätzung, beläuft sich die Erwärmung in der Schweiz auf 2,6–3,3 °C.

Abbildung 5.1
Langjähriger Verlauf der Jahrestemperatur, gemittelt über die gesamte Schweiz. Dargestellt ist die jährliche Abweichung der Temperatur von der Referenzperiode 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 30-jährige geglättete Mittel (lokale lineare Regression LOESS gemäss [20]). Die gestrichelten Linien geben den Unsicherheitsbereich dieses Mittels an (95%-Konfidenzintervall).

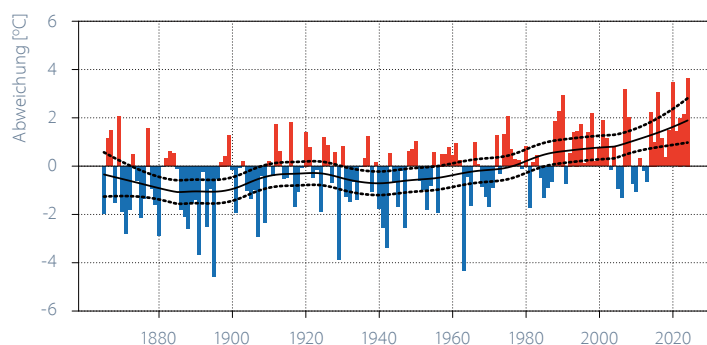


Der Winter 2023/24 war der mildeste seit Messbeginn 1864 mit einer Abweichung von $+3,6^{\circ}\text{C}$ zur Referenzperiode 1961–1990. Mit $+2,4^{\circ}\text{C}$ zur Referenzperiode 1961–1990 wurde im vergangenen Jahr der siebtwärmste Frühling in der 160-jährigen Zeitreihe der Schweizer Mitteltemperatur registriert. Der Sommer 2024 belegte Rang 6 mit einer landesweiten Durchschnittstemperatur, die $3,3^{\circ}\text{C}$ über der Referenzperiode 1961–1990 lag. Die grösste Abweichung zur Referenz in einem Schweizer Sommer stammt weiterhin aus dem Jahr 2003 mit einem Überschuss von gut $4,8^{\circ}\text{C}$ zur Referenzperiode 1961–1990. Der

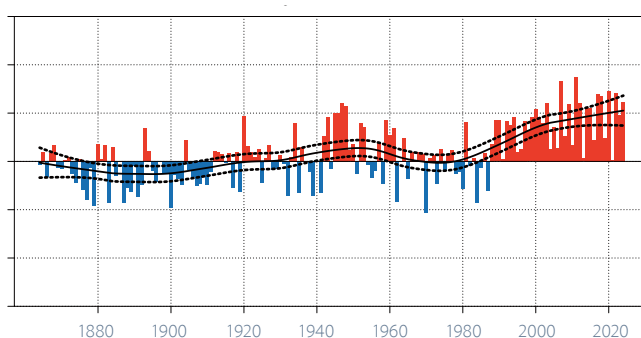
Herbst erreichte mit einer Abweichung zur Referenz von $+1,4^{\circ}\text{C}$ den neunten Rang.

Der Erwärmungstrend ist in allen Jahreszeiten spürbar und statistisch signifikant. Der Winter ist im aktuellen Klimamittel 2024 im Vergleich zur vorindustriellen Referenzperiode 1871–1900 um $2,9^{\circ}\text{C}$ wärmer. Im Frühling und Herbst beträgt die Erwärmung zur vorindustriellen Referenz im Mittel $2,6^{\circ}\text{C}$ resp. $2,8^{\circ}\text{C}$. Die Sommermonate (Juni, Juli und August) sind um $3,4^{\circ}\text{C}$ wärmer geworden.

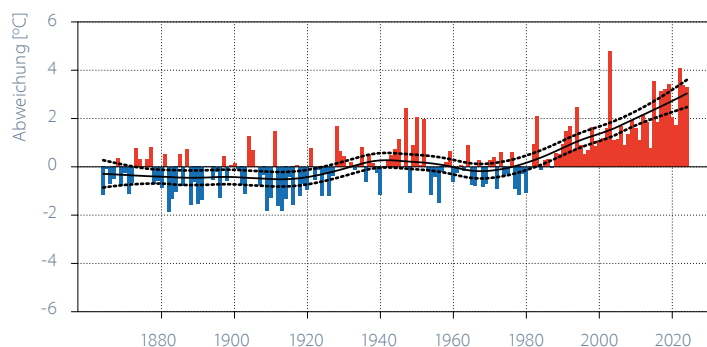
Winter (DEZ, JAN, FEB) 1864/65–2023/2024



Frühling (MÄR, APR, MAI) 1864–2024



Sommer (JUN, JUL, AUG) 1864–2024



Herbst (SEP, OKT, NOV) 1864–2024

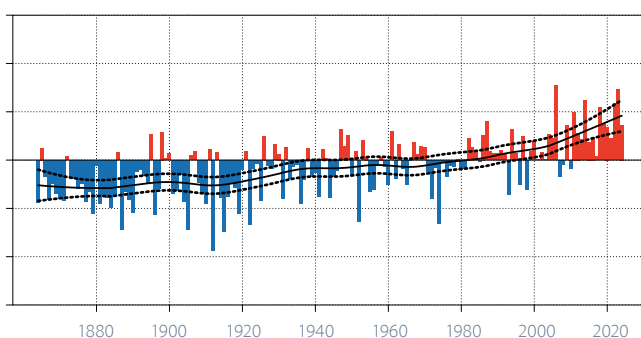


Abbildung 5.2

Langjähriger Verlauf der jahreszeitlichen Temperatur, gemittelt über die gesamte Schweiz. Dargestellt ist die jährliche Abweichung der saisonalen Temperatur von der Referenzperiode 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 30-jährige geglättete Mittel (lokale lineare Regression LOESS). Die gestrichelten Linien geben den Unsicherheitsbereich dieses Mittels an (95%-Konfidenzintervall).

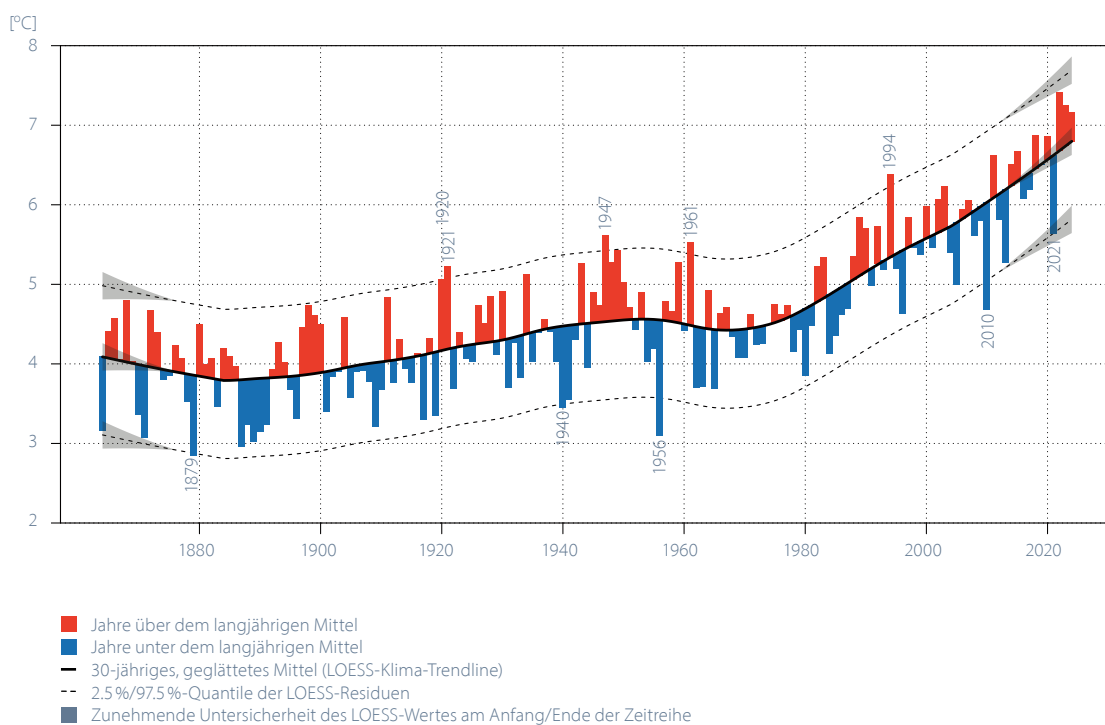
Das aktuelle Klimamittel für das Kalenderjahr 2024 liegt bei 6,8°C und ist damit 2,2°C ($\pm 0,4^\circ\text{C}$) über der Referenz 1961–1990. Die Erwärmung des Schweizer Klimas hat sich etwa seit 1970 deutlich beschleunigt (Abbildung 5.3). Das Jahr 2023 lag 0,4°C über der Klima-Trendlinie, die für jedes Jahr das entsprechende aktuelle Klimamittel anzeigt, und war somit wärmer, als es im aktuellen Klima zu erwarten wäre. Gleiches gilt auch für die Vorjahre 2022 und 2023. Im Gegensatz dazu war 2021 im Vergleich zum damals aktuellen Klima deutlich kühler.

Die grössten positiven Abweichungen zum damals geltenden Klimamittel zeigen Jahre wie 1994, 1961, 1947 und die aufeinanderfolgenden Jahre 1920 und 1921. All diese Jahre liegen ausserhalb des 95 %-Schwankungsbereichs

des damals herrschenden Klimas und waren somit für die damaligen Bedingungen extrem warm. Bemerkenswert kalte Jahre für die zu der Zeit vorliegenden Klimabedingungen waren 2021, 2010, 1956, 1940, sowie 1879. Die Mitteltemperaturen dieser Jahre lagen alle unterhalb des 95 %-Schwankungsbereichs im damals aktuellen Klima.

Diese Darstellung zeigt sehr eindrücklich, dass ein im Vergleich zur gesamten Messperiode aussergewöhnlich warmes Jahr wie 2024 (Rang 3) durchaus im Bereich der Erwartungen des aktuellen Klimas liegen kann, oder dass ein Jahr wie 2021, das momentan unter den 25 wärmsten Jahren seit Messbeginn liegt, ein kühles Jahr im aktuellen Klima repräsentiert.

Abbildung 5.3
Langjähriger Verlauf der absoluten Jahrestemperatur, dargestellt als Abweichungen vom 30-jährigen geglätteten Mittel (lokale lineare Regression LOESS, schwarze Linie). Rote Balken zeigen Jahre mit Temperaturen über dem geglätteten Mittel, blaue Balken entsprechen Jahren mit Temperaturen unterhalb des geglätteten Mittels. Die gestrichelten Linien geben an, in welchem Wertebereich sich 95 % der Jahreswerte um die Klima-Trendlinie herum bewegen.



Die rasante Erwärmung in der Schweiz führt dazu, dass die Jahre mit den höchsten Temperaturen gehäuft in den letzten Jahrzehnten zu finden sind. Die Jahre 2022–2024 weisen die höchsten Temperaturen auf seit Messbeginn 1864 und liegen mit deutlichem Abstand vor allen übrigen Jahren. Unter den dreissig wärmsten Jahren seit Messbeginn 1864 liegen nur einzelne Vertreter aus der Zeit vor 1990. Die neun Spitzenreiter sind allesamt nach 2010 aufgetreten (Abbildung 5.4). Nur die Jahre 2010 und 2013 zählen in der Schweiz nicht zu den dreissig wärmsten Jahren. Das Muster der langjährigen Temperaturentwicklung in der Schweiz mit der Häufung sehr warmer Jahre in jüngster Zeit findet sich auch in der globalen Temperaturreihe (Abbildung 4.1).

Ohne global wirksame Klimaschutzmassnahmen wird für die Schweiz eine weitere deutliche Erwärmung aufgrund des anthropogenen Klimawandels erwartet. Bis Ende des 21. Jahrhunderts soll die Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur laut den aktuellen Klimaszenarien CH2018 3,3–5,4 °C betragen, ausgehend vom Mittel 1981–2010. Die stärkste jahreszeitliche Erwärmung von 4,1–7,2 °C wird für den Sommer berechnet für den Fall, dass die globalen Treibhausgasemissionen weitergehen wie bisher [21].

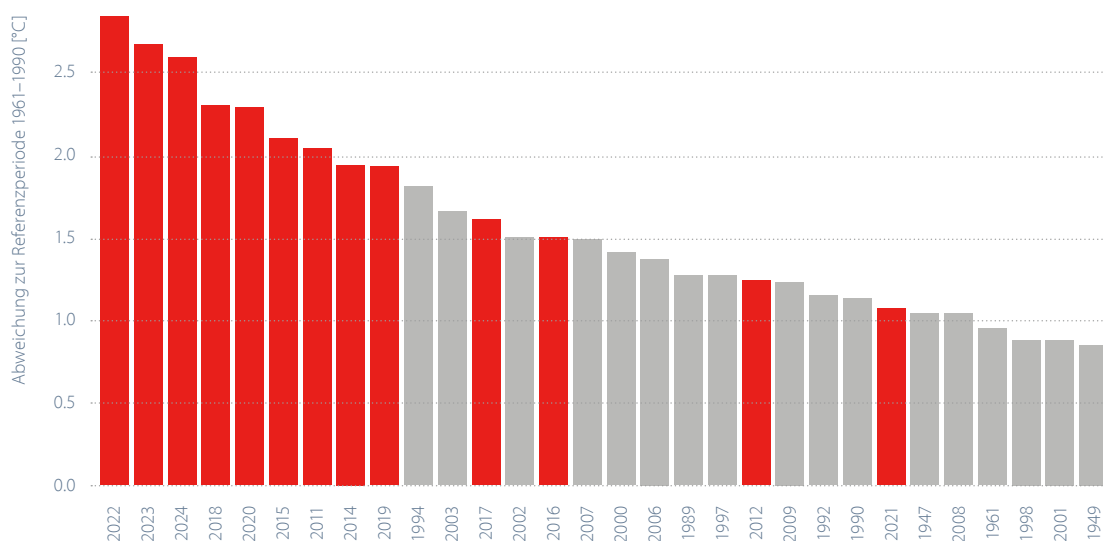


Abbildung 5.4

Rangliste der 30 wärmsten Jahre seit 1864. Die Balken zeigen die Abweichung der mittleren Schweizer Jahrestemperatur zur Referenz 1961–1990. Die Jahre ab 2010 sind rot dargestellt.

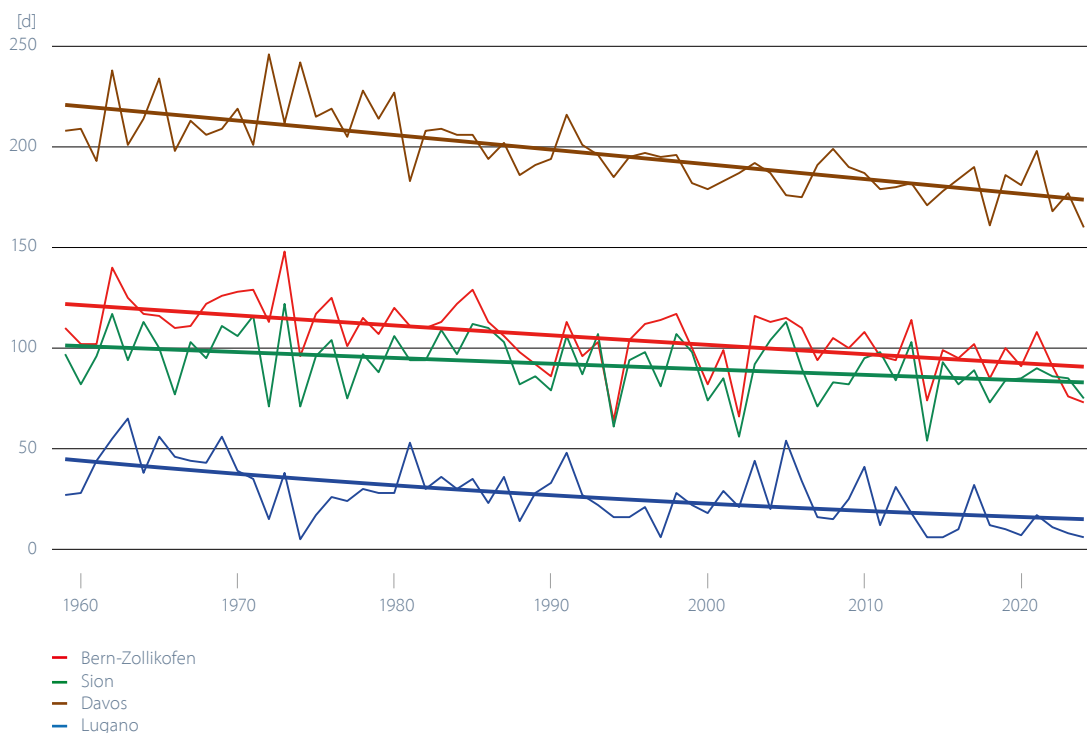
Frosttage

Aufgrund des extrem milden Winters und überdurchschnittlicher Temperaturen im Frühling und Herbst lag die Anzahl Frosttage 2024 an allen hier aufgeführten Messstandorten auf sehr niedrigem Niveau. Nur gerade sechs Tage wiesen in Lugano eine Minimumtemperatur unter 0°C auf. Das sind an diesem Standort rund ein Sechstel der Frosttage in der Referenzperiode 1961–1990 (35 Tage). Gut einen Drittel weniger Frosttage hatte der Messstandort Bern/Zollikofen zu verzeichnen. Dort gab es 73 Frosttage (Referenzwert: 115). An der höchstgelegenen der hier gezeigten Messstationen in Davos wurden

über das vergangene Kalenderjahr 160 Frosttage gezählt. Das knapp ein Viertel weniger als in der Referenzperiode 1961–1990 (210). Auch in Sion wurden mit 75 Frosttagen im letzten Jahr, statt 98 Tagen wie in der Referenz, rund 25% weniger Tage mit Temperaturen unter 0°C registriert.

Mit der kräftigen Wintererwärmung der letzten Jahrzehnte ist in allen Messreihen von Bern, Davos, Sion und Lugano ein signifikanter Rückgang der Anzahl Frosttage festzustellen. Pro Jahrzehnt werden hier rund drei bis sieben Frosttage weniger verzeichnet.

Abbildung 5.5
Zeitlicher Verlauf der Frosttage (Tage des Kalenderjahres mit minimaler Temperatur <0°C) für die Stationen Bern, Sion, Davos und Lugano.



Gemäss den neuen Klimaszenarien CH2018 [21] dürfte die Anzahl Frosttage in Lugano bis 2060 auf 5–14 Tage pro Jahr sinken, wenn der Treibhausgasausstoss unvermindert weitergeht. In Bern wäre noch mit etwa 50–70 Frosttagen pro Jahr zu rechnen.

Sommertage

Der sechstwärmste Sommer seit Messbeginn 1864 brachte weniger Tage mit Maximaltemperaturen von 25 °C und mehr als die beiden Vorjahre 2022 und 2023, im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961–1990 waren es dennoch deutlich mehr. Am Messstandort Sion wurden im Jahr 2024 total 78 Sommertage registriert, im Mittel über die Referenzperiode 1961–1990 sind es dort 56 Sommertage. Ähnlich viele Sommertage wies die Station Lugano (80 Sommertage) auf. In der Referenzperiode kommt der Messstandort Lugano auf 50 Sommertage. In Bern/Zollikofen wurden im Jahr 2024 insgesamt 55 Sommertage gezählt (Referenz: 31 Tage). Davos zählte trotz seiner Höhe

acht Tage mit 25 °C und mehr. In der Referenzperiode 1961–1990 wurde dort durchschnittlich gerademal ein Sommertag pro Jahr registriert. Sommertage kommen also auch in höheren Lagen im heutigen Klima zunehmend vor.

In allen der vier dargestellten Messreihen ist der Trend hin zu immer mehr Sommertagen signifikant. Pro Jahrzehnt werden in Bern ungefähr fünf, in Sion sechs und in Lugano acht Sommertage mehr verzeichnet. In Davos, auf 1600 m ü. M., entspricht der Anstieg gut zwei zusätzlichen Sommertagen mehr pro Jahrzehnt.

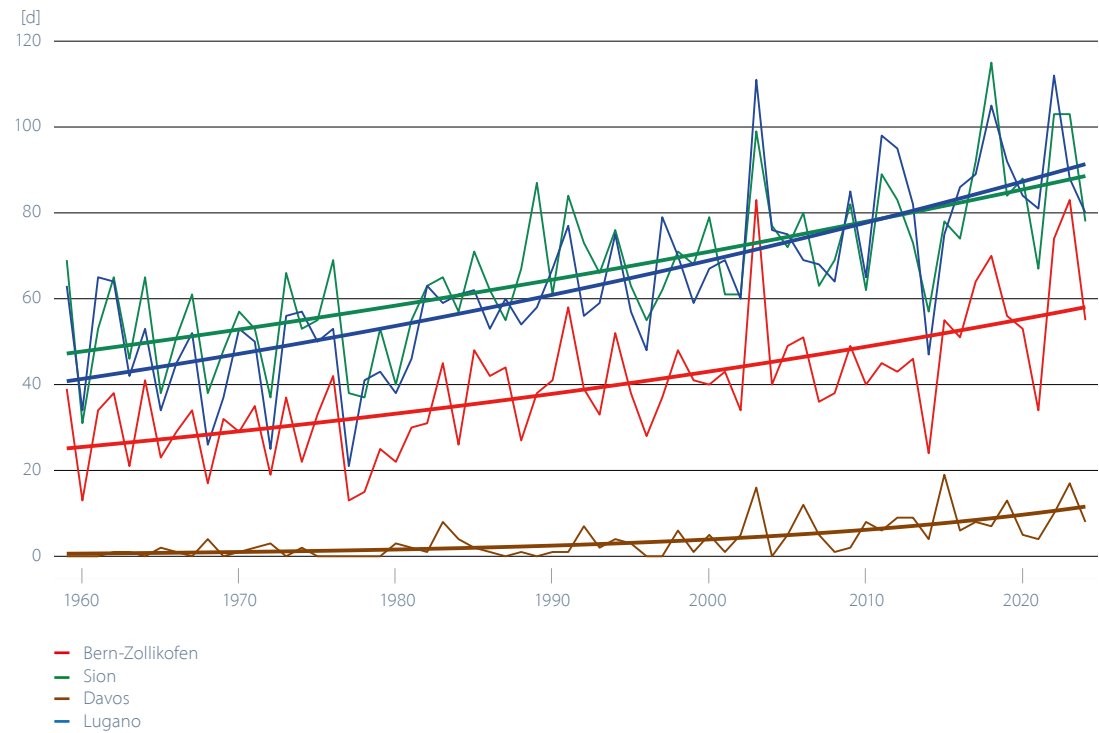


Abbildung 5.6
Zeitlicher Verlauf der Sommertage (Tage des Kalenderjahres mit maximaler Temperatur $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) für die Stationen Bern, Sion, Davos und Lugano.

Hält die zunehmende Entwicklung der globalen Treibhausgaskonzentrationen wie bisher an, dürfte sich die Zahl der Sommertage in einem durchschnittlichen Jahr bis 2060 in den tieferliegenden Regionen des Landes mehr als verdoppeln gegenüber der Referenzperiode 1961–1990. Für Bern könnten etwa 70–90 Sommertage zur Regel werden, für Davos 15–40 Sommertage, was etwa dem Schwankungsbereich während der Referenzperiode am Messstandort in Bern entspricht [21].

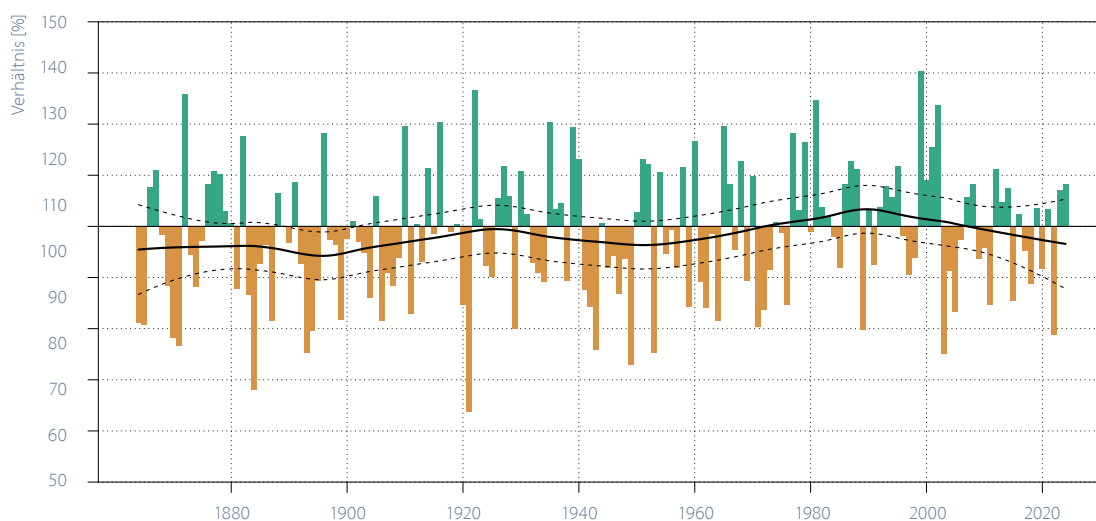
Niederschlag

Im landesweiten Durchschnitt war das Jahr 2024, ähnlich wie 2023, niederschlagsreicher als die Referenzperiode 1961–1990 (Abbildung 5.7). Das Verhältnis zur Referenzperiode 1961–1990 betrug im Jahresmittel 108 %. Mit Ausnahme des Sommers waren alle Jahreszeiten nasser als die jeweilige Referenz (Abbildung 5.8). Im Sommer fiel schweizweit im Mittel rund 87 % des Referenzniederschlags. Der nasse Frühling brachte 132 % des mittleren Niederschlags über die Referenzperiode 1961–1990. Im Winter fielen 127 % und im Herbst 120 % der Referenz.

Die Niederschlagsentwicklung im Zeitraum 1864–2024 in der Schweiz zeigt starke Schwankungen von Jahr zu Jahr und über mehrere Jahre, sowohl im Jahresmittel als auch in allen Jahreszeiten. Einzig im Winter ist bis heute für die

Schweiz eine signifikante Zunahme der mittleren Niederschläge um etwas weniger als 40 % gegenüber der vorindustriellen Referenzperiode festzustellen. Berücksichtigt man die Unsicherheiten der Trendschätzung, resultiert für den Winter eine Veränderung der Niederschlagsmengen um +9 bis +67 % seit der vorindustriellen Zeit. In den übrigen Jahreszeiten gibt es keinen klaren Trend für eine Zu- oder Abnahme der Niederschlagssummen.

Abbildung 5.7
Langjähriger Verlauf der Jahres-Niederschlagssummen für das Schweizer Mittel. Dargestellt ist das Verhältnis der Jahres-Niederschlagssummen zur Referenz 1961–1990 (grün = positive Abweichungen, braun = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 30-jährige geglättete Mittel (lokale lineare Regression LOESS). Die gestrichelten Linien geben den Unsicherheitsbereich dieses Mittels an (95%-Konfidenzintervall).



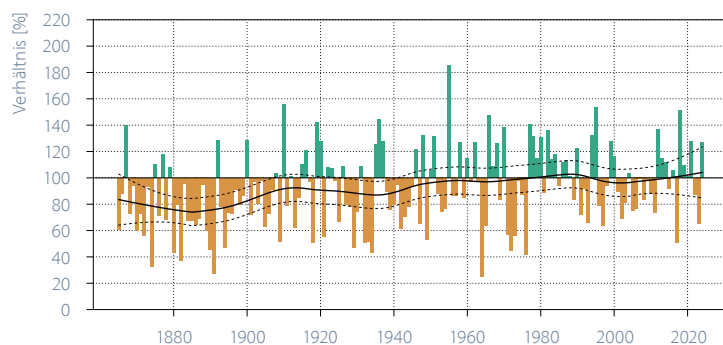
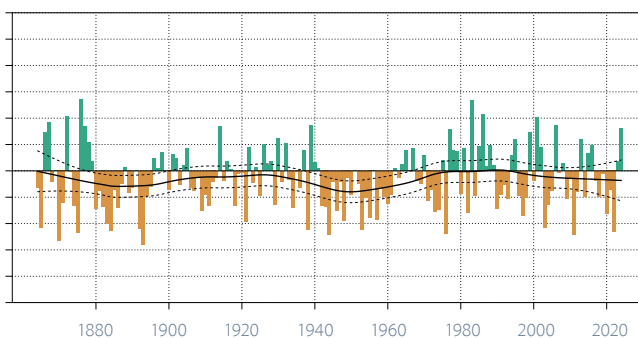
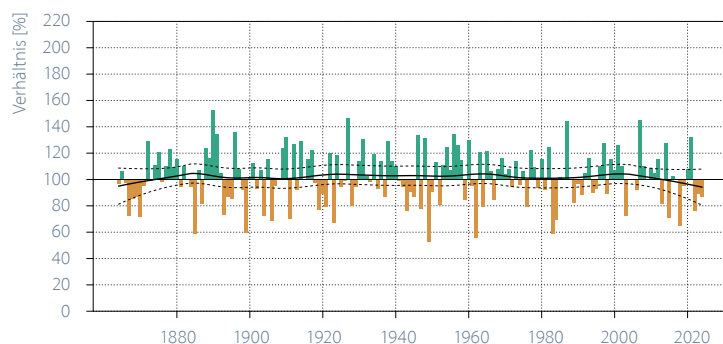
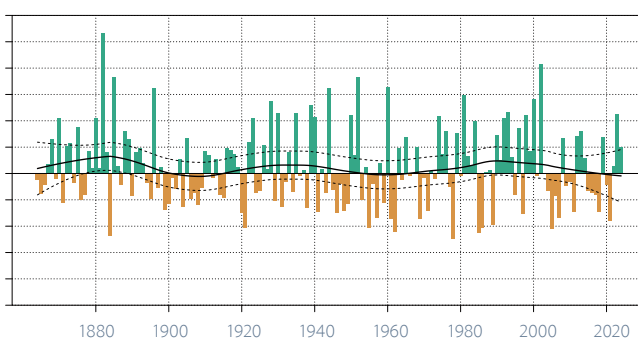
Winter (DEZ, JAN, FEB) 1864/65–2023/24**Frühling** (MÄR, APR, MAI) 1864–2024**Sommer** (JUN, JUL, AUG) 1864–2024**Herbst** (SEP, OKT, NOV) 1864–2024

Abbildung 5.8

Langjähriger Verlauf der jahreszeitlichen Niederschlagssummen für das Schweizer Mittel. Dargestellt ist das Verhältnis der saisonalen Niederschlagssummen zur Referenz 1961–1990 (grün = positive Abweichungen, braun = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 30-jährige geglättete Mittel (lokale lineare Regression LOESS). Die gestrichelten Linien geben den Unsicherheitsbereich dieses Mittels an (95 %-Konfidenzintervall).

Ohne global wirksame Interventionsmassnahmen wird für die Schweiz in Zukunft im Sommer eine Niederschlagsabnahme erwartet. Bis Ende dieses Jahrhunderts sind laut den aktuellen Klimaszenarien, ausgehend vom Mittel 1981–2010, Niederschlagsänderungen zwischen +2% bis gegen -39% möglich. Für den Winter ist dagegen mit einer Zunahme zu rechnen, welche sich zwischen +2% und +24% bewegen könnte [21].





Tage mit starkem Niederschlag

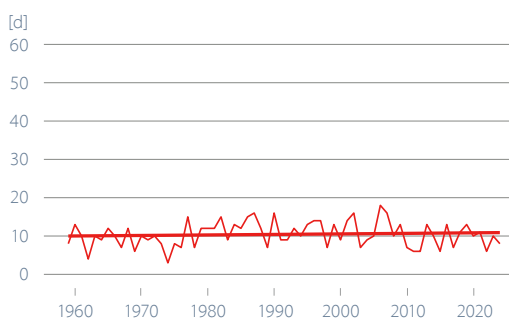
Trotz Unwettersommer mit lokal extremen Niederschlägen (siehe Kapitel 3.1) und schweizweit überdurchschnittlichen saisonalen Niederschlagssummen im Winter, Frühling und Herbst blieb die Anzahl Tage mit 20 mm und mehr im Kalenderjahr an den hier gezeigten Messstandorten im Bereich der Referenzperiode 1961–1990. In Bern wurden acht Tage mit starkem Niederschlag registriert (Referenz: 10), in Davos neun (Referenz: 10) und in Lugano 32 Tage (Referenz: 26). In Sion (Referenz: 5) wurden sechs Tage mit 20 mm und mehr Niederschlag registriert. Die vier gezeigten Messstandorte weisen keine signifikanten Trends hin zu einer Zu- oder Abnahme der Tage mit starkem Niederschlag auf.

Die Veränderung von Starkniederschlägen wurde an 192 Standorten für den Zeitraum 1901–2023 untersucht. 91 % der Standorte zeigen eine Zunahme der Intensität der grössten Tagesniederschläge pro Jahr, wovon 22 % eine signifikante Zunahme zeigen. Die Häufigkeit der Anzahl Tage pro Jahr mit Tagesniederschlag über dem 99. Perzentil hat an 87 % der Standorte zugenommen, wovon 29 % eine signifikante Zunahme zeigen [22].

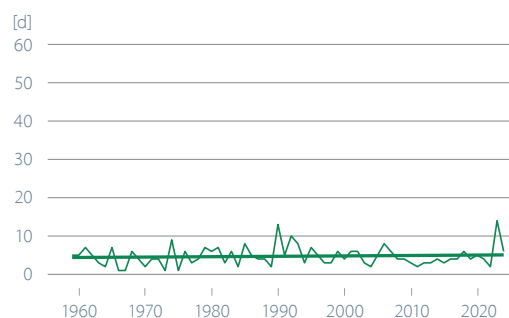
Die Klimaszenarien CH2018 deuten auch für die Zukunft auf eine Zunahme der Extrem- und Starkniederschläge hin. Der stärkste Eintagesniederschlag pro Jahr dürfte bis 2060 um 10% gegenüber 1981–2010 zunehmen [21].

Abbildung 5.9
Anzahl Tage mit
Niederschlag ≥ 20 mm
im Kalenderjahr für die
Stationen Bern, Sion,
Davos und Lugano.

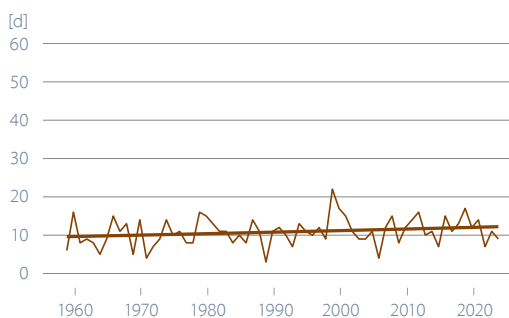
Bern-Zollikofen



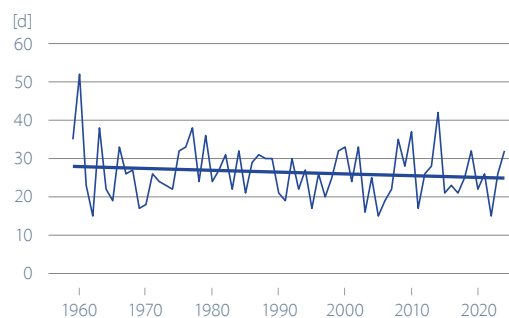
Sion



Davos



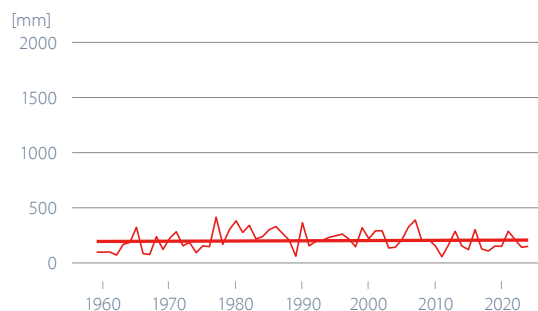
Lugano



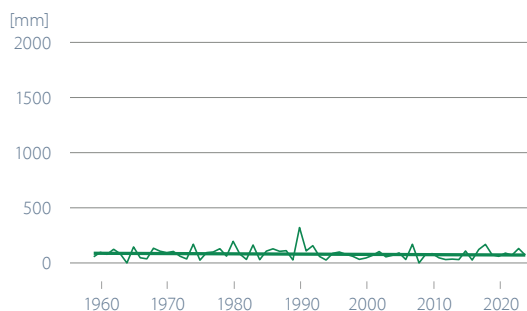
Niederschlag der sehr nassen Tage

Die Niederschlagssumme der sehr nassen Tage war an drei der vier Messstationen unter der Referenzperiode 1961–1990. In Bern wurden 151 mm verzeichnet (Referenzwert: 216 mm), in Davos 120 mm (Referenz: 214 mm) und in Sion 71 mm (Referenz: 98 mm). Einzig am Messstandort Lugano wurde der Referenzwert von 858 mm deutlich übertroffen. Dort fielen an 5% der Tage mit den intensivsten Niederschlägen insgesamt 1066 mm. Im langfristigen Verlauf zeigt keine der hier genannten Stationen einen signifikanten Trend.

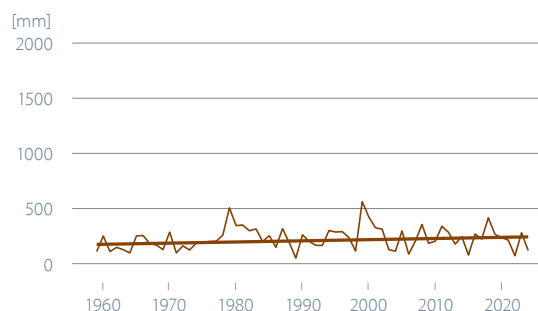
Bern-Zollikofen



Sion



Davos



Lugano

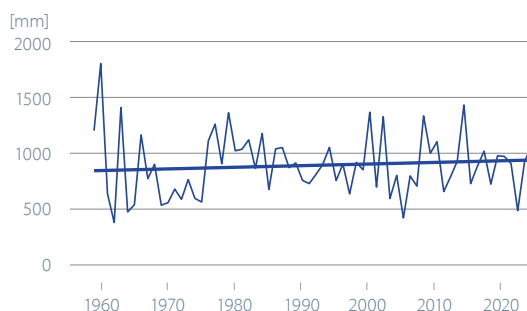


Abbildung 5.10

Jährliche Niederschlags-summe aller sehr nassen Tage für die Stationen Bern, Sion, Davos und Lugano. Als sehr nasse Tage gelten jene, deren Tagesniederschlags-summe zu den 5% der höchsten Tagesniederschläge gehören. Als Referenzperiode gelten die Jahre 1961–1990.

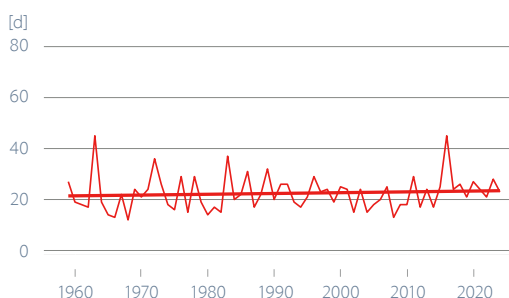
Trockenperioden

Die längsten Trockenphasen im Jahr 2024 blieben an den hier gezeigten Stationen entweder im Bereich der Referenzperiode 1961–1990, wie bei Bern/Zollikofen mit 23 Tagen (Referenzwert: 22) und Davos mit 20 aufeinanderfolgenden Tagen ohne Niederschlag (Referenz: 22). Oder aber es wurden deutlich weniger lange Trockenperioden registriert, wie in Sion mit 19 Tagen ohne Niederschlag (Referenz: 30) und in Lugano mit 24 pausenlos regenfreien Tagen (Referenz: 33). Im langfristigen Verlauf zeigt keine der genannten Messreihen einen signifikanten Trend zu längeren oder kürzeren Trockenperioden.

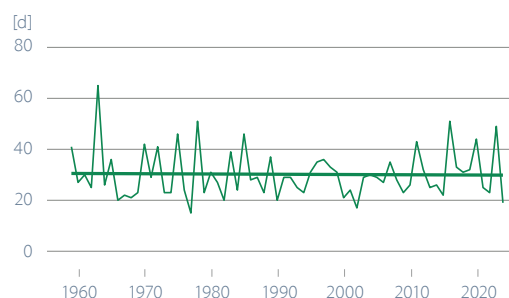
Gemäss den aktuellen Klimaszenarien ist bis 2060 von einer Zunahme der längsten Trockenperiode eines Jahres um bis zu neun Tage zu rechnen, wenn die globalen Treibhausgasemissionen nicht drastisch reduziert werden [21].

Abbildung 5.11
Dauer (Anzahl Tage) der
längsten Trockenperiode
pro Kalenderjahr für die
Stationen Bern, Sion,
Davos und Lugano.

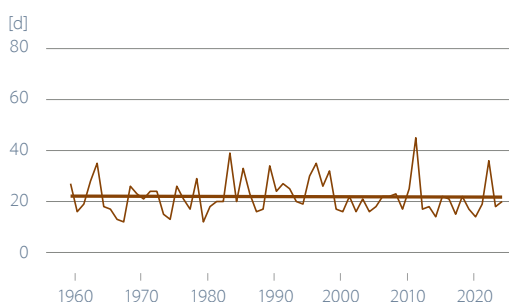
Bern-Zollikofen



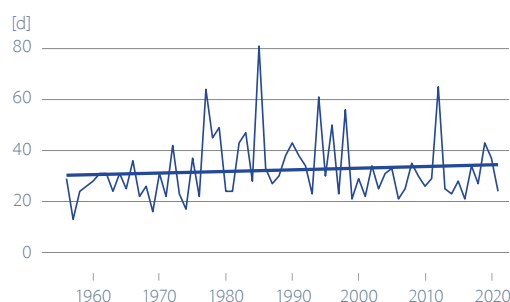
Sion



Davos



Lugano



Trockenheitsindex

Trockenheit kann auf verschiedene Arten verstanden werden. Ganz allgemein ist sie als Niederschlagsdefizit über eine längere Zeit, d.h. mehrere Monate bis mehrere Jahreszeiten definiert. Je nach Dauer einer Trockenheit betrifft die Wasserknappheit verschiedene Bereiche (Land- und Forstwirtschaft, Wasser- und Energieversorgung, Schifffahrt) unterschiedlich stark. Hier wird anhand des SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index) die Wasserbilanz der Monate April–September aufgezeigt.

Das Sommerhalbjahr (Vegetationsperiode) ist der entscheidende Zeitraum für die Landwirtschaft. Die Messungen in Bern zeigen, dass mit Ausnahme des Jahres 2021 alle letzten Jahre über die Monate April bis September negative Wasserbilanzen aufwiesen. Dies gilt auch für das Sommerhalbjahr 2024, doch die Anomalie war schwächer als im extremen Jahr davor oder jene im Sommer 2018 [23]. Häufigere trockenere Sommer entsprechen der Erwartung in einem sich erwärmenden Klima mit höherer Verdunstung [24].

Die Jahre mit sehr niedrigen SPEI-Werten (z.B. 1947, 1865, 2003, 1949, 1893, 1911) in dieser Reihe entsprechen genau denjenigen Jahren, in welchen die grössten landwirtschaftlichen Schäden auftraten. Die ausgeprägten Perioden mit negativem SPEI stimmen gut überein mit bekannten Dürreereignissen während der letzten 150 Jahre [25], [26].

SPEI Bern-Zollikofen

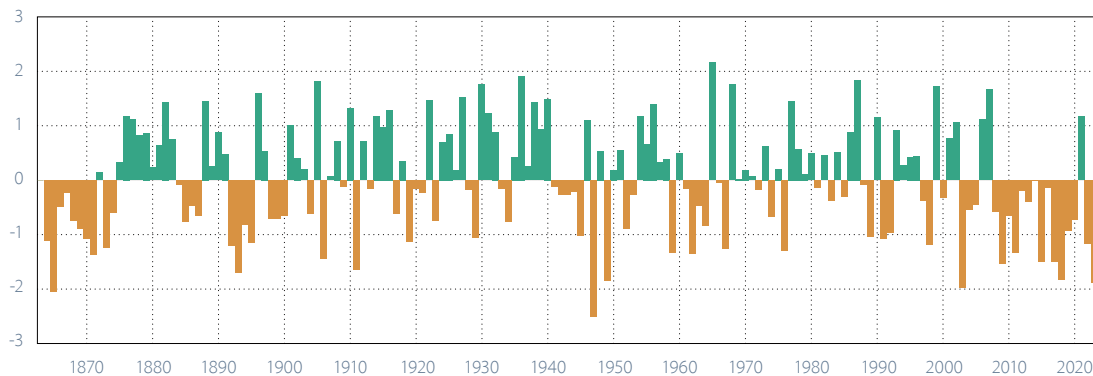


Abbildung 5.12

SPEI über die gesamte Vegetationsperiode (sechs Monate, April–September) an der Messstation Bern. Positive Werte bedeuten feuchtere und negative Werte trockenere Bedingungen als im Median (1864–2024).

5.1.2 Freie Atmosphäre

Nullgradgrenze

Aus den täglich um 11 Uhr und 23 Uhr UTC mittels Ballonsondierungen ab Payerne gemessenen Nullgradgrenzen wird für jedes Jahr seit 1959 ein Median bestimmt. Die im Jahr 2024 aufgezeichnete mittlere Höhe der Nullgradgrenze betrug 2'857 m. Dieser Wert liegt 353 m über jenem des Vorjahres 2023.

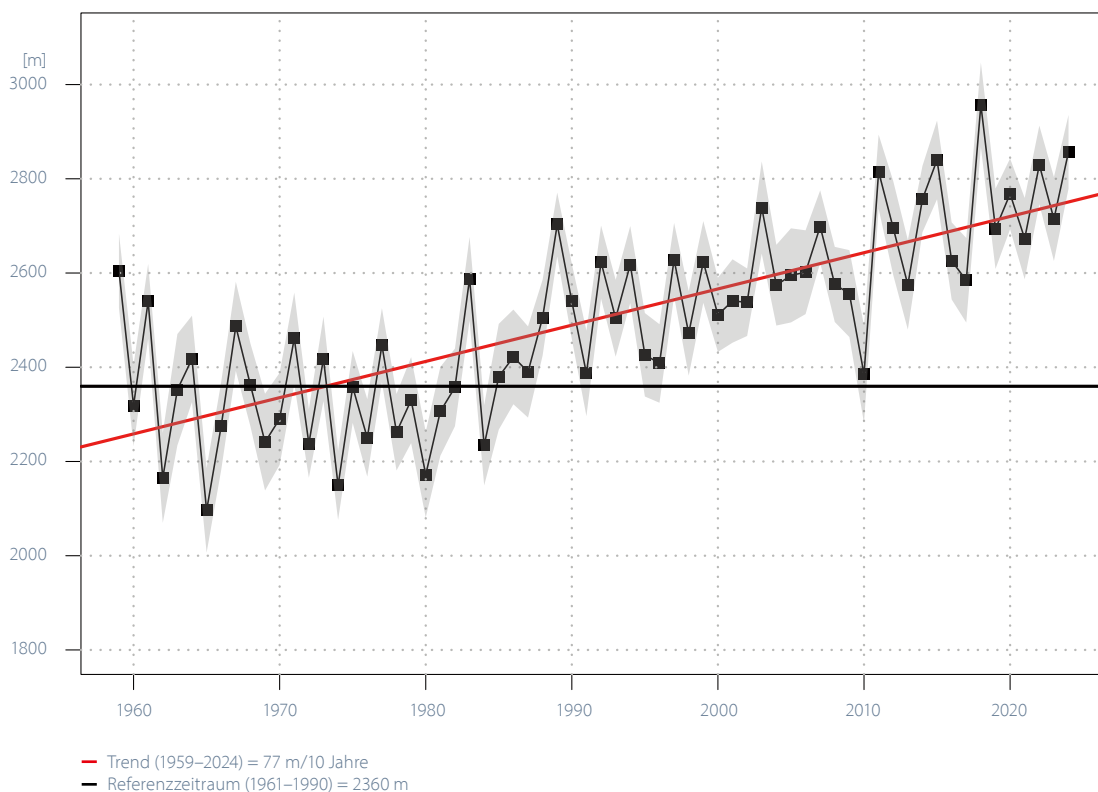
Abbildung 5.13 zeigt den zunehmenden Trend der Nullgradgrenze (rote Linie) über den Zeitraum 1959–2024. Der langfristige Trend gibt aber keine Auskunft über kurzfristige Veränderungen, welche auch gegen diese Entwicklung gerichtet sein können, wie z.B. im Zeitraum 1959–1987. Die Abbildung zeigt deshalb zusätzlich die Schwankungen von Jahr zu Jahr um den linearen Trend (schwarze Linie und Rechtecke) und die Unsicherheit bei der Bestimmung der Jahreswerte (graue Fläche).

Der Trend zu einer Erhöhung der Nullgradgrenze ist ab den 1990er Jahren besonders ausgeprägt. In diesem Zeitrahmen markiert das Jahr 2018 den Rekord der gesamten Zeitreihe mit einer Höhe von 2957 m, 597 m über dem Median der Referenz 1961–1990 (2360 m).

Der Minimalwert von 2096 m wurde im Jahr 1965 erreicht, 264 m unter dem Referenzwert. In den letzten 35 Jahren ist die Nullgradgrenze systematisch angestiegen und dient damit als eindeutiger Indikator für die Erwärmung der Troposphäre. Die Jahresmediane im Zeitraum 1959–1990 schwanken um den Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990, ohne einen signifikanten Trend zu zeigen. Stattdessen zeigt sich in der zweiten Hälfte der Zeitreihe 1990–2023 ein klarer Trend zu immer grösseren Abweichungen der Nullgradgrenze von der Referenz, mit dem bisherigen Rekord aus dem Jahr 2018.

Die Entwicklung der Nullgradgrenze folgt eng der Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in der Schweiz (Abbildung 5.1). Wie in Abbildung 5.13 gezeigt, stieg der Jahresmedian der Nullgradgrenze im Zeitraum 1990–2024 deutlich an. Dies trifft auch auf die saisonalen Trends der Nullgradgrenze zu (Abbildung 5.14). Tabelle 5.3 zeigt die Minima und Maxima aus den saisonalen Zeitreihen der Nullgradgrenze. Drei saisonale Höchstwerte wurden nach 2018 erreicht, der vierte im Jahr 2007.

Abbildung 5.13
Jahresmedian der Nullgradgrenze über den Zeitraum 1959–2024, ermittelt aus den täglichen Ballonsondierungen der aerologischen Station Payerne. Die schwarze Linie zeigt den Median der Jahreshöhen im Referenzzeitraum 1961–1990 (2360 m). Die rote Linie zeigt den linearen Trend (signifikant). Der graue Bereich um den Median entspricht der Messunsicherheit.

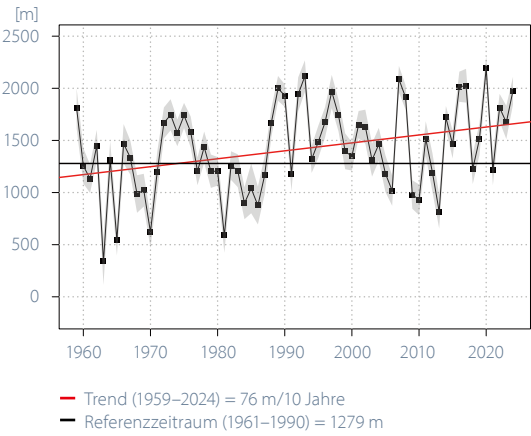


Besonders die warmen Jahreszeiten Frühling (83 m/10 Jahre) und Sommer (92 m/10 Jahre) zeigen ein ähnliches Muster wie die Entwicklung der Jahreswerte (77 m/10 Jahre) in Abbildung 5.13, mit der Beschleunigung des Trends ab etwa 1990. Die linearen Trends der Herbstsaison (52 m/10 Jahre) und der Wintersaison (76 m/10 Jahre) sind hingegen statistisch nicht signifikant.

	Winter (DEZ, JAN, FEB)	Frühling (MÄR, APR, MAI)	Sommer (JUN, JUL, AUG)	Herbst (SEP, OKT, NOV)
Minima in m (Jahr)	341 m (1963)	1473 m (1962)	3106 m (1977)	1535 m (1974)
Maxima in m (Jahr)	2191 m (2020)	2619 m (2007)	3962 m (2022)	3380 m (2018)

Tabelle 5.3
Saisonale Minima und Maxima der Nullgradgrenze in den jeweiligen Zeitreihen.

Winter



Frühling

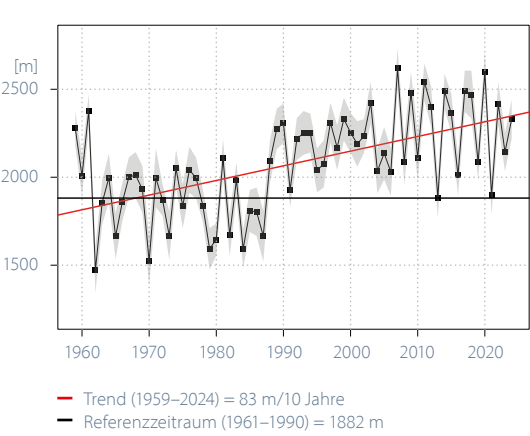
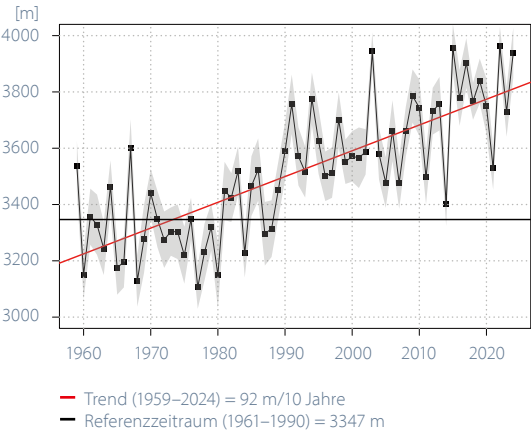
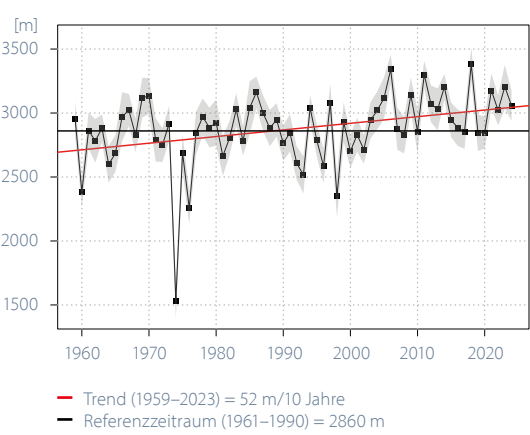


Abbildung 5.14
Saisonale Medianwerte der Nullgradgrenze über den Zeitraum 1959–2024. Die schwarze Linie zeigt die saisonalen Medianwerte für die Referenzperiode 1961–1990. Die rote Linie zeigt den linearen Trend über die gesamte Zeitreihe. Der graue Bereich um den Median entspricht der Messunsicherheit.

Sommer



Herbst

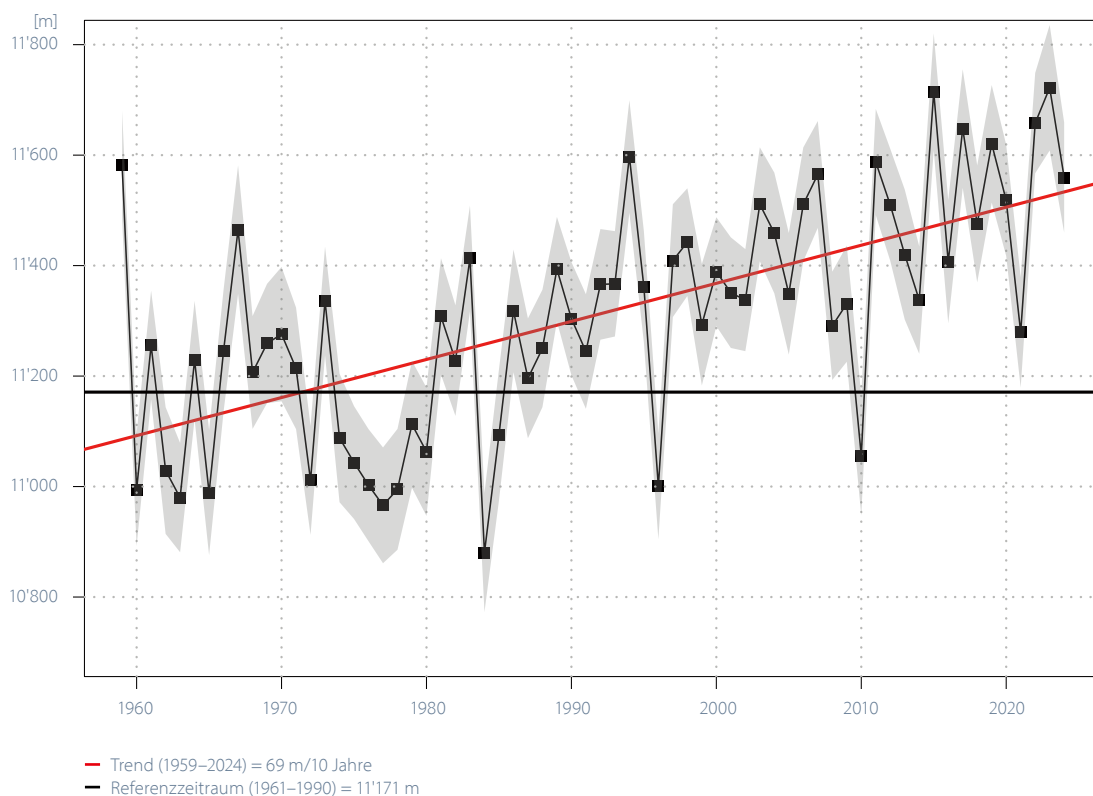


Tropopausenhöhe

Die Höhe der Tropopause wird nach der WMO-Definition der thermischen Tropopause [27] aus dem Temperaturprofil auf Grundlage der Ballonsondierungen in Payerne berechnet. Die in Abbildung 5.15 dargestellten Jahreswerte werden ausgehend vom jährlichen Medianwert bestimmt, der über alle Tropopausenhöhen (zwei pro Tag) für jedes Jahr seit 1959 berechnet wurde. Wie die Nullgradgrenze zeigt auch die Tropopausenhöhe einen steigenden Trend über den gesamten Zeitraum 1959–2024 (rote Linie). Der graue Bereich entspricht der Unsicherheit der Jahresmedianwerte. Die horizontale schwarze Linie zeigt als Referenzwert den Median aller Jahreswerte über den Referenzzeitraum 1961–1990.

Im Jahr 2024 erreichte die Tropopause eine mittlere Höhe von 11'560 m. Das ist 389 m höher als der Median über die Referenzperiode (11'171 m) und 162 m tiefer als der Vorjahreswert. Die mittlere Jahreshöhe von 2023 entspricht dem bisherigen Rekord. Der Wert von 2024 liegt nahe an der Regressionslinie, die den linearen Anstieg der Tropopausenhöhe seit 1959 mit einer Steigung von 69 m pro zehn Jahre zeigt. Die lineare Höhenzunahme der Tropopause ist statistisch signifikant, und dies trotz der starken Jahr-zu-Jahr-Variabilität und deutlichen Ausbrüchen nach unten wie in den Jahren 1984 (absolutes Minimum von 10'880 m), 1996 und 2010. Im Allgemeinen stimmt dieser Trend mit der Entwicklung der Nullgradgrenze überein (Abbildung 5.13).

Abbildung 5.15
Jahresmedianwert der Tropopausenhöhe 1959–2024, die aus den täglichen Ballonsondierungen der aerologischen Station Payerne bestimmt werden. Die schwarze Linie zeigt den Median für die Referenzperiode 1961–1990 (11'171 m). Der graue Bereich um den Median entspricht der Messunsicherheit.



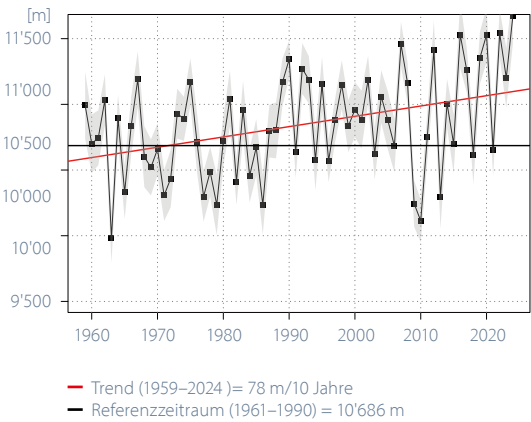
Die Tropopausenhöhe nahm insbesondere ab 1990 deutlich zu. Ein ähnliches Bild zeigt sich in den saisonalen Trends in Abbildung 5.16. Im Frühjahr (März, April, Mai) und Sommer (Juni, Juli, August) überschreiten die Jahreswerte etwa ab 1990 fast durchgehend den Median der Referenzperiode 1961–1990 (10'584 m resp. 11'673 m). Wie bei der Nullgradgrenze sind auch die Trends der Tropopausenhöhe im Winter (Dezember, Januar, Februar) und Herbst (September, Oktober, November) etwas

schwächer. Im Winter ist die Zunahme dennoch signifikant. Nur der Herbst zeigt keinen klaren Trend, die Jahreswerte schwanken um den Median der Referenzperiode. Tabelle 5.4 zeigt die absoluten Extreme der saisonalen Reihen seit 1959 und den Rekord aus dem Winter 2023/24.

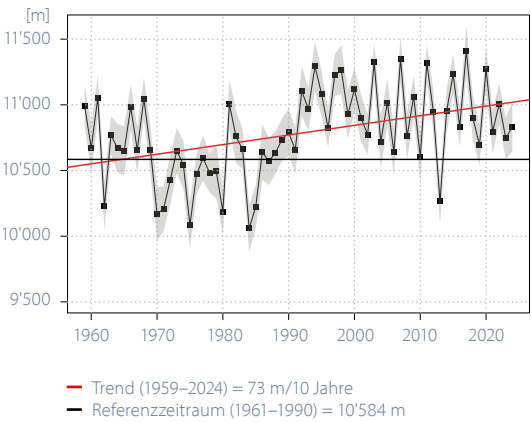
	Winter (DEZ, JAN, FEB)	Frühling (MÄR, APR, MAI)	Sommer (JUN, JUL, AUG)	Herbst (SEP, OKT, NOV)
Minima in m (Jahr)	9982 m (1963)	10'060 m (1984)	11'178 m (1977)	10'599 m (1974)
Maxima in m (Jahr)	11'672 m (2024)	11'410 m (2017)	12'413 m (2003)	12'328 m (1970)

Tabelle 5.4
Saisonale Minima und Maxima der Tropopausenhöhe in den jeweiligen Zeitreihen.

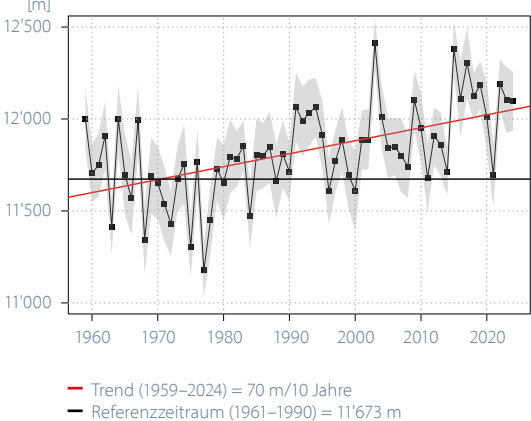
Winter



Frühling



Sommer



Herbst

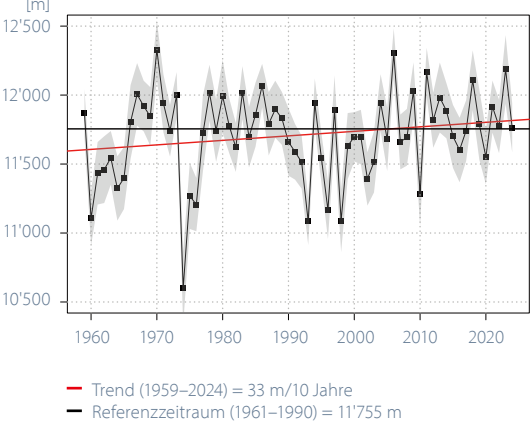


Abbildung 5.16
Saisonale Medianwerte der Tropopausenhöhe über den Zeitraum 1959–2024. Die schwarze, horizontale Linie zeigt die saisonalen Medianwerte für die Referenzperiode 1961–1990, die rote Linie zeigt den linearen Trend über die gesamte Zeitreihe. Der graue Bereich um den Median entspricht der Messunsicherheit.

Temperaturrende auf verschiedenen Druckniveaus

Die Zunahme der Konzentration des Treibhausgases CO_2 in der Troposphäre, die Abkühlung der Stratosphäre und die Abnahme der Ozonkonzentration in der Stratosphäre hängen eng zusammen [28]. Auch chemische Reaktionen in der Atmosphäre haben einen grossen Einfluss auf das Klima. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), ultraviolette Strahlung, Ozon in der unteren Stratosphäre und Treibhausgase in der Troposphäre spielen eine Schlüsselrolle für das thermische Gleichgewicht auf verschiedenen atmosphärischen Niveaus.

Abbildung 5.17 zeigt Temperaturrende relativ zum Median der Referenzperiode 1961–1990 auf acht Druckniveaus (vier in der Troposphäre und vier in der unteren Stratosphäre). Der kontinuierliche Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Troposphäre und teilweise auch in der Stratosphäre [29] seit den 1980er-Jahren dominiert die allgemeinen Temperaturrende. Er führt in der unteren Troposphäre zu wärmeren Temperaturen mit etwa $0,45^\circ\text{C}$ pro Jahrzehnt. Mit zunehmender Höhe bis zur Tropopause (ungefähr 200 hPa) nimmt der Temperaturrend allmählich ab und kehrt oberhalb der Tropopause um ($-0,47^\circ\text{C}$ pro Jahrzehnt auf einer Höhe von 20 hPa).

Die Temperaturreihen in der Troposphäre und der Stratosphäre lassen sich zeitlich in zwei Teile mit unterschiedlich starken Trends einteilen. In der Troposphäre zeigt die Temperatur zwischen 1959 und 1990 keinen Trend. Im Zeitraum zwischen 1980 und 2023 hingegen widerspiegelt die Temperaturentwicklung den starken Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen, der in den letzten vierzig Jahren stattgefunden hat, und möglicherweise weitere verstärkende Effekte wie abnehmende Aerosolkonzentrationen, weniger Bewölkung, usw.

Auch in der Stratosphäre lassen sich zwei Trends ausmachen [30]: ein negativer Trend auf allen Ebenen zwischen 1959 und 1990 und eine allgemeine Abflachung ab den 1990er Jahren, die vor allem auf den höchstgelegenen Druckniveaus sichtbar wird. Der negative Trend im Zeitraum 1959–1990 ist hauptsächlich auf den Abbau der Ozonschicht zurückzuführen, der zu einer Abkühlung der Stratosphäre führt.

Die ab 1990 beobachtete Seitwärtsentwicklung lässt sich durch den Rückgang der FCKW-Konzentration in der unteren Stratosphäre nach dem Übereinkommen von Montreal 1987 erklären (Protokoll zur Verringerung und Beseitigung von Stoffen, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen). In der Folge kam es ab 1990 zu einer Stabilisierung der Ozonkonzentration, die eine Erwärmung der unteren Stratosphäre durch direkte Absorption der ultravioletten Strahlung bewirkte.

Die Abbildung 5.17 zeigt, dass knapp oberhalb der Tropopause auf den Druckniveaus 200 hPa und 100 hPa der starke Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Troposphäre die Erholung der Ozonschicht ausgleicht und eine allgemeine Abkühlung im gesamten Zeitraum 1959–2024 bewirkt. Die Abweichungen im Jahr 2024 passen alle gut zum langfristigen Trend.

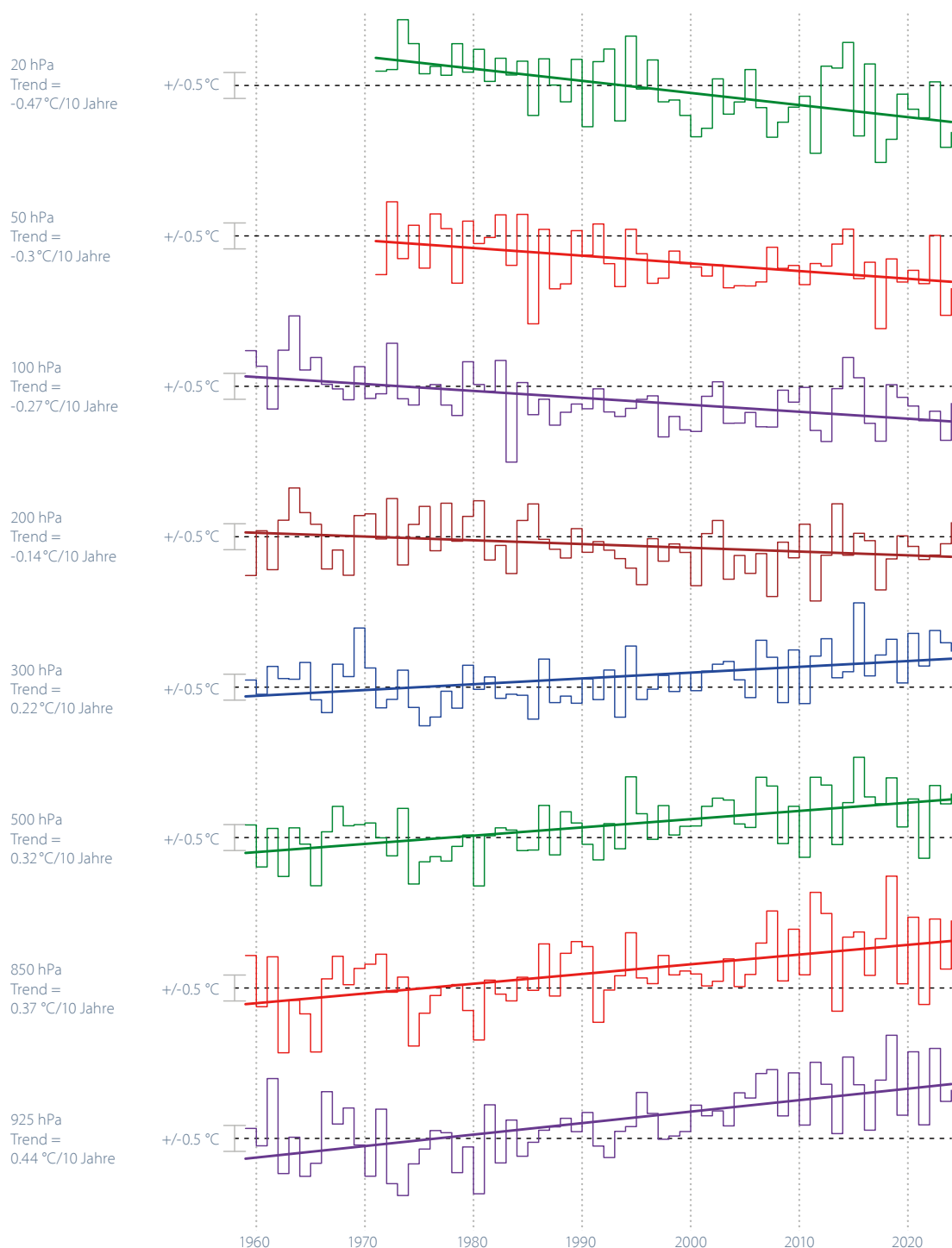


Abbildung 5.17

Trends der Temperatur im Zeitraum 1959–2024, gemessen mittels Ballonsondierungen über der Schweiz. Die Temperaturabweichung vom Median der klimatologischen Referenzperiode 1961–1990 wird für acht Druckniveaus dargestellt (vier in der Troposphäre und vier in der unteren Stratosphäre).

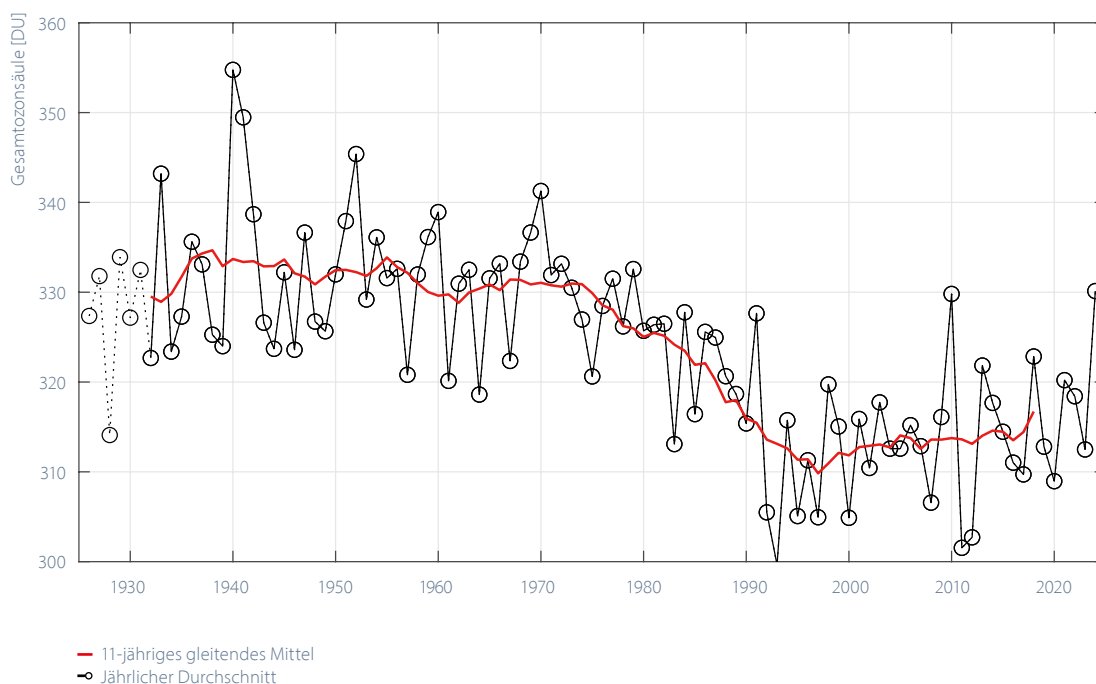
5.1.3 Zusammensetzung der Atmosphäre

Ozonmessreihe Arosa und Davos

Mit den in Arosa und Davos durchgeführten Messungen verfügt die Schweiz über die weltweit längste Messreihe für das atmosphärische Gesamttozon. Seit Beginn der Messungen im Jahr 1926 bis etwa 1970 lieferten diese Messungen einen Langzeit-Mittelwert von 331,4 DU (Dobson-Einheiten). Zwischen 1975 und 1995 zeigten die Messungen eine erhebliche Abnahme des Gesamttozons um etwa 15 DU. Die kontinuierliche Abnahme des Gesamttozons über Arosa/Davos setzte in den 1970er Jahren ein. Genau in diese Zeit fällt die stark erhöhte Freisetzung ozonschädlicher Stoffe. In den vergangenen Jahren ist eine Stabilisierung des Gesamttozons zu beobachten, wobei der Mittelwert zwischen 1995 und heute im Bereich von 310–315 DU liegt.

Die Jahre 2010, 2013, 2018 und 2021 weisen Mittelwerte von über 320 DU (330, 322, 323 bzw. 320,2 DU) auf, während die Mittelwerte der Jahre 2011 und 2012 nahe bei 300 DU (302 resp. 303 DU) liegen. Dies verdeutlicht die starken Schwankungen, denen das Gesamttozon von Jahr zu Jahr unterworfen ist. Das Jahr 2024 weist einen Durchschnittswert von 330 DU auf, was für den aktuellen Zeitraum besonders hoch ist und mit dem Ozonwert zwischen 1926 und 1970 (und dem Durchschnitt über das Jahr 2010) vergleichbar ist. Der Trend ist zwar nicht signifikant, es gibt aber Anzeichen einer langsamen Erholung der Ozonsäule über Arosa und Davos.

Abbildung 5.18
Gesamttozonsäule in Arosa zwischen 1926 und 2024. Die Messungen ab 1932 werden im Rahmen eines regelmässigen Programms durchgeführt. Beobachtungen mit unregelmässiger Grundlage zwischen 1926 und 1931 sind durch eine gestrichelte Linie markiert. Die rote Linie stellt den gleitenden Durchschnitt über einen vollständigen Sonnenzyklus dar. 100 Dobson-Einheiten (DU) = 1 mm reines Ozon bei 1013 hPa und 0°C.



Ozonmessungen Payerne

Seit 1968 wird die Ozonkonzentration mit Ballonsonden von der Aerologischen Station von MeteoSchweiz in Payerne aus gemessen. Die älteren Messungen (1966–1968) stammen von der ETH Zürich. Dank dieser lückenlosen Messreihe ist es möglich, die zeitliche Entwicklung des Ozongehalts verschiedener Schichten der Atmosphäre zu bestimmen. In der folgenden Abbildung sind drei verschiedene Höhenstufen (3, 22 und 27 km) als Beispiel dargestellt.

Wie aus den drei horizontalen Linien ersichtlich ist, hat sich das Ozon seit den frühen 2000er-Jahren nicht wesentlich verändert. Für die Jahre vor 2000 wurde in der Stratosphäre ein Rückgang des Ozons beobachtet (veranschaulicht durch die Werte auf 22 km und 27 km Höhe), während in der Troposphäre ein Anstieg des Ozons beobachtet wurde (hier durch den Wert auf 3 km Höhe veranschaulicht).

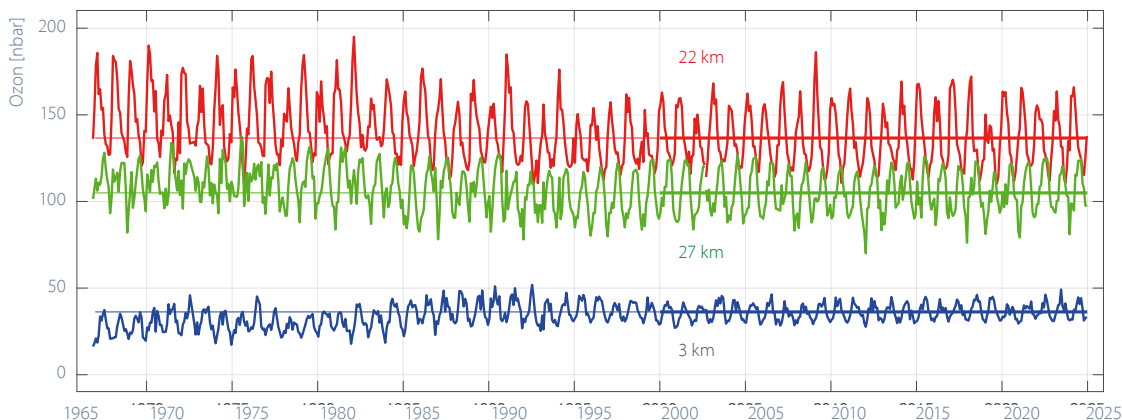


Abbildung 5.19
Monatliche Ozonkonzentration auf drei verschiedenen Höhen für die Periode 1967–2024 (rot: 22 km, grün: 27 km, blau: 3 km). Die Ozonkonzentration ist als Partialdruck in Nanobar (nb) angegeben.

Pollenintensität

Die Intensität der Pollensaison ändert sich von Jahr zu Jahr und kann einmal sehr stark oder auch sehr schwach sein. Dies hat Auswirkungen auf die Stärke der Heuschnupfensymptome von Personen mit Pollenallergie.

Bei der Birke hängt die Intensität der Pollensaison einerseits vom Wetter des Vorjahres ab, da die Blütenkätzchen schon im Sommer des Vorjahres angelegt werden. Warmes Wetter begünstigt die Anlage einer grösseren Zahl von Blütenkätzchen. Weiter hängt die Intensität auch vom Wetter während der Blütezeit und von der Pflanzenphysiologie ab, denn Birken zeigen eine Tendenz zu einem zweijährigen Blürrhythmus. Bei den Gräserpollen wird die Intensität der Saison hauptsächlich vom Wetter während der Blütezeit der Gräser bestimmt.

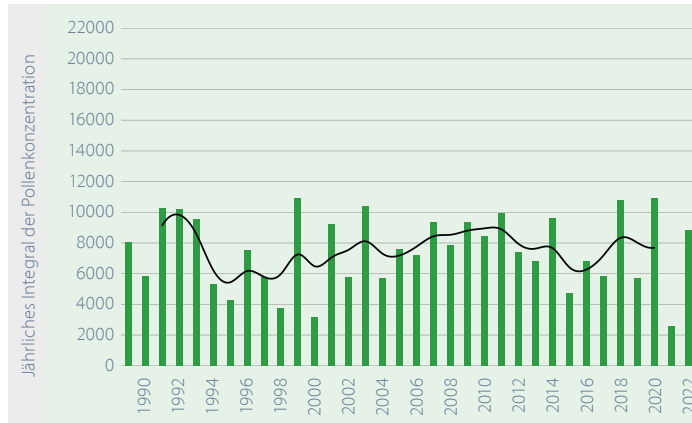
i

Der Wechsel von der manuellen zur automatischen Pollenmessung am 1. Januar 2023 führte zu Unterschieden in den Messresultaten der täglichen Pollenkonzentration. Deshalb ist momentan der Vergleich der Stärke des aktuellen Pollenflugs mit vergangenen Jahren nur bedingt möglich. Die Grafiken zur Pollenintensität werden aus diesem Grund nicht mehr aufdatiert, bis die Datenreihen am Übergang zur automatischen Messung homogenisiert sind.

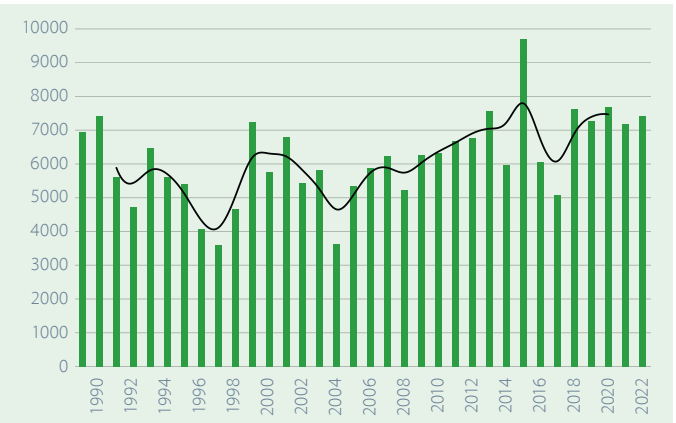
Abbildung 5.20

Intensität des Pollenflugs der Birken (links) und der Gräser (rechts) in den Regionen der Alpennordseite von 1989–2022 und im Tessin von 1991–2022. Das jährliche Pollenintegral ist die Summe der täglichen Pollenkonzentrationen. Die schwarze Linie zeigt das 5-jährige gewichtete Mittel. Diese Grafik wird bis zur Homogenisierung am Übergang zu den automatischen Messungen nicht aufdatiert.

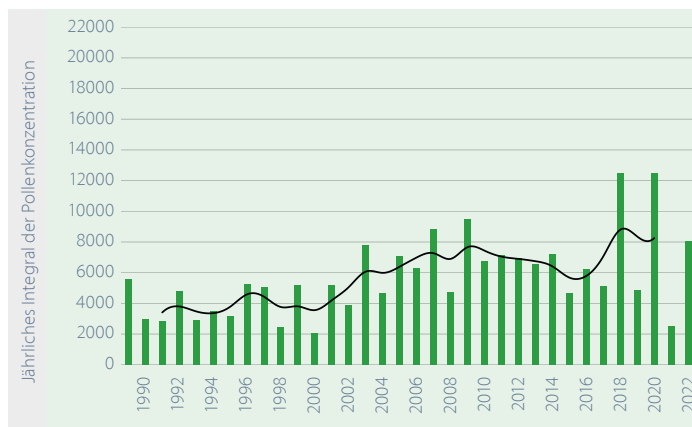
Birke Zentral- und Ostschweiz



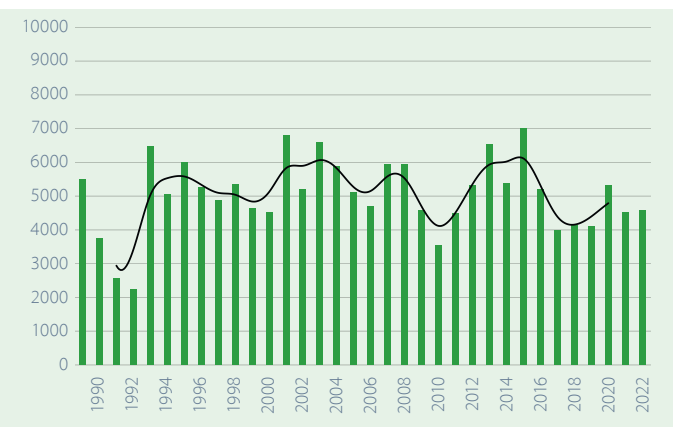
Gräser Zentral- und Ostschweiz



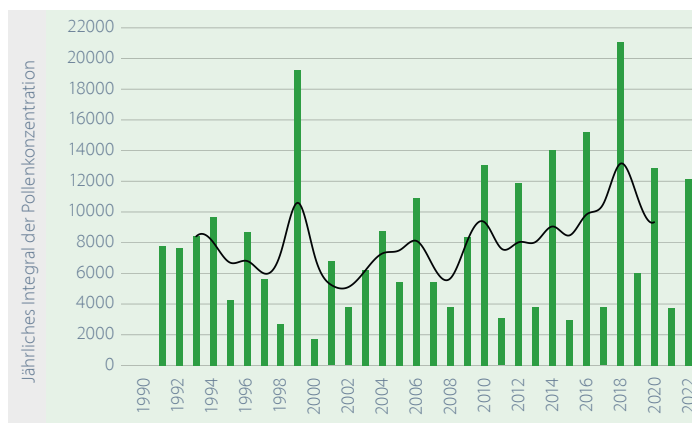
Birke Westschweiz



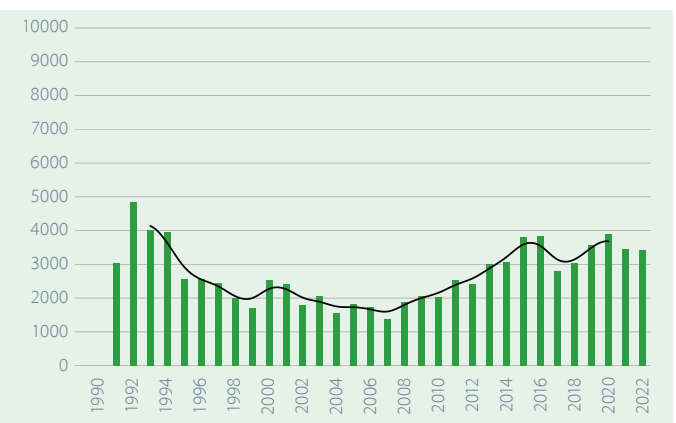
Gräser Westschweiz



Birke Tessin



Gräser Tessin



5.2 Landoberfläche

Neuschneesummen

Die milden Wintertemperaturen sorgten in tiefen und mittelhohen Lagen für einen schneearmen Winter. Besonders am Messstandort Einsiedeln blieben die Neuschneesummen deutlich unter dem langjährigen Mittel über die Referenzperiode 1961–1990. Insgesamt fielen in Einsiedeln 126 cm Neuschnee über das gesamte Winterhalbjahr. Der Referenzwert für diesen Standort liegt bei 341 cm. In Luzern kamen 36 cm zusammen. Im Zeitraum 1961–1990 waren hier im Durchschnitt 83 cm zu erwarten.

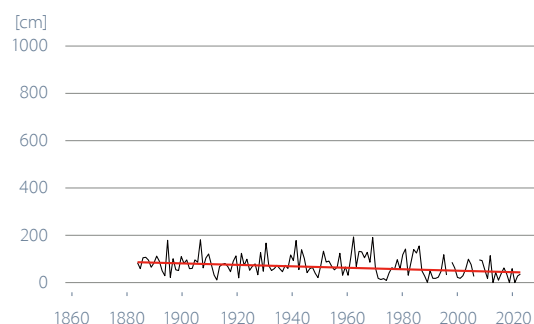
Mehr Neuschnee als in der Referenzperiode 1961–1990 gab es in höheren Lagen, z.B. in Arosa mit 670 cm. Hier liegt der Referenzwert bei 631 cm. Deutlich mehr Schnee als

gewohnt erhielt der Messstandort Segl-Maria mit 516 cm (Referenz: 312 cm).

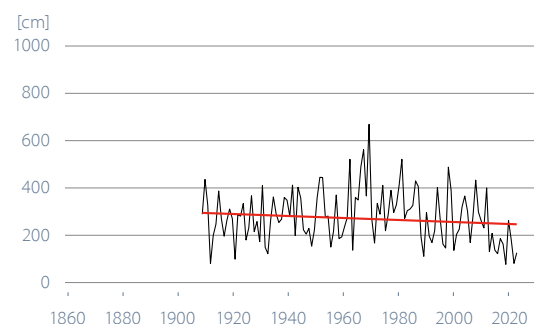
Bei den Neuschneesummen im Winterhalbjahr ist an den Messstandorten Segl-Maria, Arosa und Einsiedeln kein signifikanter Trend feststellbar. Diese drei Messreihen zeigen grosse Schwankungen von Jahr zu Jahr. In Luzern ist eine signifikante Abnahme von 3,0 cm pro Jahrzehnt zu beobachten. Dabei ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die täglichen und monatlichen Schneeaufzeichnungen nicht in Form homogener Daten verfügbar sind.

Abbildung 5.21
**Neuschneesummen
in cm im Winterhalb-
jahr ab Messbeginn bis
2024 an den Messstatio-
nen Luzern, Einsiedeln,
Arosa und Segl-Maria.**

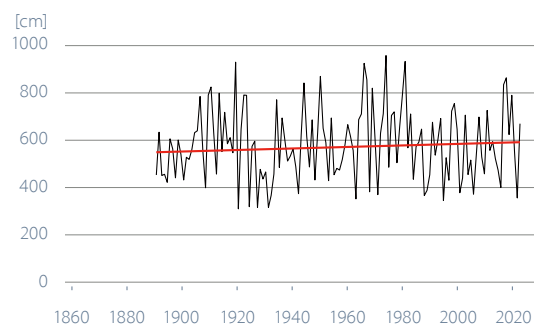
Luzern 454 m ü. M.



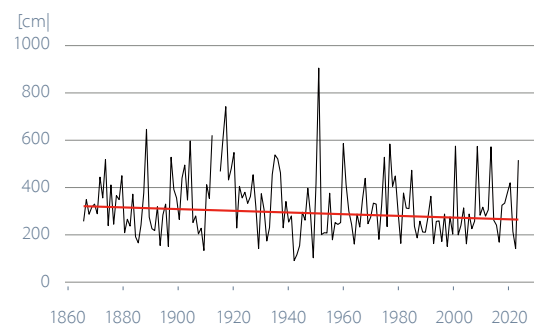
Einsiedeln 910 m ü. M.



Arosa 1840 m ü. M.



Segl-Maria 1798 m ü. M.



Datenquelle Arosa: MeteoSchweiz/Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.

Tage mit Neuschnee

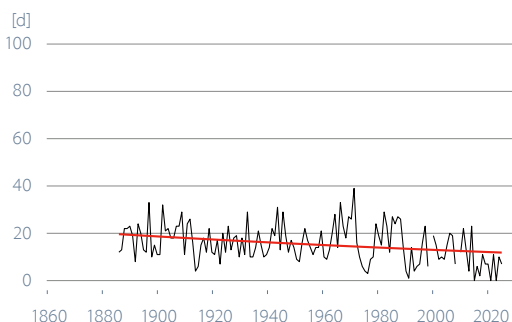
Passend zu den Neuschneesummen waren auch die Anzahl Tage mit Neuschnee im Winterhalbjahr in Einsiedeln und Luzern unter dem langjährigen Durchschnitt der Periode 1961–1990. In Einsiedeln schneite es an insgesamt 17 Tagen (Referenz: 46 Tage), in Luzern kamen sieben Neuschneetage zusammen (Referenz: 18 Tage). Überdurchschnittlich viele Tage mit Schneefall gab es dagegen in Arosa mit 80 Tagen (Referenz: 71) und in Segl-Maria mit 51 Tagen (Referenz: 42 Tage).

Die Messreihe Arosa weist einen signifikanten Trend zu mehr Tagen mit Neuschnee auf. Er beträgt +1,5 Tage pro Jahrzehnt. Luzern zeigt demgegenüber mit -0,6 Tagen pro

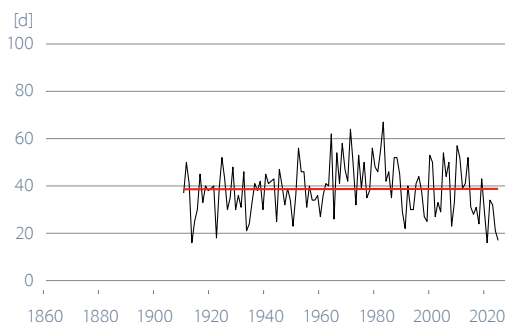
Jahrzehnt einen schwächeren, aber signifikanten Trend zu weniger Tagen mit Neuschnee. An den beiden Messstandorten Einsiedeln und Segl-Maria ist kein signifikanter Trend zu beobachten. Auch hier ist darauf hinzuweisen, dass die täglichen und monatlichen Schneeaufzeichnungen nicht in Form homogener Daten verfügbar sind.

Die Klimaszenarien CH2018 erwarten einen deutlichen Rückgang der Schneedecke bis 2060 [20]. Auf einer Höhe zwischen 500 und 1000 m ü. M. ist mit einer Reduktion der Gesamtschneemenge um etwa 50% zu rechnen. Darunter ist die zu erwartende relative Abnahme noch grösser.

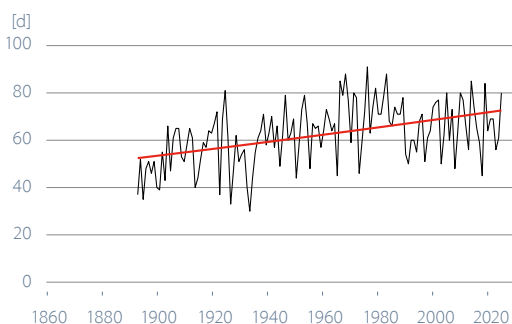
Luzern 454 m ü. M.



Einsiedeln 910 m ü. M.



Arosa 1840 m ü. M.



Segl-Maria 1798 m ü. M.

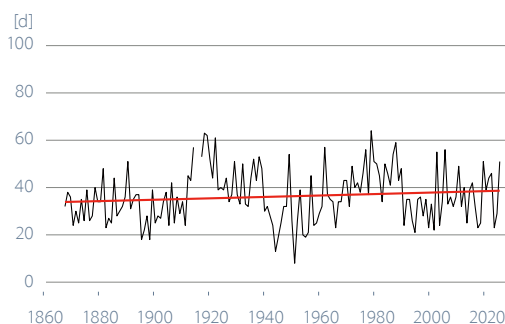


Abbildung 5.22

Anzahl Tage mit Neuschnee im Winterhalbjahr ab Messbeginn bis 2024 an den Messstationen Luzern, Einsiedeln, Arosa und Segl-Maria.

Frühlingsindex

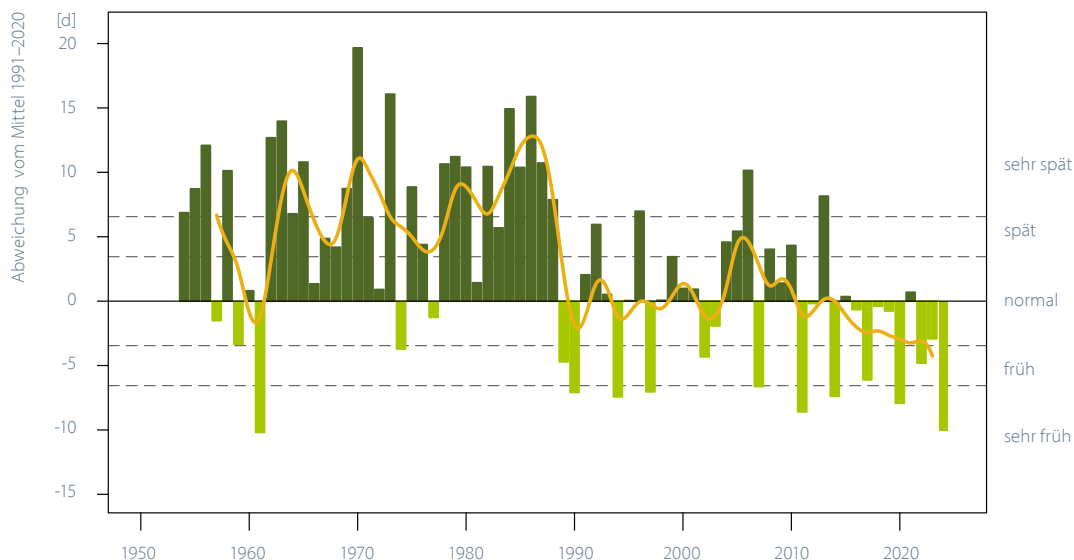
Der Frühlingsindex zeigt den Zeitpunkt der Vegetationsentwicklung im Frühling als Abweichung in Tagen vom langjährigen Mittel 1991–2020. Der jährlich ermittelte Index fasst die phänologischen Frühlingsphasen zusammen. Die Vegetationsentwicklung im Frühling ist hauptsächlich vom Gang der Winter- und Frühlingstemperatur abhängig [31].

Die Frühlingsvegetation 2024 entwickelte sich so früh wie erst einmal seit dem Beginn der phänologischen Beobachtung. Sie hatte einen Vorsprung von zehn Tagen auf das langjährige Mittel von 1991–2020. Erste Haselsträucher blühten Anfang Januar. Verbreitet blühte die Hasel jedoch ab dem 24. Januar mit einem Vorsprung von drei Wochen auf das Mittel. Huflattich, Buschwindröschen, Löwenzahn und die Obstbäume blühten noch nie so früh wie in diesem Jahr. Einzig im Jahr 1961 wurde

eine ähnlich frühe Blüte der Kirsch- und Apfelbäume beobachtet. Die Obstbaumbüte begann in der letzten Märzdekade und hatte einen Vorsprung von 14–15 Tagen auf das Mittel von 1991–2020 und sogar von 22–25 Tagen auf das Mittel von 1961–1990. Die Blattentfaltung wurde in der zweiten Aprilhälfte durch tiefe Temperaturen gebremst. Die Blattentfaltung von Rosskastanie und Hasel und der Nadelaustrieb der Lärche hatte einen Vorsprung von 7–9 Tagen auf das Mittel, während die Buche nur noch vier Tage vor dem mittleren Termin austrieb.

Parallel zu den höheren Winter- und insbesondere höheren Frühlingstemperaturen ab Mitte der 1980er Jahre zeigt der Frühlingsindex ab der zweiten Hälfte der 1980er Jahre eine gleichsam sprunghafte Verschiebung zu einer früheren Vegetationsentwicklung im Frühling.

Abbildung 5.23
Jährlicher Stand der gesamtschweizerischen Vegetationsentwicklung (Frühlingsindex) 1954–2024 dargestellt als Abweichung in Tagen vom langjährigen Durchschnitt der Periode 1991–2020. Die ausgezogene Linie zeigt das 5-jährige gewichtete Mittel, dunkelgrün sind Jahre mit späterer, hellgrün Jahre mit früherer Vegetationsentwicklung.



Kirschblüte Liestal und Blattaussbruch Rosskastanie Genf

Seit 1894 werden in der Nähe von Liestal, in Liestal-Weideli, die Eintrittsdaten der Blüte eines Kirschbaums registriert. In der Messreihe lässt sich ab etwa 1990 ein Trend zu früheren Eintrittsterminen feststellen. Der Eintrittstermin am 20. März 2024 fand 13 Tage früher statt als im Mittel der Periode 1991–2020, bedingt durch die über dem Durchschnitt liegende Temperatur im Februar und März. Im Vergleich mit der gesamten Messperiode lag der diesjährige Termin 21 Tage vor dem mittleren Datum und ist der 5. früheste Termin aller Jahre.

Von grosser Bedeutung ist auch die seit 1808 existierende historische Beobachtungsreihe des Zeitpunkts des Blattausschlags der Rosskastanie in Genf. Dies ist die längste phänologische Reihe der Schweiz. Ab etwa 1900 ist ein deutlicher Trend zu früheren Eintrittsterminen ersichtlich. Im Jahr 2024 fand der Blattausschlag der Rosskastanie am 3. März statt. Der Blattausschlag der Rosskastanie wird sehr stark durch die Temperatur beeinflusst, aber auch andere Faktoren wie das Baumalter oder das Stadtklima können eine Rolle spielen. Der Grund für die seit mehreren Jahren wieder späteren Eintrittstermine ist noch unbekannt.

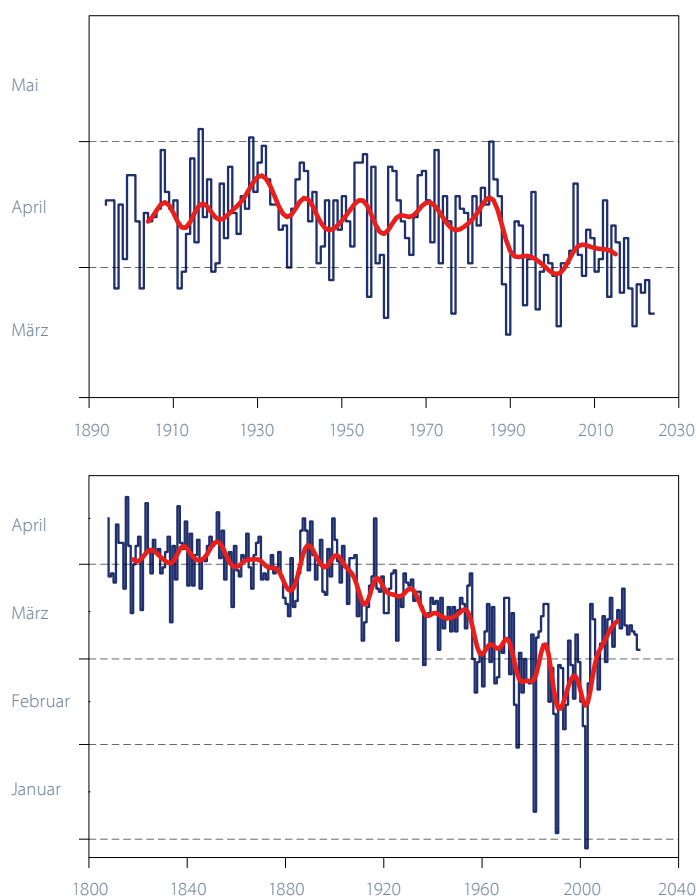


Abbildung 5.24

**Blüte des Kirschbaums bei Liestal
1894–2024 (oben) und Blattauss-
bruch der Rosskastanie in Genf
1808–2024 (unten).**

 Datenquelle der Kirschblüte Liestal: Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain, Sissach und MeteoSchweiz

 Datenquelle des Blattausschlags der Rosskastanie Genf: Grand Conseil de la République et canton de Genève





5.3 Datengrundlagen und Methoden

Ausgewählte Klimaindikatoren nach WMO

Die Klimaindikatoren nach WMO werden nach den Regeln und der offiziellen Software des WMO Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) berechnet [11]. Eingangsgrössen sind homogenisierte Reihen ab 1959.

Temperatur

Aufgrund der unterschiedlichen Temperaturregimes auf kleinem Raum (tiefere Temperaturen in Berglagen, höhere Temperaturen im Flachland), wird die Temperaturentwicklung in der Schweiz idealerweise nicht mit absoluten Temperaturen, sondern als Abweichung zum langjährigen Referenzwert (1961–1990) dargestellt. Das Schweizer Temperaturmittel beschreibt die im Mittel über die gesamte Fläche und die verschiedenen Höhenlagen der Schweiz gemessene Temperatur. Die Daten verschiedener Messstationen aus dem Schweizer Klimanetzwerk (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [1]) werden dazu entsprechend ihrer Repräsentativität kombiniert.



[Weitere Informationen](#)

Niederschlag

In der Schweiz stehen sich das nordalpine und das süd-alpine Niederschlagsregime gegenüber, beide mit ihren ganz spezifischen Eigenheiten in der langfristigen Niederschlagsentwicklung. Die Darstellung einer gesamtschweizerischen Niederschlagskurve kann diese wesentlichen regionalen Unterschiede verschleiern. Deshalb wird in diesem Bericht eine Differenzierung zwischen nordalpiner und südalpiner Niederschlagsentwicklung vorgenommen. Eine gesamtschweizerische Niederschlagsentwicklung wird nicht aufgeführt. Die Analysen basieren auf zwölf homogenen Messreihen [32] aus dem Schweizer Klimanetzwerk (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [1]).

Tage mit starkem Niederschlag

Der hier verwendete Begriff «starker Niederschlag» auf der Basis der Schwelle ≥ 20 mm darf nicht gleichgestellt werden mit seltenen Extremniederschlägen. Ein Tagesniederschlag von 20 mm wird an in den meisten Gebieten der Schweiz jedes Jahr mehrmals registriert. Es handelt sich dabei also um ein häufiges Ereignis. Selten ist ein Niederschlagsereignis, welches nur noch etwa alle zehn Jahre oder seltener zu erwarten ist. In Bern ist dies ab rund 65 mm, in Sion ab 50 mm, in Davos ab 70 mm und in Lugano ab 130 mm Tagesniederschlag der Fall. Der Nachweis von Trends bei Extremereignissen stösst jedoch auf Grund ihrer Seltenheit an grundsätzliche Grenzen. Je seltener Ereignisse sind, umso schwieriger ist es, einen Trend nachzuweisen [33]. Ausführliche Informationen zu seltenen Starkniederschlägen sind zu finden unter:



[Weitere Informationen](#)

Niederschlag der sehr nassen Tage

Ein Tag gilt als sehr nass, wenn seine Niederschlagssumme grösser ist als die im langjährigen Durchschnitt 18 (5 %) nassesten Tage im Jahr. Als Referenzperiode gelten die Jahre 1961–1990. Dargestellt wird die Gesamtmenge des Niederschlags pro Jahr, welche während der sehr nassen Tage gefallen ist.

Trockenheitsindex

Die Indizes SPI (standardized precipitation index, [34]) und SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index, [35]) zeigen die Abweichungen vom mittleren Niederschlag und der mittleren klimatischen Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung) an. Positive Werte bedeuten feuchtere und negative Werte trockenere Bedingungen als im Mittel.

Der SPI ist ein Mass für die Niederschlagsanomalie über eine bestimmte Zeitbasis (typischerweise 1–48 Monate) und wird aus monatlichen Niederschlagssummen berechnet. Die kumulierten Niederschläge der vergangenen (1–48) Monate werden dabei mit den entsprechenden Niederschlagssummen zum gleichen Zeitpunkt in der Vergangenheit verglichen. Dafür wird die Verteilung

dieser Niederschlagssummen in eine Standardnormalverteilung um Null transformiert. Der so transformierte Wert einer bestimmten Niederschlagssumme ist der SPI-Wert.

Der SPEI wird analog zum SPI berechnet, anstelle der Niederschlagssummen über eine bestimmte Zeitdauer wird aber die klimatische Wasserbilanz benutzt. Die klimatische Wasserbilanz entspricht dem Niederschlag abzüglich der potenziellen Evapotranspiration. Der SPEI ist also die auf Standardnormalverteilung transformierte Wasserbilanz.

Entsprechend der Definition der Standardnormalverteilung entsprechen Bedingungen mit einem SPI/SPEI von weniger als -1 einer Häufigkeit von gut 15 %, solche mit einem Wert unter -2 einer von gut 2 %. Entsprechend kann die Trockenheit oder der Wasserüberschuss mit den Indizes in folgende Klassen eingeteilt werden:

	SPEI	$\leq -2,0$	extrem trocken
-2,0	<SPEI	$\leq -1,5$	sehr trocken
-1,5	<SPEI	$\leq -1,0$	trocken
-1,0	<SPEI	$< 1,0$	normal
1,0	$\leq$ SPEI	$< 1,5$	nass
1,5	$\leq$ SPEI	$< 2,0$	sehr nass
	SPEI	$\geq 2,0$	extrem nass

Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre

Unter normalen atmosphärischen Bedingungen nimmt die Lufttemperatur von der Erdoberfläche aus mit zunehmender Höhe ab. Ist die Temperatur am Boden positiv, so befindet sich in der Höhe eine Fläche, auf welcher die Temperatur 0°C beträgt. Über dieser Fläche nimmt die Temperatur negative Werte an. Die jeweilige Höhe, auf welcher sich die Grenze zwischen positiven und negativen Temperaturen befindet, nennen wir die Höhe der Nullgradgrenze. Bei Inversionen bei denen die Nullgradgrenze zweimal oder gar dreimal durchschnitten wird, wird laut WMO Richtlinien in der Regel der oberste Schnittpunkt als effektive Höhe der Nullgradgrenze genommen.

Um auch bei negativen Temperaturen am Boden vergleichbare Zahlen über die Höhe der Nullgradgrenze zu erhalten, wird bei solchen Wetterlagen ein theoretischer Wert ermittelt. Von der in der Sondierung angegebenen Bodentemperatur wird eine fiktive unter der Erdoberfläche gelegene Höhe, beziehungsweise Tiefe der Null-

gradgrenze errechnet, indem ein mittlerer vertikaler Temperaturgradient von 0,5 °C pro 100 m angenommen wird.

Auf diese Weise ergeben sich Nullgradgrenzen, welche unter der Oberfläche, bei Bodentemperaturen von -2,5 °C oder tiefer, sogar unter dem Meeres Niveau liegen und somit negativ sind [36]. Die Höhe der Nullgradgrenze ist im Bericht jedes Radiosonden-Aufstieges enthalten. Aus diesen Werten werden Monatsmittel errechnet, welche dann für die Berechnung von Klimatrends verwendet werden.

Tropopausenhöhe

Die Tropopausenhöhe entspricht dem tiefsten Niveau in der Atmosphäre, welches eine Abkühlungsrate von 2 °C oder weniger pro Kilometer zeigt (0,2 °C pro 100 m). Zusätzlich gilt die Bedingung, dass in einer 2 km dicken Schicht über diesem Niveau die Abkühlungsrate von 2 °C pro km nicht überschritten wird.

Vegetationsentwicklung

Die Beobachtung der einzelnen phänologischen Phasen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten begonnen. Phasen, die seit 1951 beobachtet werden, werden jeweils mit der Referenzperiode 1991–2020 verglichen. Phasen, die seit 1996 beobachtet werden, werden mit der Periode 1996–2020 verglichen. Zu Letzteren gehören insbesondere die Phasen zum Blühbeginn und jene zur Blattverfärbung von vielen Bäumen. Im Text ist jeweils erwähnt, auch welche Referenzperiode Bezug genommen wird.

Pollensaison und Pollenintensität

Der Wechsel von der manuellen zur automatischen Pollenmessung ab 1. Januar 2023 führte zu Unterschieden in den Messresultaten der täglichen Pollenkonzentration. Deshalb ist momentan der Vergleich der Stärke des aktuellen Pollenflugs mit vergangenen Jahren nur bedingt möglich. Die aktuelle Pollensaison (automatisch gemessen) wird mit dem 30-jährigen Mittel 1991–2020 (manuell gemessen) verglichen.

Die Grafiken der langfristigen Entwicklung des jährlichen Pollenintegrals (Pollen/m³ Tag) in Kapitel 5 werden nicht mehr erstellt, bis der Übergang zur automatischen Messung in den Datenreihen homogenisiert worden ist. Das jährliche Pollenintegral (Pollen/m³ Tag) berechnet sich aus der mittleren täglichen Pollenkonzentration pro m³ Luft, die für das ganze Jahr aufsummiert werden. Verwendete Pollenmessstationen für die Grafik «Pollenintensität»:

Zentral- und Ostschweiz:

- Basel
- Buchs/SG
- Luzern
- Münsterlingen
- Zürich

Westschweiz

- Bern
- Genf
- Neuchâtel

Tessin :

- Locarno
- Lugano

Neuschneesummen und Tage mit Neuschnee

Die täglichen und monatlichen Schneeaufzeichnungen sind nicht in Form homogener Daten verfügbar. Die Homogenisierung von Schneedaten konnte bisher noch nicht an die Hand genommen werden. Die Interpretation der Messreihen ist deshalb mit der gebotenen Vorsicht vorzunehmen.

Frühlingsindex

Der Stand der Vegetationsentwicklung wird mit Hilfe von phänologischen Phasen erfasst. Die Phänologie befasst sich mit den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Entwicklungserscheinungen in der Natur. Phänologische Beobachtungen werden an rund 160 Stationen verteilt über die ganze Schweiz durchgeführt. Für den Frühlingsindex werden rund 80 Stationen mit den längsten Messreihen verwendet.

Der hier verwendete Frühlingsindex wird auf der Basis der zehn folgenden phänologischen Phasen gebildet: Blüte des Haselstrauchs, Blüte des Huflattichs, Blüte des Buschwindröschens, Blattentfaltung der Rosskastanie, Blüte des Kirschbaums, Blattentfaltung des Haselstrauchs, Nadelaustrieb der Lärche, Blüte des Wiesenschaumkrauts, Blattentfaltung der Buche und Blüte des Löwenzahns.

Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse werden diese umfangreichen Beobachtungsdaten strukturiert, vereinfacht und zur Veranschaulichung zu einem gesamtschweizerischen Frühlingsindex zusammengefügt [31].

**Kirschblüte Liestal und Blattaussbruch
Rosskastanie Genf**

Datenquelle der Kirschblüte Liestal:

- Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain, Sissach
- MeteoSchweiz

Datenquelle des Blattausschlags der Rosskastanie Genf:

- Grand Conseil de la République et canton de Genève





Referenzen

- [1] Begert M., Seiz G., Foppa N., Schlegel T., Appenzeller C., Müller G., 2007: Die Überführung der klimatologischen Referenzstationen der Schweiz in das Swiss National Climatological Network (Swiss NBCN). Arbeitsbericht MeteoSchweiz, 215.
- [2] IPCC, 2013: Summary for Policymakers. 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 [Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [3] Collaud Coen M., Andrews E., Alastuey A., Arsov T. P., Backman J., Brem B. T., Bukowiecki N., Couret C., Eleftheriadis K., Flentje H., Fiebig M., Gysel-Beer M., Hand J. L., Hoffer A., Hooda R., Hueglin C., Joubert W., Keywood M., Kim J. E., Kim S.-W., Labuschagne C., Lin N.-H., Lin Y., Lund Myhre C., Luoma K., Lyamani H., Marinoni A., Mayol-Bracero O. L., Mihalopoulos N., Pandolfi M., Prats N., Prenni A. J., Putaud J.-P., Ries L., Reisen F., Sellegri K., Sharma S., Sheridan P., Sherman J. P., Sun J., Titos G., Torres E., Tuch T., Weller R., Wiedensohler A., Zieger P. and Laj P.: Multidecadal trend analysis of aerosol radiative properties at a global scale, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/acp-2019-1174>, in review, 2020.
- [4] Collaud Coen M., Weingartner E., Furger M., Nyeki S., Prévôt A. S. H., Steinbacher M. and Baltensperger U., 2011: Aerosol climatology and planetary boundary influence at the Jungfraujoch analyzed by synoptic weather types. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5931-5944, doi: 10.5194/acp-11-5931-2011.
- [5] WMO 2025: State of the Global Climate 2024, WMO-No. 1368, 42 p., <https://library.wmo.int/records/item/69455-state-of-the-global-climate-2024>.
- [6] Copernicus C3S, ECMWF: Global Climate Highlights 2024: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>.
- [7] NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2024, published online January 2025 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202413>.
- [8] Morice C.P., Kennedy J.J., Rayner N.A., Winn J. P., Hogan E., Killick R. E., Dunn R. J. H., Osborn T. J., Jones P. D. and Simpson I. R., 2020, An updated assessment of near-surface temperature change from 1850: the HadCRUT5 dataset. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* doi: 10.1029/2019JD032361 (supporting information).
- [9] MEI-Daten unter: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>.
- [10] WMO, 2003: GCOS-82. Second Report on the Adequacy of the Global Observing Systems for Climate in Support of the UNFCCC. WMO TD 1143.
- [11] Zwiers F.W., Zhang X., Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WMO/TD-No. 1500; WCDMP-No. 72: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=138.
- [12] World Meteorological Organization (WMO), WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO- No. 1203, <https://library.wmo.int/records/item/48826-guidelines-on-analysis-of-extremes-in-a-changing-climate-in-support-of-informed-decisions-for-adaptation>.
- [13] Swiss GCOS Office, Seiz G, Foppa N, National Climate Observing System, 2011: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/publikationen/wissenschaftliche-publikationen/2011/national-climate-observing-system-of-switzerland.html>.
- [14] WMO, Essential Climate Variables: <https://gcos.wmo.int/site/global-climate-observing-system-gcos/essential-climate-variables>.

- [15] Sommertag, Deutscher Wetterdienst DWD: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Sommertag.html>.
- [16] Scherrer S.C., Appenzeller C., Laternser M., 2004: Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local- and large-scale climate variability. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13215, doi: 1029/2004GL020255.
- [17] Laternser M., Schneebeli M., 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99). *International Journal of Climatology* 23: 733–750.
- [18] Scherrer S. C., Wüthrich C., Croci-Maspoli M., Weingartner R., Appenzeller C., 2013: Snow variability in the Swiss Alps 1864–2009, *International Journal of Climatology* 33: 3162–3173. <https://doi.org/10.1002/joc.3653>.
- [19] Wüthrich C., 2008: Lange Schneemessreihen der Schweiz, Aufarbeitung der längsten Schneemessreihen und Trendanalyse ausgewählter Schneeparameter, Geographisches Institut der Universität Bern, Diplomarbeit.
- [20] Scherrer S. C., de Valk C., Begert M., Gubler S., Kotlarski S., Croci-Maspoli M., 2024: Estimating trends and the current climate mean in a changing climate, *Climate Services*, 33, 100428, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100428>.
- [21] NCCS (Hrsg.), 2018: CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN-Nummer 978-3-9525031-0-2, <http://www.klimaszenarien.ch>.
- [22] Bauer V. M. and Scherrer S. C., 2024: The observed evolution of sub-daily to multi-day heavy precipitation in Switzerland, *Atmospheric Science Letters*, <https://doi.org/10.1002/asl.1240>.
- [23] MeteoSchweiz: 2018, Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 – eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 272, 38 pp.
- [24] Scherrer S. C., Hirschi M., Spirig C., Maurer F., Kotlarski S., 2022: Trends and drivers of recent summer drying in Switzerland. *Environ. Res. Commun.* 4, 025004, <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac4fb9>.
- [25] Calanca, P., 2007: Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes? *Global and Planetary Change*, 57, 1–2, 151–160. doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.11.001.
- [26] Pfister C., Rutishauser M., 2000: Dürresommer im Schweizer Mittelland seit 1525. Workshopbericht «Trockenheit in der Schweiz», Organe Consultatif sur les Changements Climatiques (Occc), Bern. 17 S. und 2 Anhänge, http://occc.ch/reports_d.html.
- [27] WMO, 1957: Definition of the tropopause. *WMO Bull.*, 6, 136.
- [28] Isaksen I., Hesstvedt E. and Stordal F. Influence of stratospheric cooling from CO₂ on the ozone layer. *Nature* 283, 189–191 (1980) doi:10.1038/283189a0.
- [29] Humpage N., Boesch H., Palmer P. I., Vick A., Parr-Burman P., Wells M., Pearson D., Strachan J. and Bezawada, N.: GreenHouse gas Observations of the Stratosphere and Troposphere (GHOST): an airborne shortwave-infrared spectrometer for remote sensing of greenhouse gases, *Atmos. Meas. Tech.*, 11, 5199–5222, <https://doi.org/10.5194/amt-11-5199-2018>, 2018.
- [30] Philipona R., Mears C., Fujiwara M., Jeannot P., Thorne P., Bodeker G., Haimberger L., Hervo M., Popp C., Romanens G., Steinbrecht W., Stübi R., Van Malderen R., 2018: Radiosondes show that after decades of cooling the lower stratosphere is now warming. *J Geophys Res* 123(22): 12–509.

- [31] Studer S., Appenzeller C. and Defila C., 2005: Inter-annual variability and decadal trends in Alpine spring phenology: A multivariate analysis approach. *Climatic Change* 73: 395–414.
- [32] Begert M., Seiz G., Schlegel T., Musa M., Baudraz G., Moesch M., 2003: Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961–1990. Schlussbericht des Projekts NORM90. MeteoSchweiz, Zürich.
- [33] Frei C. and Schär C., 2001: Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitations in the Alpine region. *Journal of climate* 14: 1568–1584.
- [34] McKee T. B., Doesken N. J., Kleist J., 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales, Proc. 8th Conf. on Applied Climatology, Jan. 17–22, American Meteorological Society, Boston, pp. 179–184.
- [35] Vicente-Serrano S., Bugueria S., Lopez-Moreno J., 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *J of Climate*, 23, 1696–1718, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1.
- [36] Güller A., 1979: Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951–1978, nach den Radiosondierungen von Payerne. *Klimatologie in der Schweiz*, Heft 21/0. Beiheft zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (Jahrgang 1978).





Adressen

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie
MeteoSchiweiz
Operation Center 1
Postfach
CH-8058 Zürich-Flughafen

Ufficio federale di meteorologia e climatologia
MeteoSvizzera
Via ai Monti 146
CH-6605 Locarno-Monti

Office fédéral de météorologie et de climatologie
MétéoSuisse
7bis, av. de la Paix
CH-1211 Genève 2

Office fédéral de météorologie et de climatologie
MétéoSuisse
Chemin de l'Aérolgie
CH-1530 Payerne

Website

 meteoschweiz.ch

Kontakt

 kundendienst@meteoschweiz.ch