Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

MeteoSchweiz

Klimareport 2018

Klimareport 2018

Herausgeber

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

kundendienst@meteoschweiz.ch
www.meteoschweiz.ch

Redaktion

Dr. Elias Zubler, Dr. Stephan Bader, Thomas Schlegel

Autoren

Dr. Stephan Bader, Dr. Martine Collaud Coen, Dr. Anke Duguay-Tetzlaff, PD Dr. Christoph Frei, Dr. Sophie Fukutome, Dr. Regula Gehrig, Dr. Eliane Maillard Barras, Dr. Giovanni Martucci, Gonzague Romanens, Dr. Simon Scherrer, Thomas Schlegel, Dr. Christoph Spirig, Dr. René Stübi, Dr. Laurent Vuilleumier, Dr. Elias Zubler

Vertrieb

Bundespublikationen BBL, CH 3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch

Artikelnummer: 313.007.d 07.19 100 860442843
ISSN: 2296-1488

Bitte zitieren Sie diesen Bericht folgendermassen:
MeteoSchweiz 2019: Klimareport 2018. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich. 94 S.

© MeteoSchweiz 2019

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **4**
Summary **6**
1 Verlauf der Jahreswitterung 2018 **8**
2 Diagramme zum Jahresverlauf **18**
Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag 18
Jahresverlauf der Globalstrahlung 20
Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre 22
Tropopausenhöhe 23
Aussergewöhnliche Starkniederschläge 24
Jahresverlauf der UV-Strahlung 25
Ozonmessreihe Arosa 26
Ozonmessungen Payerne 28
Aerosolmessungen Jungfraujoch 30
Vegetationsentwicklung 31
Frühling 31
Sommer 33
Herbst 33
Pollensaison 34
3 Besonderheiten 2018 **40**
3.1 Jahr 2018 mit Rekordwärme 40
3.2 Wintersturm Burglind 42
3.3 Hitzesommer 44
3.4 Extremer Niederschlagsmangel im Sommerhalbjahr 47
4 Globales Klima und Wetterereignisse **52**
4.1 In vielen Regionen überdurchschnittlich warm 52
4.2 El Niño und La Niña 54
4.3 Besondere Ereignisse 55
4.4 Arktisches und antarktisches Meereis 55
5 Langjährige Klimaentwicklung **58**
5.1 Atmosphäre 60
5.1.1 Bodennahe Beobachtungen 60
Temperatur 60
Frosttage 63
Sommertage 64
Nullgradgrenze 65
Niederschlag 66
Tage mit starkem Niederschlag 72
Niederschlag der sehr nassen Tage 73
Trockenperioden 74
Trockenheitsindex 75
5.1.2 Freie Atmosphäre 76
Nullgradgrenze 76
Tropopausenhöhe 77
5.1.3 Zusammensetzung der Atmosphäre 78
Ozonmessreihe Arosa 78
Ozonmessungen Payerne 79
Pollenintensität 80
5.2 Landoberfläche 82
Neuschneesummen 82
Tage mit Neuschnee 83
Frühlingsindex 84
Kirschblüte Liestal und Blattausbruch Rosskastanie Genf 85
5.3 Datengrundlagen & Methoden 88
Referenzen **92**

Zusammenfassung

Mit einer Abweichung von 1,5 °C zur Norm 1981–2010 ist das Jahr 2018 in der Schweiz das wärmste seit Messbeginn 1864. Nach einem Januar mit Rekordwärme in tieferen Lagen folgten ein vor allem in der zweiten Hälfte schweizweit sehr kalter Februar und ein kühler März. Der niederschlagsreiche Januar mit rekordhohen Monatssummen an 95 Messstandorten brachte jedoch nur in den Bergen ausgesprochen viel Schnee. Die Lawinengefahr war vor allem im Januar in weiten Teilen der Alpen gross bis sehr gross. Am 3. Januar traf der Wintersturm Burglind die Schweiz und richtete lokal grosse Schäden an.

Auf den insgesamt normal temperierten Winter folgte der viertwärmste Frühling seit Messbeginn 1864. Die Monate März, April und Mai lagen im Mittel 1,6 °C über der Norm 1981–2010. Der April 2018 war der zweitwärmste April seit Messbeginn 1864. Im landesweiten Mittel übertraf der April die Norm um 3,9 °C. Der Sommer 2018 war mit 2,0 °C über der Norm der dritte in Folge mit überdurchschnittlicher Temperatur. Auf beiden Seiten der Alpen gab es eine lange Periode mit Tagesmaxima über 30 °C. Auf den heissen Sommer folgte dann der drittwärmste Herbst seit Messbeginn 1864. Im landesweiten Mittel erreichte die Herbsttemperatur einen Wert 1,8 °C über der Norm 1981–2010. In Lugano und Locarno-Monti, wo der Herbst sogar einen neuen Rekord aufstellte, lag die Herbsttemperatur 2,2 °C über der Norm 1981–2010.

Frühling bis Herbst waren durchwegs sonniger und trockener als die Norm. Vor allem in der Ostschweiz baute sich ab April eine anhaltende Regenarmut auf, die sich letztlich zu einem Jahrhundert-Ereignis entwickelte. In den acht Monaten von April bis November fielen nur 59 % der Norm 1981–2010. Es fehlte der Regen von mehr als drei normalen Sommermonaten. Über die ganze Schweiz gemittelt lag der Niederschlagsmangel von April bis November 2018 auf Rang 3 mit 69 % der Norm 1981–2010. Trockener waren bislang nur die Jahre 1962 mit 60 % der Norm und 1921 mit 68 % der Norm.

Ende Oktober fielen auf der Alpensüdseite und in der Südostschweiz innerhalb weniger Tage verbreitet 200 bis 300 mm Niederschlag. Arosa registrierte einen neuen Oktoberrekord von 72 cm Neuschnee innerhalb von 24 Stunden. Auf der Alpennordseite blieben Oktober und November weitgehend trocken. Erst im Dezember erhielt die Alpennordseite wieder überdurchschnittliche Niederschlagsmengen.

Weltweit war das Jahr 2018 das viertwärmste seit Messbeginn 1850. Es lag 0,3 °C über der Norm 1981–2010 (0,6 °C über der Norm 1961–1990). Die Jahre 2014 bis 2018 bilden global das Quintett der wärmsten Jahre überhaupt. Auf fast allen Kontinenten wurde 2018 eine hohe Jahresdurchschnittstemperatur ausgewiesen. Ausserordentlich warm mit einem Überschuss von etwa 2 °C gegenüber dem Durchschnitt der Periode 1981–2010 war es in Mitteleuropa, in den Ländern südlich des Schwarzen Meeres, in Alaska und in Sibirien. Wie schon im Jahr 2017, fand auch 2018 kein wesentliches El-Niño-Ereignis statt.

In der langjährigen Schweizer Temperaturentwicklung 1864–2018 erbringt das Jahr 2018 als wärmstes einen weiteren Beitrag zum langfristigen Klimawandel in der Schweiz. In Übereinstimmung mit der allgemeinen Temperaturzunahme in der Schweiz ist die Anzahl der Sommertage in der Periode seit 1959 deutlich angestiegen, die Anzahl der Frosttage hingegen deutlich zurückgegangen. Ebenso ist in derselben Periode ein Anstieg der Nullgradgrenze zu beobachten, wobei dies vor allem die Jahreszeiten Winter, Frühling und Sommer betrifft. Die allgemeine Erwärmung drückt sich auch in einer früheren Vegetationsentwicklung aus.

Die langjährige Niederschlagsentwicklung 1864–2018 zeigt im Mittelland für das Jahr und den Winter einen signifikanten Trend zu höheren Niederschlagssummen. Die übrigen Jahreszeiten verzeichnen keine langfristige Änderung in den Niederschlagssummen. Auf der Alpensüdseite ist sowohl bei den Jahressummen als auch bei jahreszeitlichen Summen keine langfristige Änderung festzustellen. Die Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag hat sich an den untersuchten Messstandorten in der untersuchten Periode seit 1959 nicht geändert. Ebenso hat sich der Niederschlag der sehr nassen Tage in der gleichen Periode nicht geändert. Die Länge der intensivsten Trockenperioden zeigt an keinem der untersuchten Messstandorten einen signifikanten Trend.

In den über 100-jährigen Schnee-Aufzeichnungen ist bei den Neuschneesummen regional eine leichte Abnahme, in grösseren Gebieten jedoch keine Änderung festzustellen. Bei den Tagen mit Neuschnee zeigt sich in den einen Gebieten eine leichte Zunahme, in anderen hingegen eine leichte Abnahme. Wieder andere Gebieten zeigen keine Änderung. Allerdings basieren diese Analysen auf nicht homogenen Daten.

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 Gesamtozons um rund 6 % stattgefunden hat.

Summary

With a deviation of 1.5 °C from the 1981–2010 normal period, 2018 is the warmest year in Switzerland since measurements began in 1864. After a January with record warm temperatures at lower altitudes, the second half of February was very cold, and March was cool. January brought high precipitation levels and record monthly sums at 95 measuring locations. However, it only fell as snow in the mountains. The danger of avalanches was particularly high in January in large parts of the Alps. On 3 January, winter storm Burglind hit Switzerland and caused major local damage.

The winter, which was nearly average in terms of temperature, was followed by the fourth warmest spring since measurements began in 1864. The months of March, April and May were on average 1.6 °C above the 1981–2010 normal period. April 2018 was the second warmest April since the beginning of measurements in 1864. The national average for April was 3.9 °C above the norm. Summer 2018 was the third year in a row with an above-average temperature with a deviation of 2.0 °C. On both sides of the Alps, there was a long period with daily maximums above 30 °C. The hot summer was followed by the third warmest autumn since the start of measurements in 1864. The national average temperature was 1.8 °C above the 1981–2010 normal period. In Lugano and Locarno-Monti, where autumn even set a new record, the seasonal temperature was 2.2 °C above the 1981–2010 normal period.

Spring to autumn were consistently sunnier and drier than the norm. Especially in eastern Switzerland, a persistent lack of rain built up from April onwards, which ultimately developed into a century-scale record event. In the eight months from April to November only 59 % of the normal precipitation amount occurred. The rain total of more than three normal summer months was missing. Averaged across Switzerland, the lack of rainfall from April to November 2018 was ranked third with 69 % of the 1981–2010 normal period.

At the end of October, 200 to 300 mm of precipitation fell within a few days on the southern side of the Alps and in southeastern Switzerland. The station at Arosa registered a new October record of 72 cm of fresh snow within 24 hours. On the north side of the Alps, October and November remained largely dry. It was not until December that the north side of the Alps again received above-average rainfall.

Worldwide, 2018 was the fourth warmest year since measurements began in 1850. It was 0.3 °C above the 1981–2010 norm (0.6 °C above the 1961–1990 norm). The years 2014 to 2018 form the quintet of the warmest years ever. A high annual average temperature was recorded on almost all continents in 2018. With a surplus of about 2 °C compared to the average of the period 1981–2010 it was extremely warm in Central Europe, in the countries south of the Black Sea, in Alaska and in Siberia. As in 2017, there was no major El Niño event in 2018.

In Switzerland's temperature development between 1864 and 2018, 2018 is the warmest year in the country and thus makes a further contribution to the observed long-term climate change in Switzerland. In line with the general increase in temperature in Switzerland, the number of summer days in the period under study has risen significantly since 1959, while the number of frost days has fallen substantially. In the same period an increase of the zero degree line can also be observed, especially in the seasons winter, spring and summer. The general warming also expresses itself in an earlier start of the vegetation period.

The long-term precipitation development 1864–2018 shows a significant trend towards higher precipitation sums in the Plateau for annual time-series and winter. The other seasons show no long-term change in precipitation sums. On the southern side of the Alps, there is no long-term change in precipitation, neither in the annual nor in the seasonal totals. The number of days with heavy precipitation has not changed since 1959 at the investigated measuring sites. Likewise, the precipitation of the very wet days has not changed. The length of the most intensive dry periods does not show a significant trend at any of the investigated measuring sites.

In the more than 100-year-old snow records, there was a slight regional decrease in the new snow sums, but no change on a larger scale. The days with new snow show a slight increase in some areas and a slight decrease in others. There are also areas that show no change. However, these analyses are based on non-homogeneous data.

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

1| Verlauf der Jahreswitterung 2018

Wärme und Regenarmut ohne Ende, so präsentierte sich das Jahr 2018 in der Schweiz. Zehn der zwölf Monatstemperaturen lagen deutlich über der Norm, sechs davon im extremen Bereich. Die unendliche Wärme führte nicht nur zu einem neuen Jahresrekord, auch das Sommerhalbjahr war so warm wie noch nie seit Messbeginn 1864. Begleitet wurde die Rekordwärme von einer ungewöhnlichen monatelangen Regenarmut. In der Ostschweiz entwickelte sich das massive Regendefizit zu einem Jahrhundert-Ereignis.

Jahrestemperatur in Rekordhöhe

Die landesweit gemittelte Jahrestemperatur erreichte mit 6,9 °C den höchsten Wert seit Messbeginn 1864. Das Jahr 2018 ist das vierte in kurzer Folge mit weit überdurchschnittlicher Temperatur. Zusammen mit den bisherigen Rekordjahren 2015 mit 6,6 °C, 2014 mit 6,5 °C und 2011 mit 6,6 °C liegt es deutlich über allen übrigen Jahren seit Messbeginn 1864. Mit dieser engen Rekordfolge wird der Klimawandel in der Schweiz offensichtlich.

Normale Wintertemperatur, Rekordwärme im Januar

Die Wintertemperatur 2017/18 lag im landesweiten Mittel im Bereich der Norm 1981–2010, dies allerdings mit grossen Schwankungen von Monat zu Monat. Der Dezember war im landesweiten Mittel 0,6 °C zu kühl, der Februar sogar 3,0 °C kühler als die Norm 1981–2010. Dazwischen platzierte sich ein rekordwarmer Januar. Am Messstandort Genf erreichte die Januartemperatur 2018 den alles überragenden Rekordwert von 6,0 °C. Die bisher mildesten Januarmonate lieferten in Genf Temperaturwerte um 4,5 °C. Auch im landesweiten Mittel belegt der Januar 2018 mit 3,1 °C über der Norm den Spitzenplatz seit Messbeginn 1864.

Reichlich Schnee in den Bergen

Die winterlichen Niederschlagsmengen erreichten verbreitet über 130 % der Norm 1981–2010. Im Wallis stiegen die Werte in vielen Gebieten und in Graubünden regional auf über 200 %. Auf der Alpensüdseite gab es gebietsweise bis 150 % des Normniederschlags, lokal auch um 180 %.

Im Januar 2018 registrierten 95 Messstandorte rekordhohe Monatsniederschläge. An 72 dieser Standorte reichen die Messreihen mehr als 50 Jahre zurück. Im Wallis brachte der Januar 2018 an vier über 50-jährigen Messstandorten nicht nur die höchste Januarsumme, sondern die höchste Monatssumme überhaupt: Zermatt erhielt 257 mm Niederschlag, Stalden/Ackersand 220 mm, Visp 328 mm und Grimentz 254 mm.

In den Bergen fiel im Dezember und im Januar reichlich Schnee. Die Lawinengefahr war vor allem im Januar in weiten Teilen der Alpen gross bis sehr gross (Quelle: Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos). Einige Täler waren mehrere Tage nur mit Helikopter erreichbar. In Arosa auf 1880 m lieferte der Winter 2017/18 die beachtliche Neuschneesumme von 5,3 m. In den letzten 50 Jahren gab es hier nur im Winter 2011/12 mit 5,8 m mehr Neuschnee. Am normalerweise niederschlagsarmen Walliser Messstandort Grächen auf 1600 m fiel eine winterliche Neuschneesumme von über 2 m, was zu den höchsten Wintersummen seit Messbeginn vor 50 Jahren gehört.

Stürmischer Winter

Die Alpennordseite erlebte einen stürmischen Winter. Die Monate Dezember und Januar brachten beispielsweise am Messstandort Zürich-Fluntern nach mehreren Jahren eigentlicher Sturmflaute eine erhöhte Sturmaktivität. Auf der Alpennordseite verursachten vor allem die Januarstürme Schäden, insbesondere der Sturm Burglind vom 3. Januar 2018 [6].

Viertwärmster Frühling

Der Frühling 2018, als viertwärmster seit Messbeginn 1864, lag 1,6 °C über der Norm 1981–2010. Er setzte die markante langjährige Frühlingserwärmung ungebrochen fort. Die sechs wärmsten Frühlinge wurden nach dem Jahr 2000 registriert.

Der Frühling startete kühl. Der März blieb im landesweiten Mittel 1 °C unter der Norm 1981–2010. Die Alpensüdseite

registrierte mit regional 1 bis 2 °C unter der Norm einen der kühlsten Märzmonate der letzten 30 Jahre. Auf den kühlen März folgte der zweitwärmste April seit Messbeginn 1864. Im landesweiten Mittel übertraf der April die Norm um 3,9 °C. Regional gab es Aprilwerte von 4 bis 5 °C über der Norm 1981–2010. Und die Wärme setzte sich in den Mai fort. Der Frühling endete mit dem fünftwärmsten Mai seit Messbeginn 1864. Landesweit lag er 1,9 °C über der Norm. An einzelnen Messstandorten war es der zweit- oder drittwärmste Mai seit Messbeginn vor 155 Jahren.

Drittwärmster Sommer

Der Sommer 2018 war mit 2 °C über der Norm der dritte in kurzer Folge mit weit überdurchschnittlicher Temperatur. Als drittwärmster hebt er sich zusammen mit den Sommern 2017, 2015 und 2003 deutlich ab von allen übrigen Sommern seit Messbeginn 1864 [1].

Zehn Tage Hitze im Norden

Nördlich der Alpen setzte ab dem 30. Juli anhaltende Sommerhitze mit täglichen Höchstwerten von verbreitet über 30 °C ein. Die zehntägige Hitzewelle brachte in den tiefen Lagen der Alpennordseite eine mittlere Maximumtemperatur von 32 bis 34 °C. Regional war es die dritt- oder viertintensivste Zehntages-Hitzewelle seit Messbeginn, so in Basel, in Zürich und in Luzern.

Lange Hitzeperiode auf der Alpensüdseite

Auf der Alpensüdseite stieg die Tagesmaximumtemperatur lokal bereits ab dem 22. Juli regelmässig über 30 °C. Die Hitzeperiode erstreckte sich über 18 Tage. Locarno-Monti zeichnete die drittintensivste 18-tägige Hitzeperiode seit Messbeginn 1935 auf. Die mittlere Maximumtemperatur lag bei 32,6 °C. Vergleichbar war die intensivste 18-tägige Hitzeperiode vom Sommer 2003 mit 32,8 °C. Geringfügig heisser zeigte sich in Locarno-Monti die intensivste 18-tägige Hitzeperiode vom Sommer 2015 mit 33,1 °C.

Anhaltende Regenarmut im Sommer

Nach einem extrem regenarmen April und einem verbreitet regenarmen Mai lieferte auch der Sommer sehr wenig Regen. Im Mittel über die ganze Schweiz erreichte die Regensumme von Juni bis August nur 71 % der Norm 1981–2010. Landesweit regenärmer waren letztmals die Sommer 2015 und dann 1983 und 1984. Der Juni lieferte in einigen Gebieten nur 20 bis 40 % der normalen Regenmengen. Einzelne Messstandorte in den Zentral- und Ostalpen mit über 100-jährigen Messreihen registrierten beim Juniniederschlag ein Rekorddefizit. Im Juli gab es lokal im östlichen Mittelland und abermals entlang des östlichen Alpennordhangs ein massives Regendefizit mit Regensummen von nur 20 bis 30 % der Norm 1981–2010 [1].

Sommerliche Sonnenscheinrekorde

Alle drei Sommermonate präsentierten sich sehr sonnig. Genf registrierte mit 908 Sonnenstunden den sonnigsten Sommer seit Messbeginn 1897. Ähnlich sonnig mit knapp unter 900 Sonnenstunden war in Genf letztmals der Sommer 2003. Auch in Basel mit Daten seit 1886 bewegte sich die sommerliche Sommerscheindauer mit 835 Stunden im Rekordbereich. Vergleichbar sonnig war in Basel der bisherige Rekordsommer 2003 mit 834 Sonnenstunden.

Sommerhalbjahr mit Rekordwärme

Von April bis September 2018 erreichten alle Monate Temperatur-Spitzenplätze zwischen dem zweiten und dem siebten Rang. Die anhaltend hohen Monatswerte mündeten in den neuen Wärmerekord des Sommerhalbjahrs von 2,4 °C über der Norm 1981–2010. Selbst der legendäre Hitzesommers 2003 wurde leicht übertroffen, bei dem das Sommerhalbjahr 2,2 °C über der Norm lag.

Herbst mit Rekordtemperatur im Süden

Die Schweiz erlebte den drittwärmsten Herbst seit Messbeginn 1864. Im landesweiten Mittel stieg die Herbsttemperatur 1,8 °C über die Norm 1981–2010. Vier der fünf wärmsten Herbste wurden innerhalb der letzten 15 Jahre registriert. Mehr Wärme brachten bisher nur der Herbst 2014 mit 2,1 °C und der Rekordherbst 2006 mit 2,7 °C über der Norm 1981–2010.

Die Alpensüdseite registrierte regional den wärmsten Herbst seit Messbeginn. In Lugano und Locarno-Monti lag die Herbsttemperatur 2,2 °C über der Norm 1981–2010. Im bisher wärmsten Herbst 2006 stieg die Temperatur in Lugano 1,8 °C, in Locarno-Monti 1,9 °C über die Norm.

Jahrhundert-Regenmangel in der Ostschweiz

In der Ostschweiz hat sich die vom Frühling bis zum Herbst anhaltende Regenarmut zu einem Jahrhundert-Ereignis entwickelt. In den acht Monaten von April bis November fielen nur 59 % der Norm 1981–2010. Es fehlte der Regen von mehr als drei normalen Sommermonaten. Das ist das deutlich massivste April-November Regendefizit in der Ostschweiz seit Messbeginn 1864. Alle übrigen sehr regenarmen April-November Perioden lieferten 64 % der Norm oder mehr.

Über die ganze Schweiz gemittelt lag die Regenarmut von April bis November 2018 auf Rang 3 mit 69 % der Norm 1981–2010. Schweizweit ähnlich regenarm war die April-November Periode von 1921 mit 68 % der Norm. Den bisher massivsten Regenmangel lieferte die April-November Periode von 1962 mit schweizweit nur 60 % der Norm 1981–2010.

Regen und Schnee

Ende Oktober fielen auf der Alpensüdseite innerhalb von drei Tagen verbreitet 200 bis 300 mm Niederschlag, lokal auch über 400 mm. Auch im angrenzenden Bündnerland gab es mit über 200 mm grosse Niederschlagsmengen. Ein grosser Teil davon fiel als Schnee. Arosa registrierte einen neuen Oktoberrekord von 72 cm Neuschnee innert Tagesfrist. Auf der Alpensüdseite regnete es anfangs November kräftig weiter. Das viele Wasser liess den Lago Maggiore am 6. November 2018 über die Ufer treten.

Während auf der Alpensüdseite die Niederschlagssummen im Oktober und im November deutlich über der Norm 1981–2010 lagen, zeigten sich die beiden Monate auf der Alpennordseite erneut ausgesprochen niederschlagsarm. Erst im Dezember fielen auf der Alpennordseite seit langer Zeit wieder überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. In den Alpen hielt der Winter Einzug. Gegen Weihnachten lag in den Bergen verbreitet eine Schneedecke im Bereich der Norm oder etwas darüber (Quelle: Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos).

Jahresbilanz

Die Jahrestemperatur 2018 stieg in den meisten Gebieten der Schweiz 1,5 bis 2,0 °C über die Norm 1981–2010. Auf der Alpensüdseite und im Engadin lagen die Werte 1,0 bis 1,5 °C über der Norm. Im landesweiten Mittel registrierte die Schweiz eine Jahrestemperatur von 1,5 °C über der Norm 1981–2010 und damit einen neuen Rekord seit Messbeginn 1864. Hohe Jahrestemperaturen werden in den nächsten Jahrzehnten gemäss den aktuellen Klimaszenarien CH2018 immer häufiger auftreten.

Die Jahresniederschläge 2018 erreichten verbreitet 80 bis 95 %, auf der Alpensüdseite regional auch 100 bis 115 % der Norm 1981–2010. Das Wallis erhielt überdurchschnittliche Mengen mit 110 bis 150 % der Norm. In der Ostschweiz blieb die Jahressumme deutlich unterdurchschnittlich mit nur 70 bis 80 % der Norm 1981–2010.

Die Jahressumme 2018 der Sonnenscheindauer bewegte sich nördlich der Alpen zwischen 110 und 125 % der Norm 1981–2010. In den Alpen und auf der Alpensüdseite gab es 100 bis 110 % der Norm. In einzelnen Regionen nördlich der Alpen gehört das Jahr 2018 zu den zehn sonnigsten seit Messbeginn.

Tabelle 1.1

Ausgewählte Jahreswerte 2018 im Vergleich zur Norm 1981–2010.

Station	Höhe	Temperatur °C			Sonnenscheindauer h			Niederschlag mm		
	m ü.M	Mittel	Norm	Abw.	Summe	Norm	%	Summe	Norm	%
Bern	553	10.6	8.8	1.8	1969	1683	117	907	1059	86
Zürich	556	11.1	9.4	1.7	1921	1544	124	897	1134	79
Genf	420	12.3	10.6	1.7	1979	1768	112	864	1005	86
Basel	316	12.3	10.5	1.8	1924	1590	121	698	842	83
Engelberg	1036	8.1	6.4	1.7	1471	1350	109	1451	1559	93
Sion	482	12.5	10.2	2.3	2271	2093	108	633	603	105
Lugano	273	13.9	12.5	1.4	2171	2067	105	1472	1559	94
Samedan	1709	3.2	2.0	1.2	1744	1733	101	990*	1011*	98*

Norm Langjähriger Durchschnitt 1981–2010
Abw. Abweichung der Temperatur zur Norm 1981–2010
% Prozent im Verhältnis zu Norm 1981–2010 (Norm = 100 %)
***** Niederschlagsdaten von Samedan sind nicht vollständig; sie wurden ersetzt durch die Daten von Segl-Maria

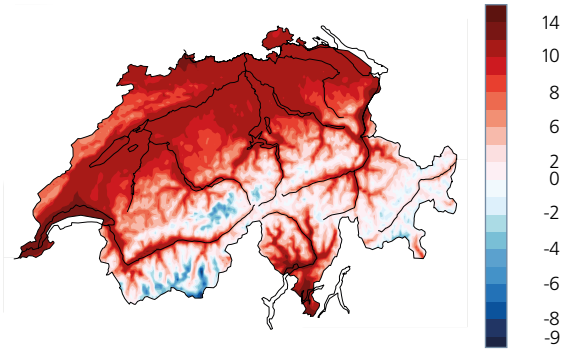
Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2018

Abbildung 1.1

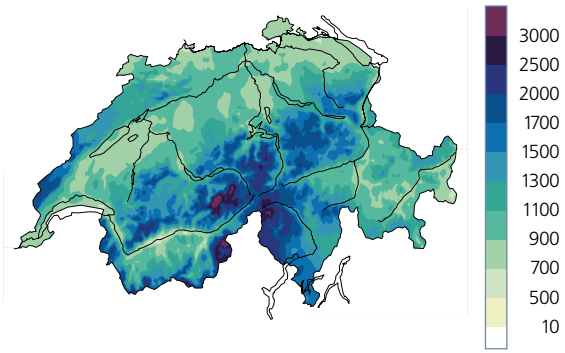
Räumliche Verteilung von Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2018. Dargestellt sind Messwerte (links) und die Abweichungen zur Norm 1981–2010 (rechts).

Messwerte 2018

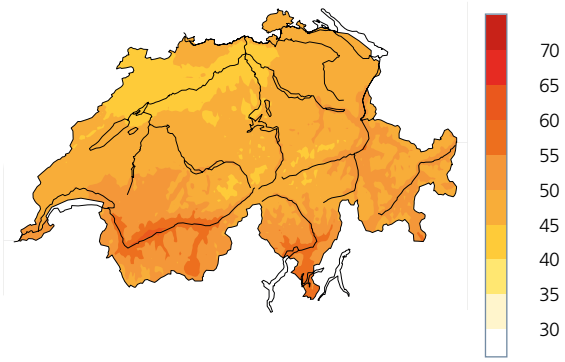
Jahresmitteltemperaturen in °C



Jahres-Niederschlagssumme in mm

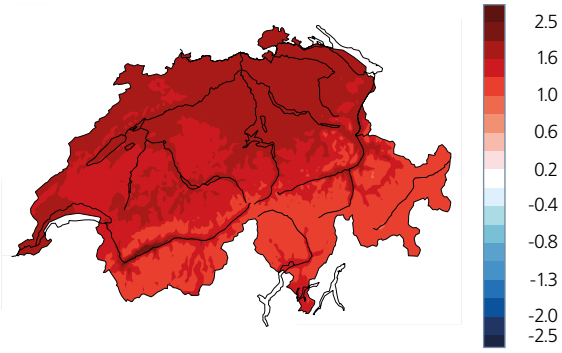


Anteil der maximal möglichen jährlichen Sonnenscheindauer in %

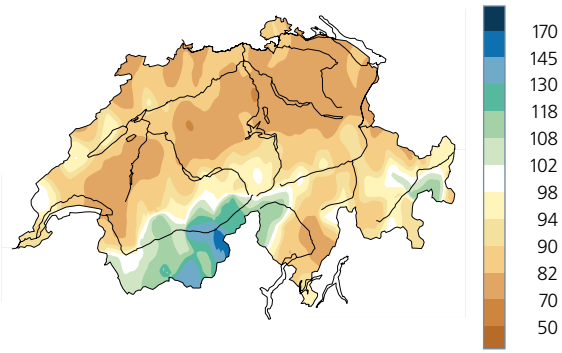


Abweichungen zur Norm 1981–2010

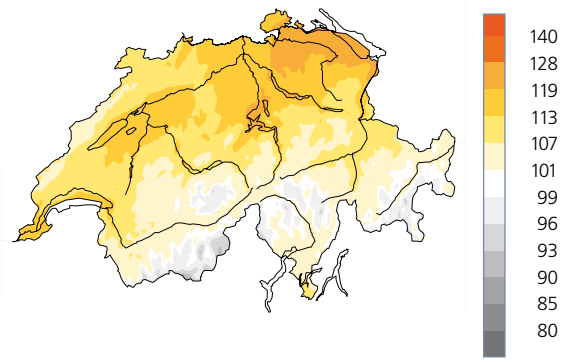
Abweichung der Jahresmitteltemperatur in °C



Jahres-Niederschlagssumme in %



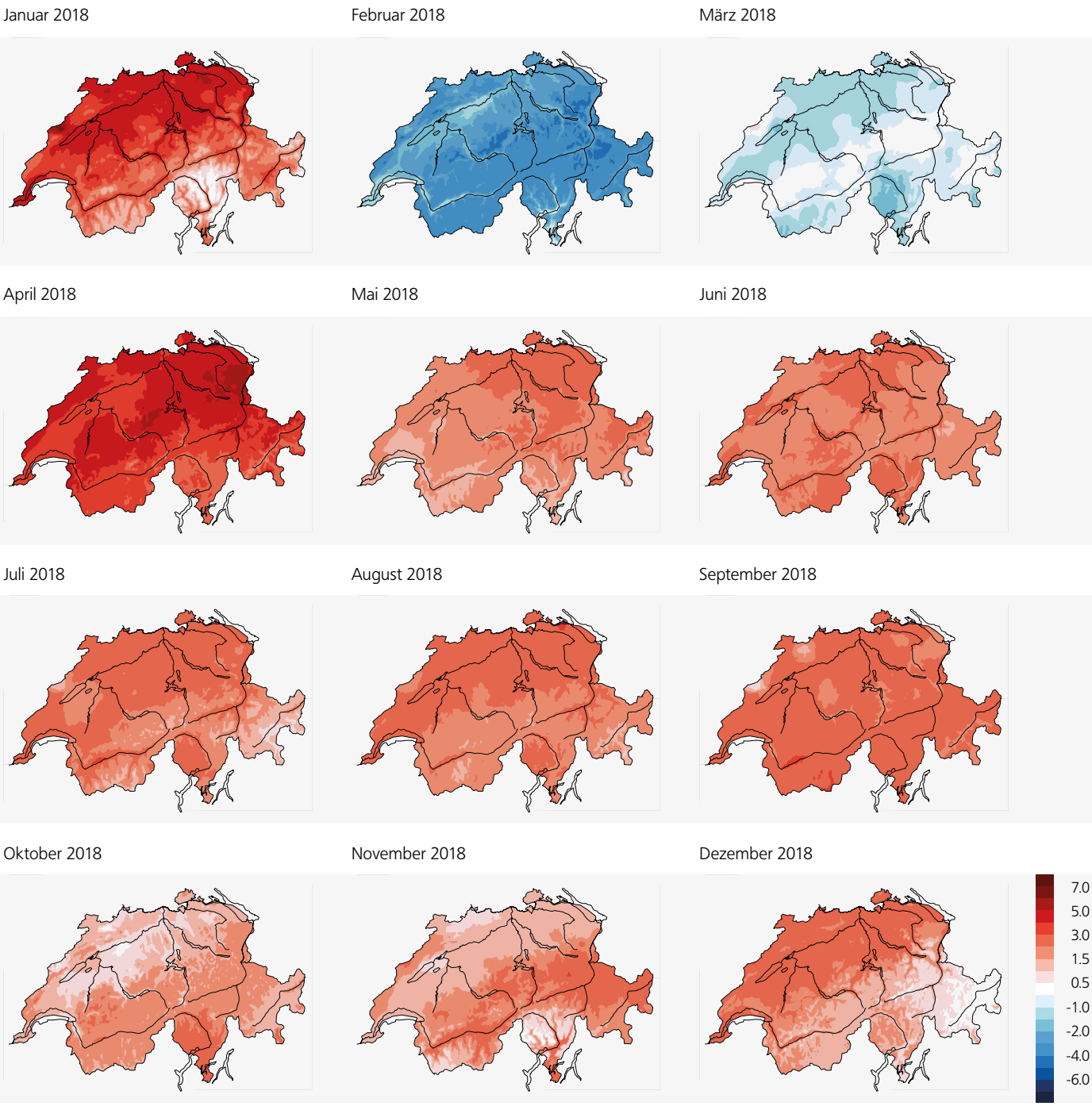
Jährliche Sonnenscheindauer in %



Monatstemperatur 2018
Abweichung zur Norm 1981–2010

Abbildung 1.2

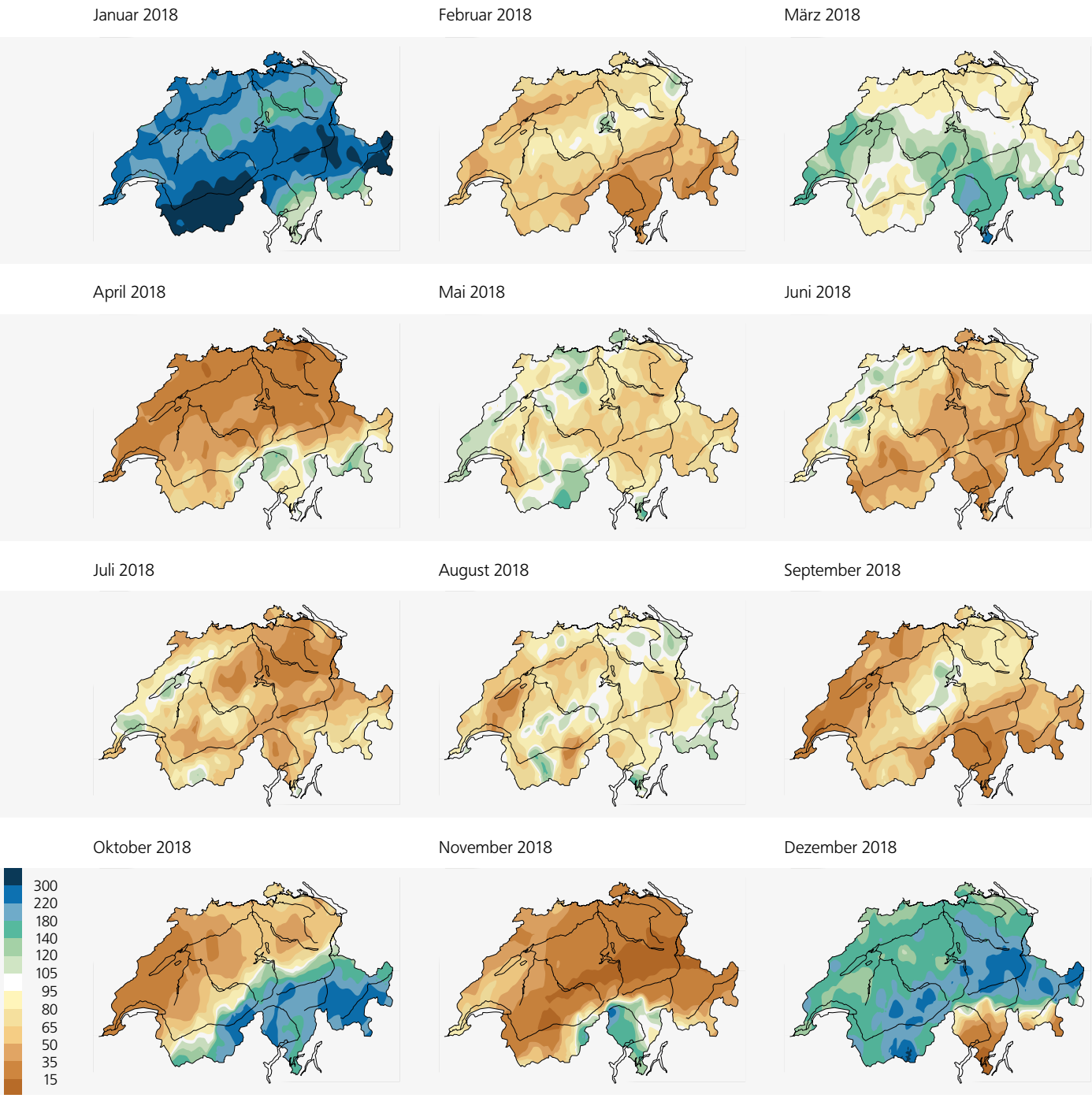
Räumliche Verteilung der Monatstemperatur als Abweichung zur Norm 1981–2010 in °C.



Monatsniederschlag 2018 in % der Norm 1981–2010

Abbildung 1.3

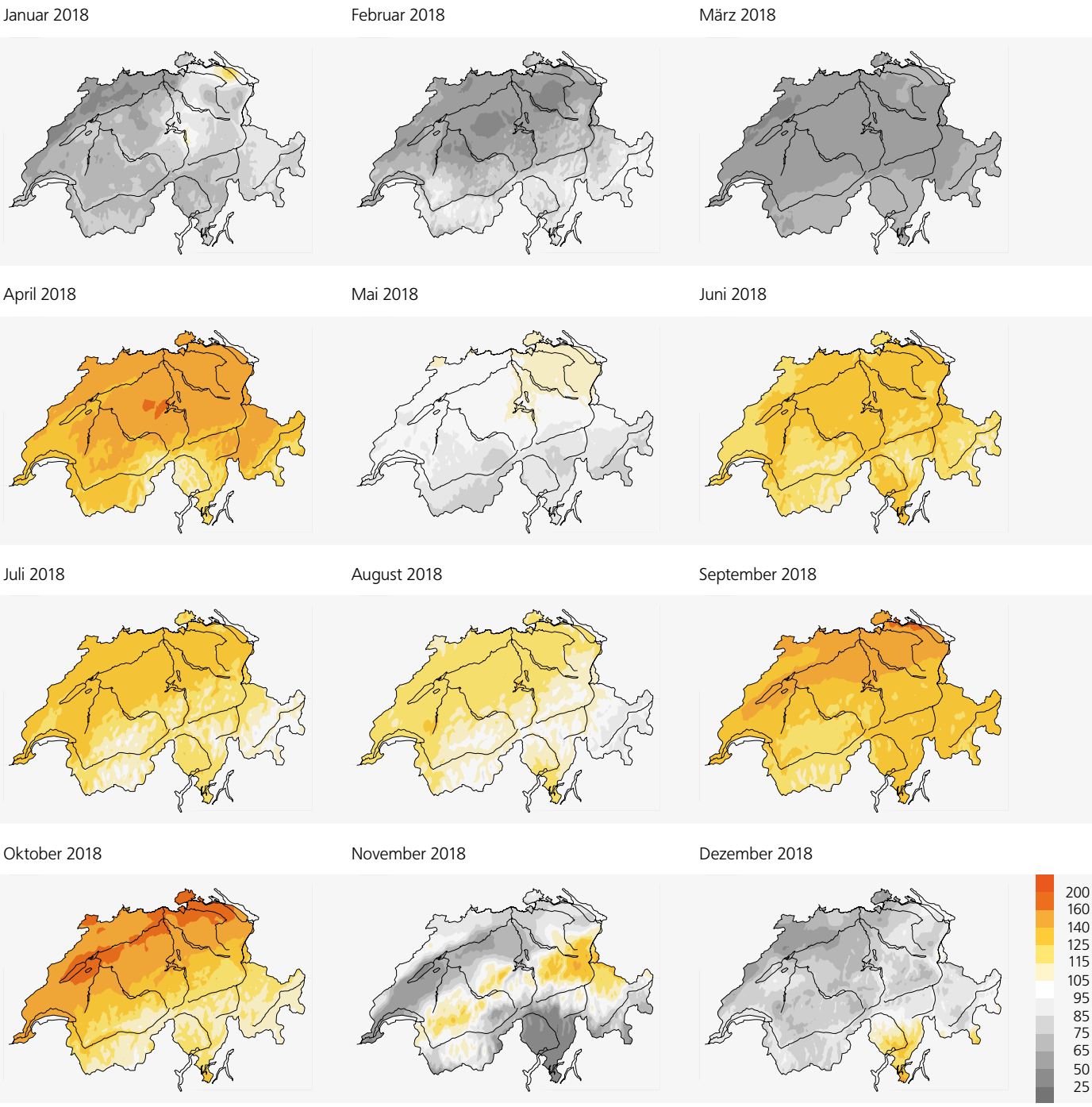
Räumliche Verteilung der Monatsniederschläge in % der Norm 1981–2010.



Monatliche Sonnenscheindauer 2018 in % der Norm 1981–2010

Abbildung 1.4

Räumliche Verteilung der monatlichen Sonnenscheindauer in % der Norm 1981–2010.



2| Diagramme zum Jahresverlauf

Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag

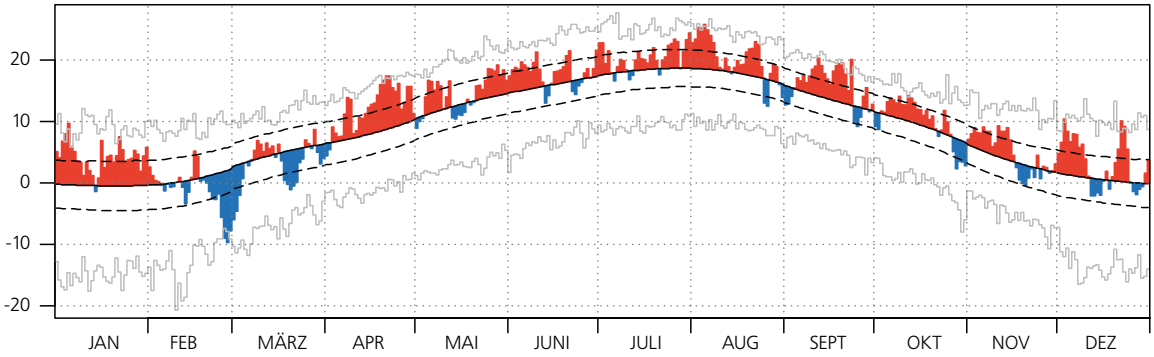
Abbildung 2.1

Jahresverlauf der täglichen Temperatur, der täglichen Sonnenscheindauer und der täglichen Niederschlagssummen an der Messstation Bern-Zollikofen.

Bern-Zollikofen (553 m ü.M) 1.1. bis 31.12.2018

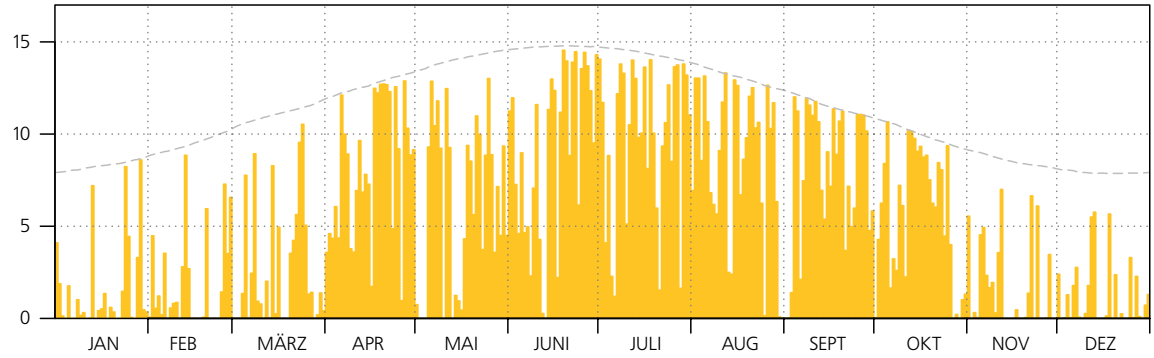
Mittlere tägliche Lufttemperaturen in °C

Mittel: 10,6; Norm: 8,8



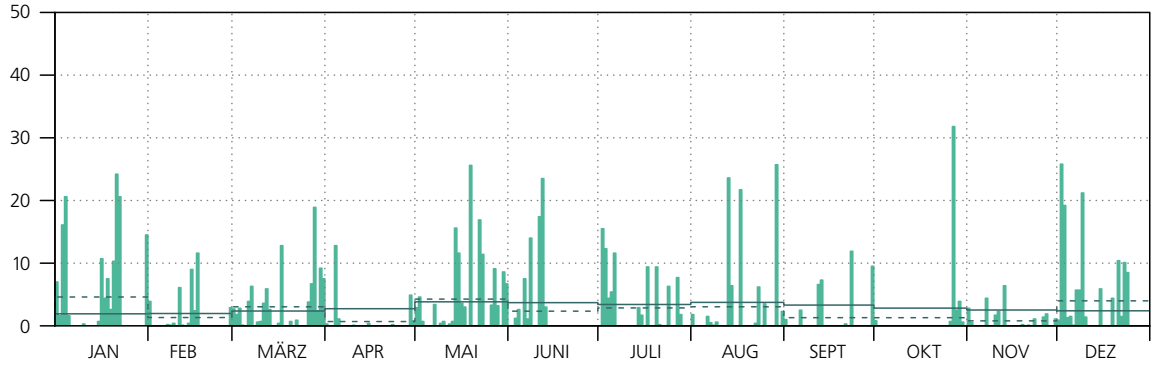
Tägliche Sonnenscheindauer in h

Summe: 1968,8; Norm: 1683,2



Tägliche Niederschlagssummen in mm

Summe: 907,1; Norm: 1058,6



- Höchste bzw. tiefste Tagesmittel der Lufttemperatur der homogenen Datenreihe von 1864–2017
- Durchschnittliche homogene Tagesmittel der Lufttemperatur von 1981–2010 (Normwertperiode)
- Standardabweichung der durchschnittlichen homogenen Tagesmittel der Lufttemperatur von 1981–2010
- Tägliche, maximal mögliche Sonnenscheindauer
- Mittlere, monatliche Niederschlagssumme von 1981–2010 gleichmässig auf die Tage des Monats verteilt
- Monatliche Niederschlagssumme gleichmässig auf die Tage des Monats verteilt

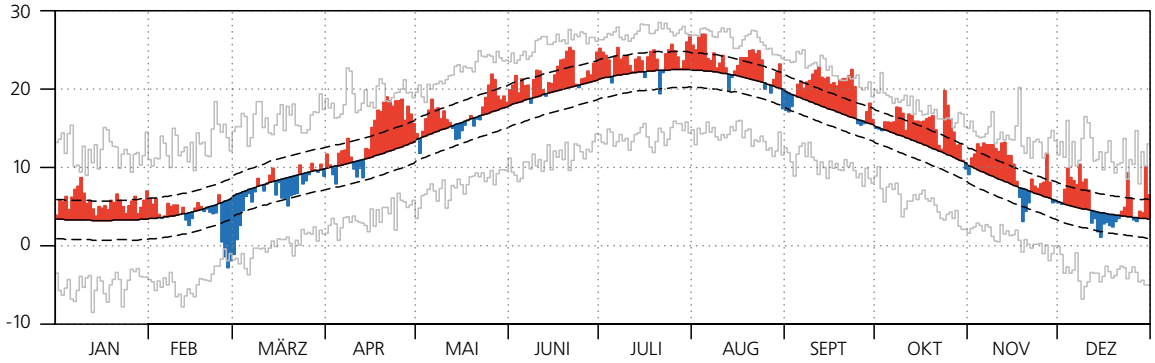
Abbildung 2.2

Jahresverlauf der täglichen Temperatur, der täglichen Sonnenscheindauer und der täglichen Niederschlagssummen an der Messstation Lugano.

Lugano (273 m ü.M) 1.1. bis 31.12.2018

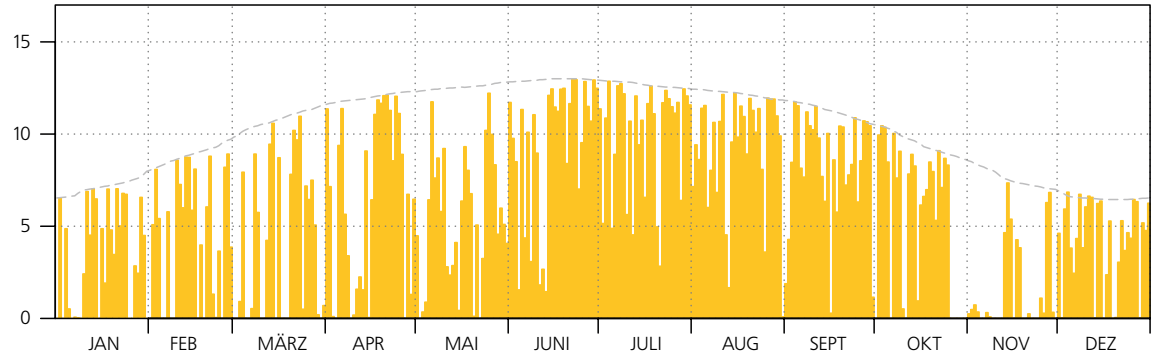
Mittlere tägliche Lufttemperaturen in °C

Mittel: 13,9; Norm: 12,5



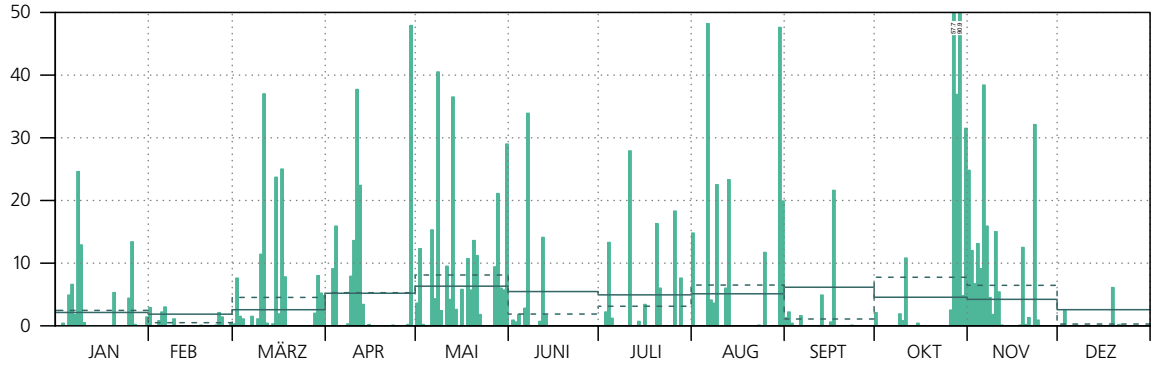
Tägliche Sonnenscheindauer in h

Summe: 2171,2; Norm: 2067,1



Tägliche Niederschlagssummen in mm

Summe: 1472,2; Norm: 1559,0



Die Jahresverlaufsdiagramme für alle Stationen des Schweizer Klimanetzwerkes [2] sind unter der nachfolgenden Internetadresse zu finden.
www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/klima-der-schweiz/jahresverlauf-temperatur-sonne-niederschlag.html

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 (Solarstrom und Warmwasseraufbereitung) eine besondere Bedeutung (vergleiche www.sonnendach.ch).

Die jährlich gemittelte Globalstrahlung erreichte im Jahr 2018 in den Alpen 170–190 W/m^2 (Abbildung 2.3). Das Schweizer Mittelland erhielt aufgrund winterlicher Nebellagen und einer erhöhten atmosphärischen Trübung weniger Globalstrahlung, nämlich 140–160 W/m^2. Dies entspricht einer jährlich kumulierten Energie von ca. 1300 kWh/m^2. Im Mitteland erreichte die solare Einstrahlung an einzelnen Stationen fast die Werte des Tessins. So wurden in Güttingen am Bodensee 154 W/m^2, in Lugano 159 W/m^2 gemessen. Spitzenwerte wurden auch in diesem Jahr wieder in hochalpinen Regionen erzielt: am Jungfaujoch wurden 181 W/m^2 registriert.

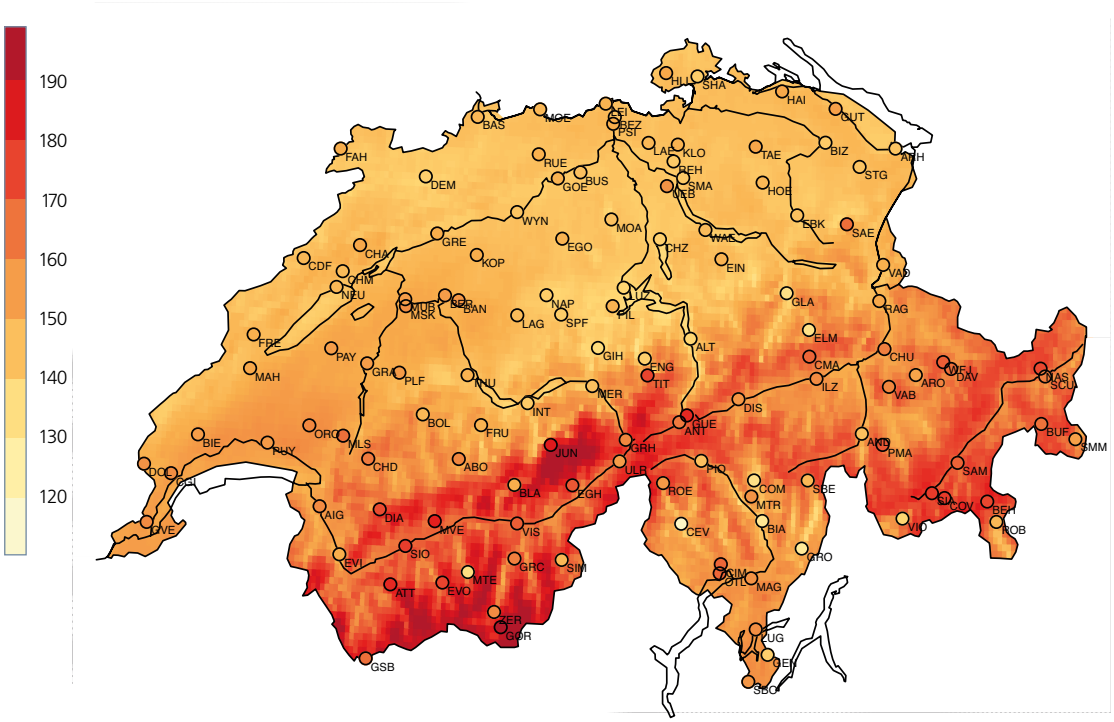


Abbildung 2.3
Jahresmittel der Globalstrahlung für 2018 in W/m^2 hergeleitet aus Satellitendaten. Die Kreise geben die entsprechenden Messwerte der Stationsdaten an.

Im Vergleich zum Mittel der vergangenen 15 Jahre lagen die Globalstrahlungswerte für 2018 schweizweit im Schnitt um etwa 3 % höher. Auffallend waren grosse räumliche Unterschiede. Während im östlichen Mittelland bis zu 7 % mehr Strahlung gemessen wurde, lagen die Werte im Tessin und im westlichen Mittelland an vielen Stellen nur 1–2 % über der betrachteten Norm. Am Alpenhauptkamm wurde stellenweise sogar bis zu 5 % niedrigere Strahlung registriert.

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

Auf einen überaus trüben Winter folgte 2018 ein sehr sonniger April. Die dominant auftretenden, grauen Balken Anfang Mai zeigen einen nur kurzen Wechsel zu trüberen Tagen an. Ab Juni folgte ein ausserordentlich sonniger Sommer und Frühherbst. Der November leitete den wiederum sehr trüben Jahresabschluss ein.

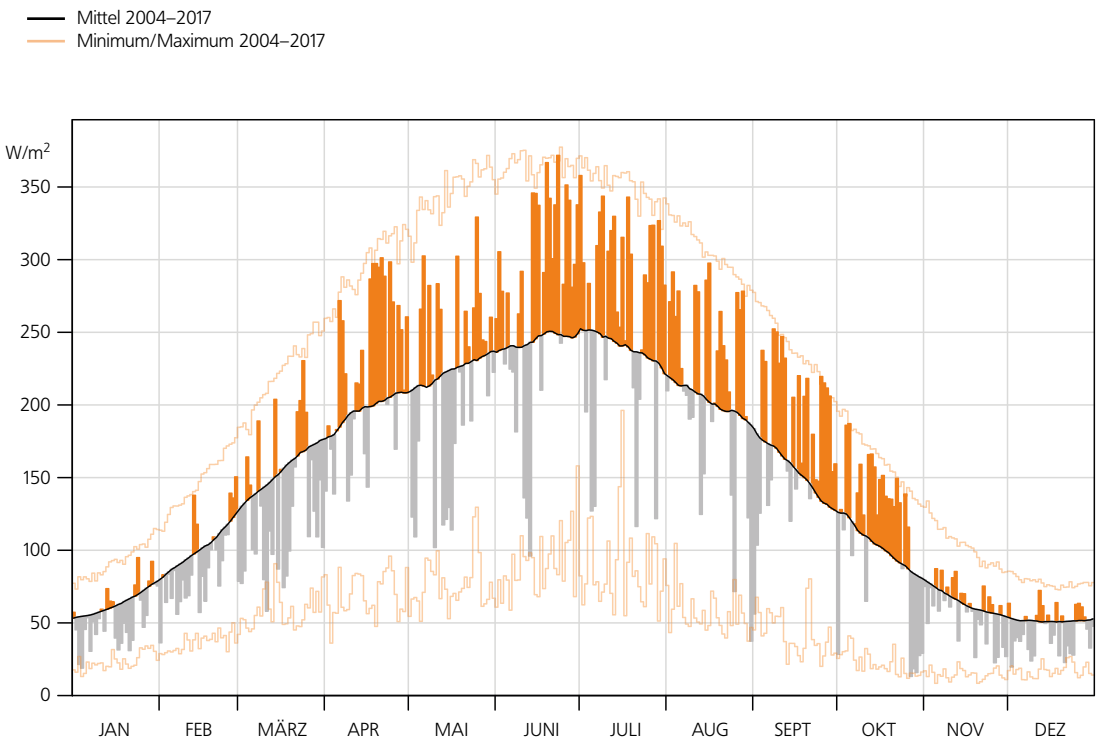


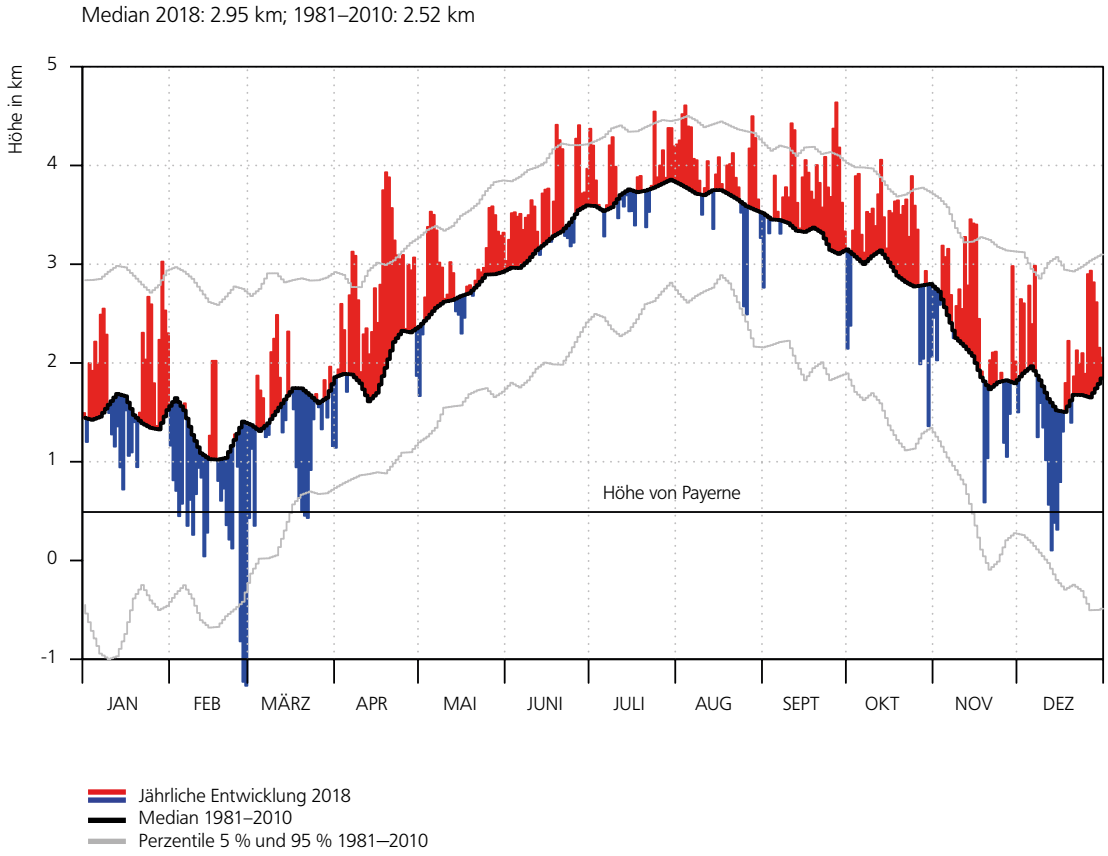
Abbildung 2.4
Tagesmittel der Globalstrahlung gemittelt über die ganze Schweiz für 2018. Orange Balken geben eine überdurchschnittliche, und graue Balken eine unterdurchschnittliche Einstrahlung im Vergleich zur Periode 2004–2017 an.

Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre

Der Verlauf der Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre wird aus den täglichen Ballonsondierungen in Payerne bestimmt. Die Höhe der Nullgradgrenze ist mit der Ballonsondierung nicht immer eindeutig bestimmbar. Bei Inversionslagen können mehrere Nullgradgrenzen auftreten. Dann wird jeweils die höchste Lage verwendet. An Tagen mit durchwegs negativen Temperaturen wird eine fiktive Nullgradgrenze berechnet, indem die Bodentemperatur pro 100 m nach unten um 0,5 °C angehoben wird. Dies führt bei sehr kalten Verhältnissen im Winter zu einer negativen Nullgradgrenze (unterhalb des Meeresspiegels).

Der mittlere Wert der Nullgradgrenze im Jahr 2018 ist der höchste gemessene Wert seit Beginn der Zeitreihe. Die freie Atmosphäre war also klar wärmer als normal. Die mittlere Nullgradgrenze erreicht 2950 m und ist damit 430 m höher als die Norm (2520 m). Dieser Rekordwert bestätigt den seit 1980 beobachteten Trend zu einer immer höheren Nullgradgrenze. Abbildung 2.5 zeigt die täglichen Veränderungen der Nullgradgrenze im Jahr 2018, die durch alternierende Perioden über und unter dem Medianwert der Norm 1981–2010 gekennzeichnet ist. Im Jahr 2018 lagen 67 % aller täglichen Abweichungen über dem Median, und nur 33 % darunter. Die im Jahr 2018 gemessenen Extremereignisse spiegeln auch das allgemeine Verhalten der jährlichen Entwicklung wider. So gab es mehrere stark positive Abweichungen (Höhepunkt der Warm-Anomalie am 27. September bei 4640 m) und wenige negative Ereignisse (Höhepunkt der Kalt-Anomalie am 28. Februar bei -1270 m).

Abbildung 2.5
Tägliche Höhe der Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre über Payerne im Jahr 2018, ermittelt aus den aerologischen Radiosondenmessungen 00 UTC und 12 UTC. Der Medianwert (Referenzperiode 1981–2010) wurde mit homogenisierten Daten berechnet und mit einem numerischen Filter geglättet. Innerhalb der 5 % und 95 % Perzentil-Linien (grau) liegen 90 % der Tagesmittelwerte.



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 vertikalen Temperaturverlaufs charakterisiert und entspricht oft der tiefsten Temperatur zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre. Wie die Nullgradgrenze, wird auch die Tropopausenhöhe aus den Ballonsondierungen ermittelt. Die Berechnung der Tropopausenhöhe erfolgt mit einem automatischen Algorithmus entsprechend einer WMO-Richtlinie.

Der Zufluss von polaren oder arktischen Luftmassen zur Schweiz führt zu einer Senkung der Tropopause. In der in Abbildung 2.6 dargestellten Zeitreihe werden Tropopausenhöhen, die unter der Norm (Median über den Zeitraum 1981–2010) liegen, blau dargestellt (45 % aller Werte). Umgekehrt neigen warme tropische oder äquatoriale Luftmassen dazu, die Tropopause zu erhöhen. Hohe Werte, wie sie verstärkt im Herbst 2018 gemessen wurden, sind rot dargestellt (55 %). Für das Jahr 2018 lagen die Extremwerte bei 6880 m (26. Februar) und 14630 m (22. Oktober). Der Median für das Jahr 2018 liegt 160 m über dem Median der Periode 1981–2010 (11480 m gegenüber 11320 m).

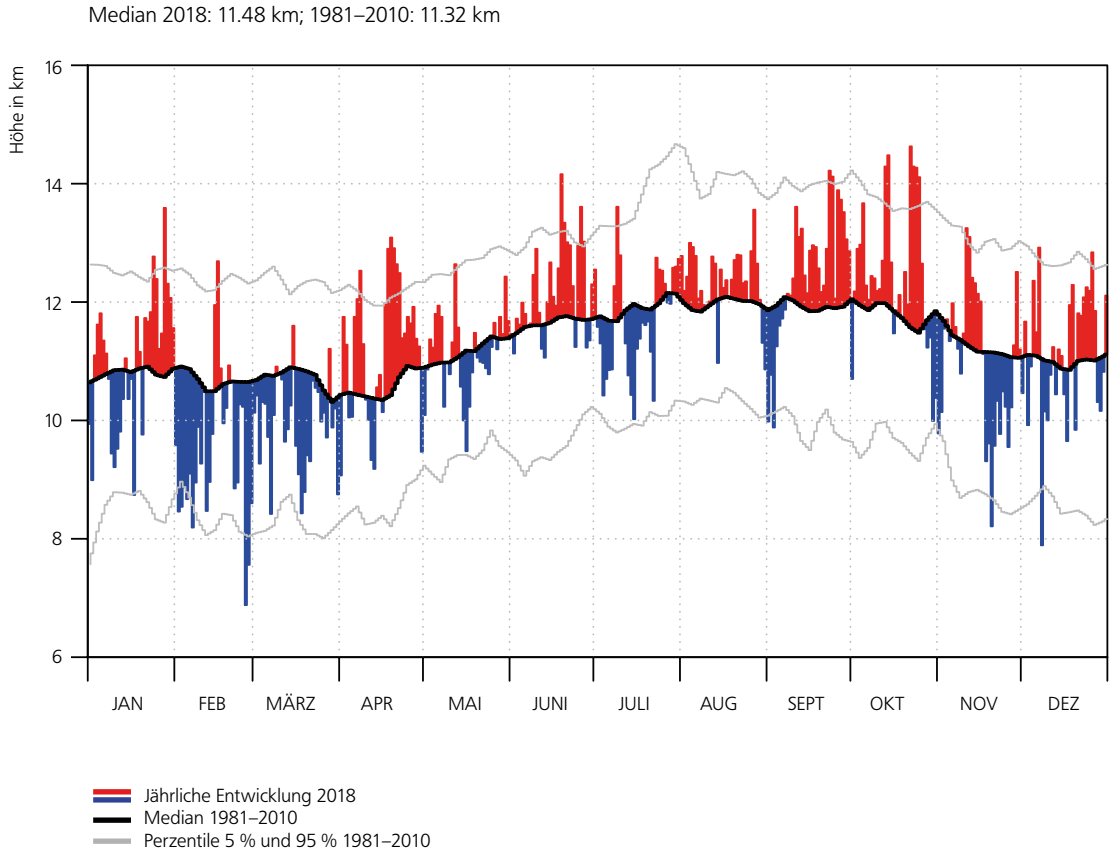


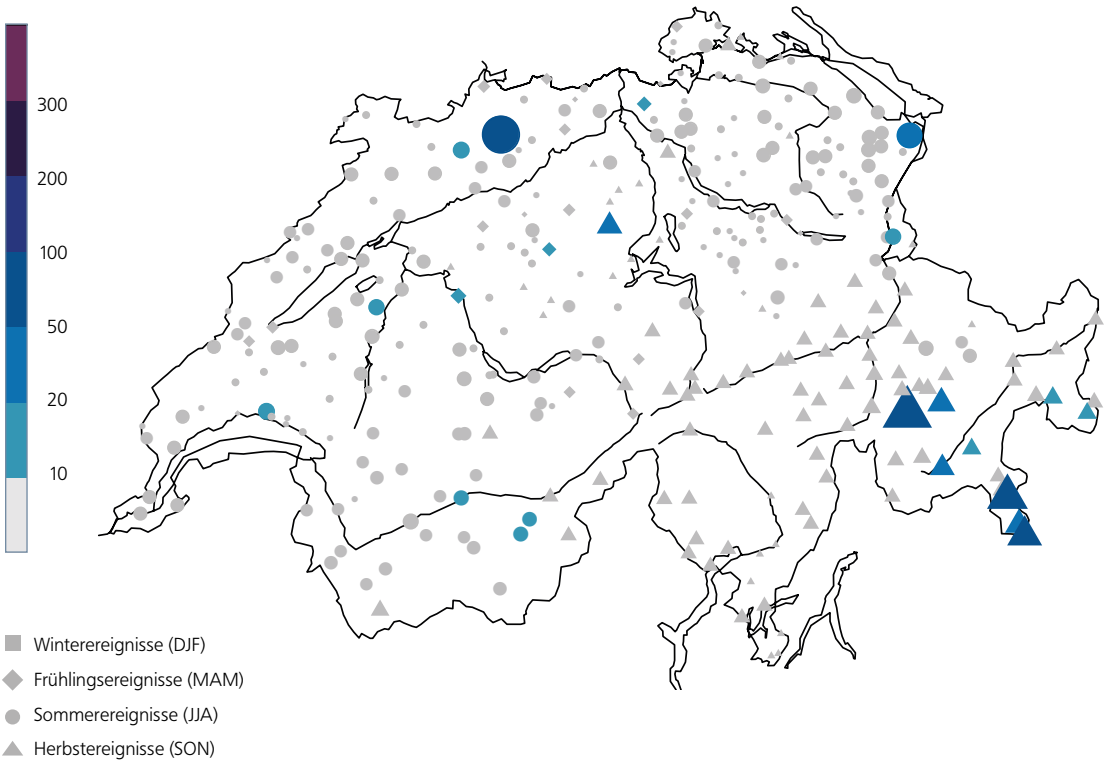
Abbildung 2.6
Tägliche Höhe der Tropopause über Payerne im Jahr 2018, ermittelt aus den aerologischen Radiosondenmessungen 00 UTC und 12 UTC. Der Medianwert (Referenzperiode 1981–2010) wurde mit homogenisierten Daten berechnet und mit einem numerischen Filter geglättet. Innerhalb der 5 % und 95 % Perzentil-Linien (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 häufig im langjährigen Durchschnitt das Überschreiten einer bestimmten Ereignisgrösse zu erwarten ist, z.B. alle 10 Jahre oder alle 20 Jahre. Diese Häufigkeitsangabe wird als Wiederkehrperiode bezeichnet.

Mit einem statistischen Verfahren (generalized extreme value analysis GEV mit Basisperiode 1966–2015) wird für jeden Niederschlags-Messstandort die höchste im Berichtsjahr erfasste 1-Tages Niederschlagssumme beurteilt. Die Station mit der längsten Wiederkehrperiode im Jahr 2018 ist Savognin (etwa 90 Jahre; 118,4 mm/Tag).

Abbildung 2.7
Wiederkehrperioden (in Jahren) der grössten 1-Tages Niederschlagssummen (6 bis 6 Uhr), unterschieden nach Saison, im Jahr 2018.



Die Punktgrösse und die Farbe entspricht der Länge der Wiederkehrperiode in Jahren.
Grau steht für Wiederkehrperioden von 10 Jahren oder weniger.

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 Erythemalfilter, 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 Jungfraujoch seit November 1996, in Payerne seit November 1997 und in Locarno-Monti seit Mai 2001.

Der Vergleich der gleitenden Monatsmittel mit den langjährig gemittelten Verlaufswerten zeigt im Jahr 2018 vor allem für den Zeitraum von Mitte Juni bis Ende Oktober aufgrund der überdurchschnittlichen Besonnung eine lange Periode mit deutlich erhöhter UV-Strahlung. Auf der Alpennordseite (Messstandort Payerne) und inneralpin (Messstandorte Davos und Jungfraujoch) wurde auch Mitte April 2018 bereits eine sehr sonnige Phase mit UV-Strahlung weit über der Norm registriert. Am Messstandort Locarno-Monti waren die Unterschiede zur Norm geringer. Auch südlich der Alpen herrschte während der Sommer- und Herbstmonate viel Sonnenschein, dies ist jedoch für die Südschweiz nicht aussergewöhnlich. Die stratosphärische Ozonschicht war im Jahr 2018 relativ mächtig, insbesondere in den Monaten Februar und März. Dies erklärt, warum die UV-Bestrahlungsstärke in diesen zwei Monaten an fast allen Stationen unter dem langjährigen Durchschnitt lag.

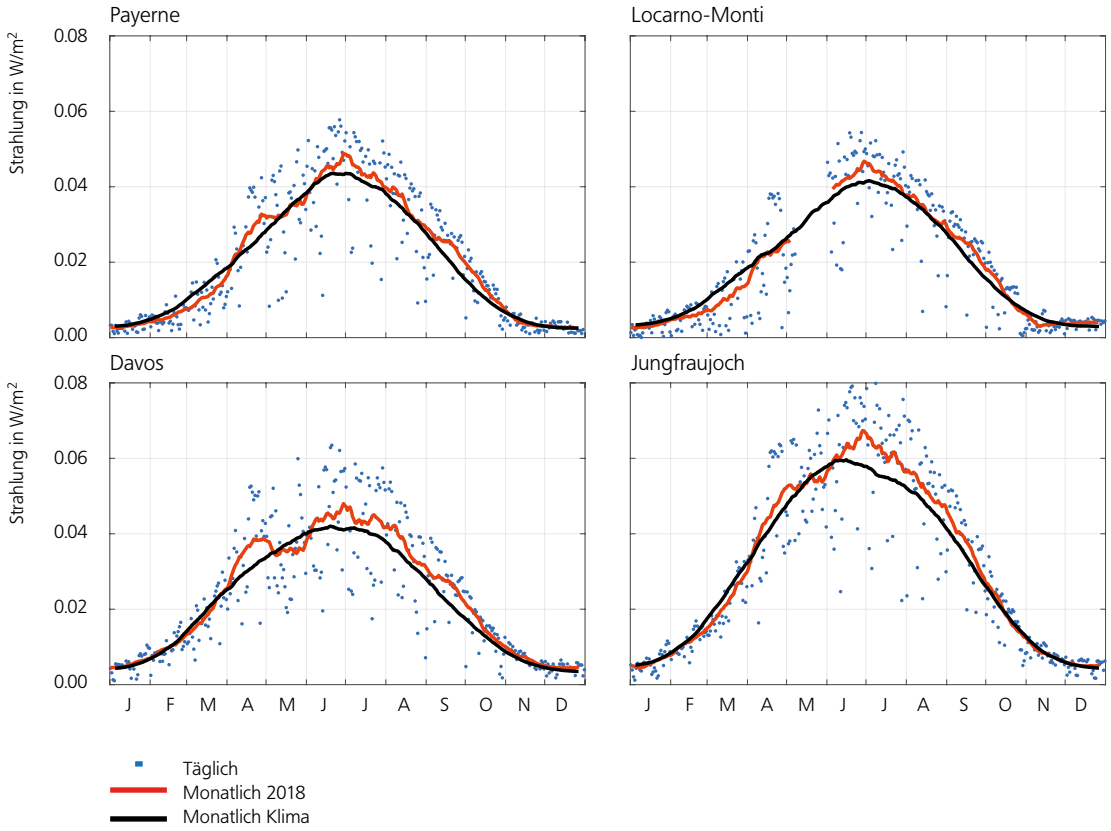


Abbildung 2.8
Tägliche Mittelwerte 2018 der erythemalen ultravioletten Strahlung (blaue Punkte) an den Messstationen Payerne, Locarno-Monti, Davos und Jungfraujoch. Rote Linie: gleitendes Monatsmittel (31 Tage). Schwarze Kurve: mittlerer jährlicher Verlauf berechnet aus den langjährigen Aufzeichnungen 1995–2017 (Davos), 1997–2017 (Jungfraujoch), 1998–2017 (Payerne) und 2001–2017 (Locarno-Monti). Am Standort Locarno-Monti gab es im Mai einen Messunterbruch.

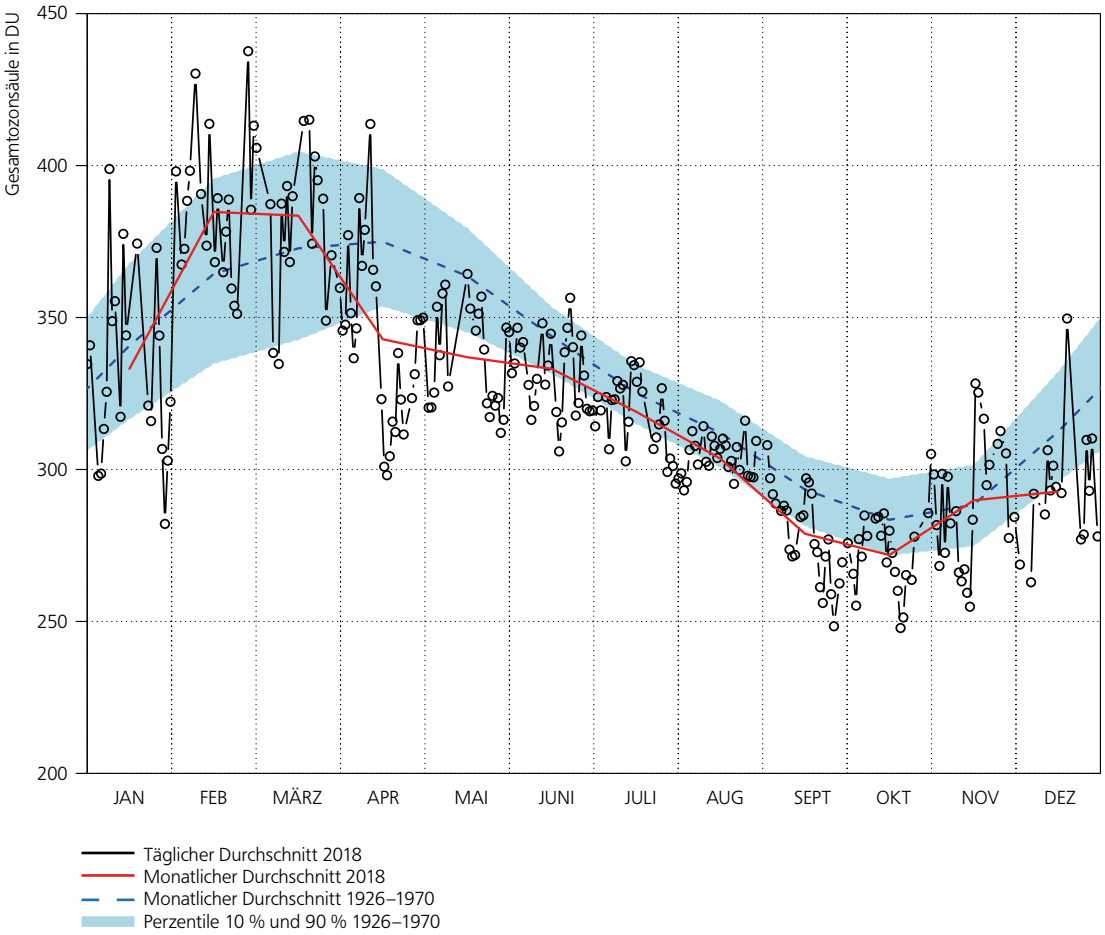
Ozonmessreihe Arosa

Die Entwicklung der Gesamtozonsäule über Arosa im Jahresverlauf (Abbildung 2.9) zeigt den typischen Jahresgang, mit einem Maximum, das im Frühling erreicht wird, und einem Minimum im Herbst. Die Entwicklung der Gesamtozonsäule im Jahresverlauf 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.

Die Normperiode 1926–1969 entspricht dem Zustand der Ozonschicht vor der Störung durch menschliche Einwirkung. Die langjährige Abnahme der in Arosa gemessenen Gesamtozonsäule begann um 1970, einer Zeit, als der weltweite Ausstoss von ozonschädigenden Substanzen stark anstieg. Seit dem Jahr 2000 ist über der Schweiz eine Stabilisierung des Gesamtozons festzustellen. Von Mitte April bis Mai 2018 lagen die Ozonwerte deutlich unterhalb dieser Norm, zwischen September und Oktober nur leicht darunter.

Abbildung 2.9

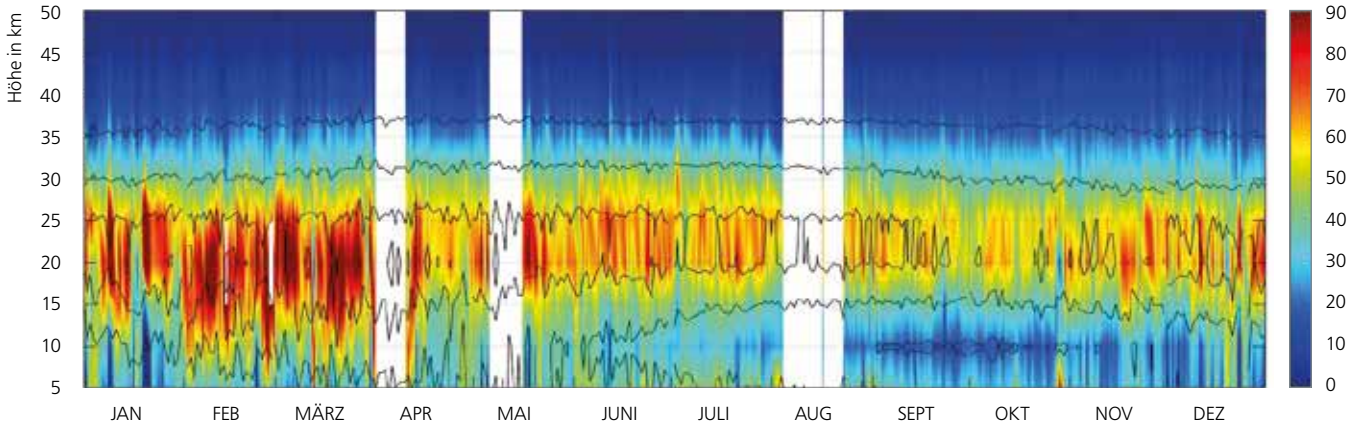
Entwicklung der Gesamtozonsäule über Arosa im Jahresverlauf 2018. Schwarze Kurve: täglicher Durchschnitt. Rote Kurve: monatlicher Durchschnitt. Die blaue Kurve zeigt den durchschnittlichen Jahresverlauf im Zeitraum 1926 bis 1969, also vor Einsetzen des Problems der stratosphärischen Ozonzerstörung. 80 % der Schwankungen von Jahr zu Jahr innerhalb des Zeitraums 1926 bis 1969 liegen innerhalb des blauen Bereichs.



Die Ozonprofile werden in Arosa seit 1956 von einem Dobson-Spektralphotometer gemessen. Es ist die längste Ozon-Messreihe der Welt. Für das Jahr 2018 sind die Schwankungen des Ozons in der folgenden Grafik (Abbildung 2.10) in Farbe angegeben. Die Mittelwerte der Jahre 1970 bis 1980 sind in Schwarz dargestellt (Höhenkurven 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.

Abbildung 2.10

Die in Arosa von einem Dobson-Spektralphotometer gemessenen Ozonprofile im Jahr 2018. 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 1 Stunde. Die Schwankung des Ozons im Jahresverlauf 2018 ist in der folgenden Grafik (Abbildung 2.11) mit Farbe, für das Jahr 2017 in Schwarz angegeben (Höhenkurven 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.

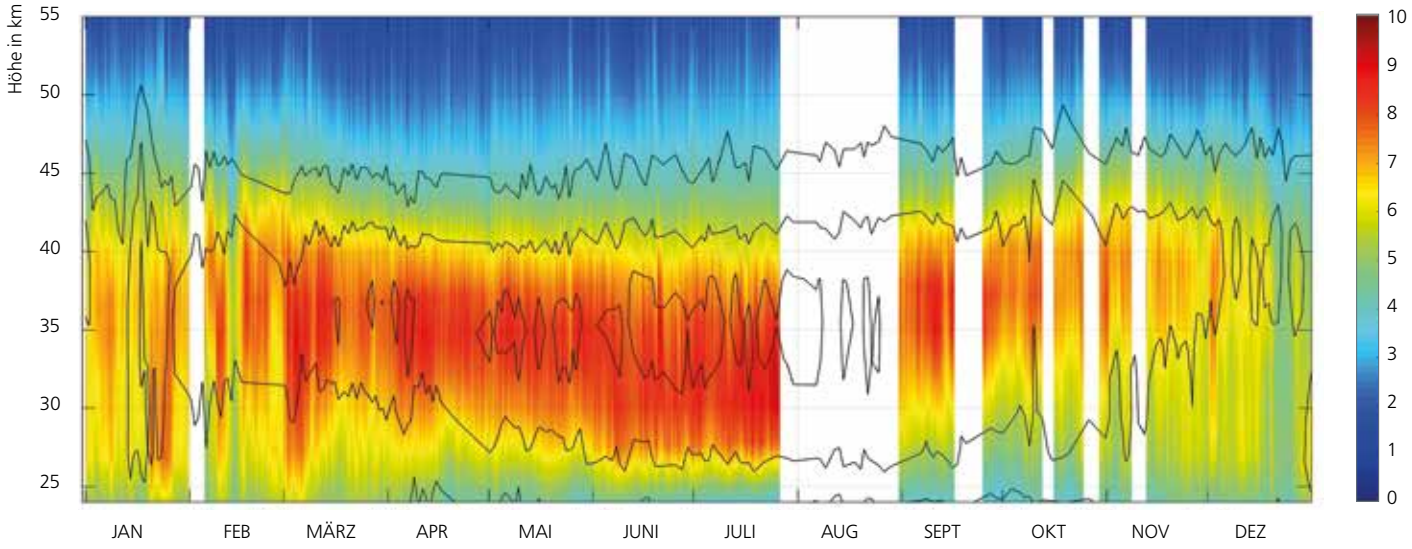


Abbildung 2.11

Durch Mikrowellenradiometer im Jahr 2018 in Payerne gemessene Ozonprofile. Die Grafik zeigt das Volumenmischungsverhältnis (VMR) des Ozons in Teilen pro Million (ppm). Rechte Skala zwischen 1 und 10 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. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung im Detail für das Jahr 2018 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 Maximum 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).

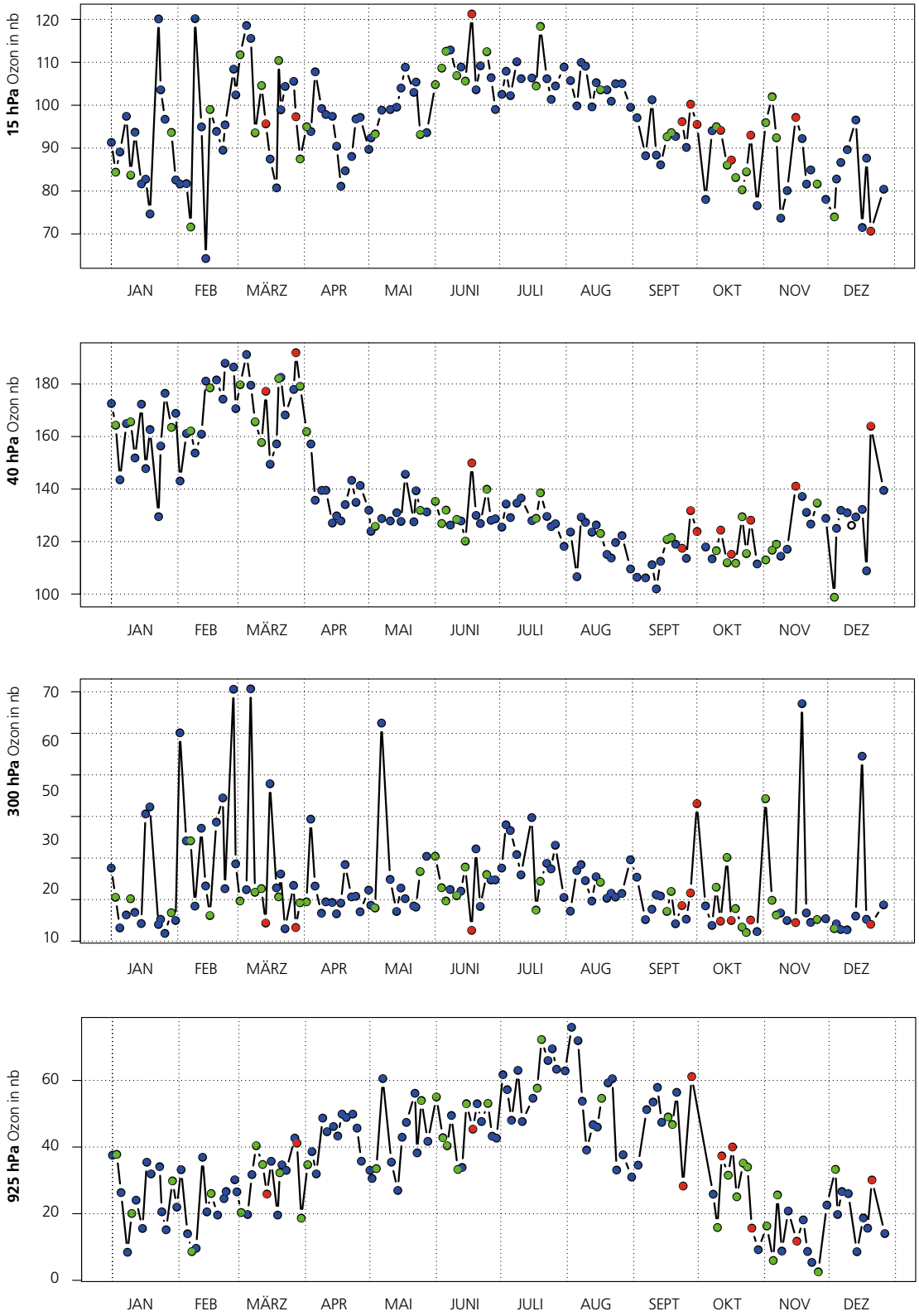


Abbildung 2.12

Verlauf der Ozonkonzentration (Partialdruck in Nanobar) im Jahr 2018 auf vier verschiedenen Druckniveaus (15, 40, 300, 925 hPa). Die Farben zeigen, wie gut die Ballonsondendaten mit der unabhängigen Ozonmessung von Arosa übereinstimmen: Blau: sehr gute Übereinstimmung; grün: gute Übereinstimmung; rot: signifikante Unterschiede.

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 auswirken bleibt eine der grossen Unsicherheiten der Klimamodelle [3]. Die auf dem Jungfraujoch seit 1995 vorgenommenen Aerosolmessungen sind Teil der weltweit langfristigsten Messreihen [4].

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 0,5 bis einige km aufweist.

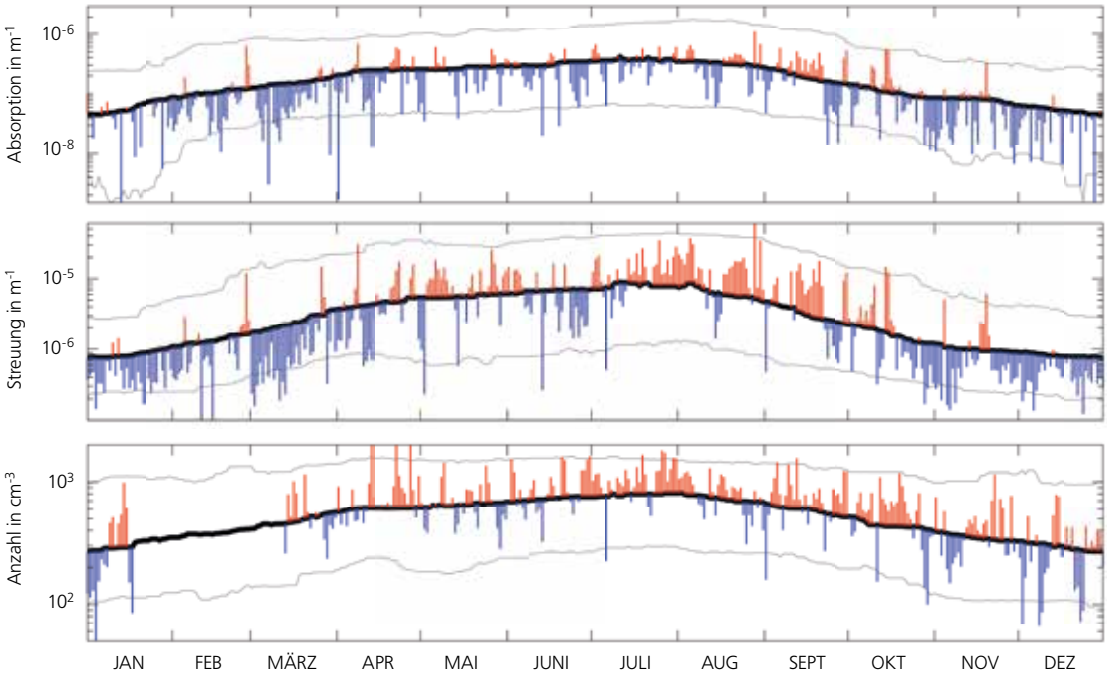
Im Sommer sorgt die Erwärmung des Bodens für aufsteigende Luftströmungen, die die Aerosole in grössere Höhen verfrachten. Das Jungfraujoch befindet sich dann verstärkt im Einflussbereich der planetaren Grenzschicht.

Im Winter befindet sich das Jungfraujoch die meiste Zeit in der freien Troposphäre [5] und eignet sich daher gut für die Messung der optischen Eigenschaften und der Konzentration von Aerosolen in weiter Entfernung von den Verschmutzungsquellen.

Im Jahr 2018 trugen hohe Temperaturen und fehlende Niederschläge im Sommer und Herbst zu erhöhten Aerosolkonzentrationen auf dem Jungfraujoch bei. Dies ist sowohl in den Messungen der Streuung, sowie bei der Anzahl der Partikel deutlich sichtbar.

Abbildung 2.13

Entwicklung des Absorptionskoeffizienten bei 880 nm (oben), des Diffusionskoeffizienten (Streuung) bei 550 nm (Mitte) und der zahlenmässigen Konzentration (unten) der Aerosole im Jahr 2018 auf dem Jungfraujoch. Die schwarze Kurve zeigt das Mittel der Periode 1995–2017. Innerhalb der grauen 5 % und 95 % Perzentil-Linien liegen 90 % der Tagesmittelwerte.



Vegetationsentwicklung

Die Vegetationsentwicklung im Jahr 2018 war in allen Monaten sehr früh, mit Ausnahme während der Monate Februar und März. Besonders früh begann die Blüte der Hasel im Januar, die Blattentfaltung der Bäume in höheren Lagen und vor allem die Sommerphasen, wie die Blüte des Schwarzen Holunders und der Sommer- und Winterlinde. Letztere fand mit einem Vorsprung von 9 bis 21 Tagen auf das Mittel der Periode 1981–2010 statt. Die Blüte der Winterlinde und die Weinlese wurden noch nie so früh beobachtet wie in diesem Jahr. Auch die Fruchtreife von Rotem und Schwarzem Holunder ab Juli wies neue Rekorde an vielen Beobachtungsstationen auf. Trockenstress führte bei den Bäumen bereits ab Ende Juli zu einer sehr frühen Blattverfärbung, wobei nur ein kleiner Teil der beobachteten Bäume davon betroffen war. Allgemein fand die Blattverfärbung zu einem mittleren Termin statt.

Frühling

Der Blühbeginn von Haselsträuchern (Beobachtung seit 1996) wurde vereinzelt schon Ende Dezember und dann vermehrt ab Anfang Januar beobachtet. Im Mittel der Stationen fand der Blühbeginn am 23. Januar statt, das sind 18 Tage früher als im Mittel seit Beobachtungsbeginn 1996. Nur in den Jahren 2016 und 2007 fand der Beginn der Haselblüte noch früher statt. Die ersten Meldungen zur allgemeinen Blüte der Hasel (beobachtet seit 1951) trafen ab dem 10. Januar ein, ebenfalls mit einem grossen Vorsprung. Im Januar betrug der Vorsprung auf das Mittel 1981–2010 26 bis 39 Tage. An 11 Stationen mit über 25-jährigen Datenreihen trat die allgemeine Blüte der Hasel noch nie so früh auf wie in diesem Jahr. Im Mittel über alle Stationen konnte die viertfrüheste Blüte beobachten werden, nach den Jahren 2016, 1994 und 2007.

Nach dieser sehr frühen Blüte der ersten Haselsträucher entwickelte sich die Vegetation im Februar kaum mehr weiter, weil die Temperaturen dafür zu tief waren. Im März bei der Blüte von Huflattich und Buschwindröschen war der ganze Vorsprung der Vegetation eingebüsst und beide Pflanzen blühten zu einem normalen Zeitpunkt. Da auch der März zu kalt war, entwickelte sich die Vegetation Anfang April weiterhin ungefähr im Mittel der Vergleichsperiode. Der Frühling hielt erst im April, dem zweitwärmsten seit Messbeginn, so richtig Einzug, und dies mit sehr grosser Geschwindigkeit.

Ab dem 10. April konnten verbreitet blühender Löwenzahn, Wiesenschaumkraut und ab Mitte April blühende Obstbäume beobachtet werden. Normalerweise blühen die Birnbäume unterhalb 1000 m ü. M. etwa eine Woche nach den Kirschbäumen und die Apfelbäume etwa 5 Tage nach den Birnbäumen. In diesem Jahr lagen die mittleren Daten der Vollblüte sehr nahe beieinander: am 18. April die Blüte der Kirschbäume, am 20. April die Birnbäume und am 24. April die Apfelbäume. Der Vorsprung der Kirschenblüte betrug im Durchschnitt 6 Tage auf das Mittel von 1981–2010, jener der Birnbäume 7 Tage und jener der Apfelbäume 9 Tage.

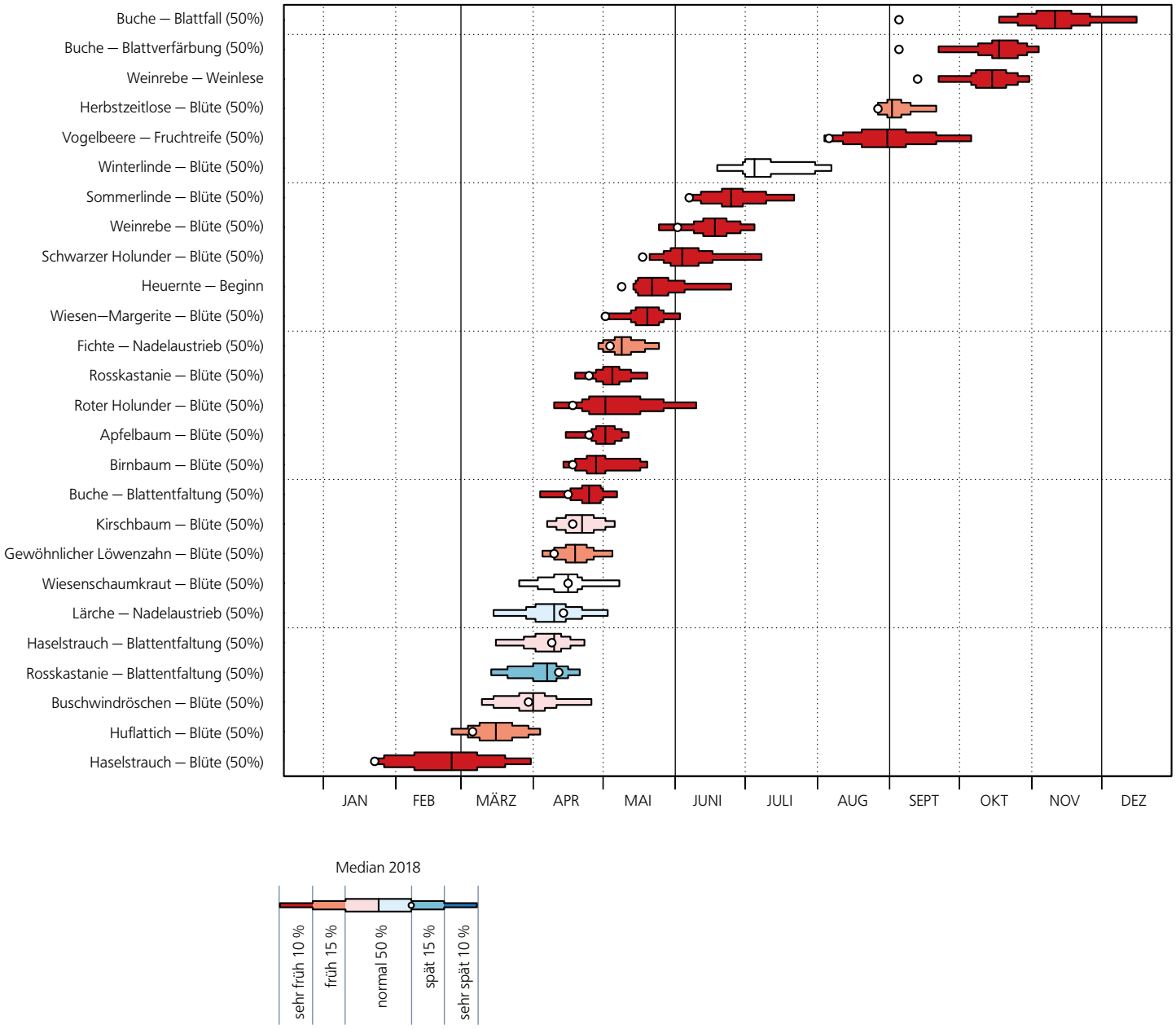
Ab Mitte April wurden die Wälder sehr schnell grün. Während unterhalb von 600 m ü. M. die Blattentfaltung von Hasel, Birke, Rosskastanie, Buche und der Nadelaustrieb der Lärche zu einem normalen Zeitpunkt bis höchstens 6 Tage Vorsprung auf das Mittel stattfand, verfrühte sie sich immer mehr, je weiter sie sich in die Höhe fortsetzte. In tiefen Lagen konnten grüne Buchen ab Mitte April beobachtet werden; ab dem 21. April wurden sie schon auf über 1000 m ü. M. festgestellt.

Der Vorsprung der Blattentfaltung der Buche betrug unterhalb 600 m ü. M. 6 Tage, zwischen 600 und 1000 m ü. M. 10 Tage und oberhalb von 1000 m ü. M. 14 Tage. Damit betrug der Höhengradient, d.h. das Fortschreiten der Entwicklung mit zunehmender Höhe 1 Tag/100 m, während er normalerweise bei der Buche 2,1 Tage/100 m beträgt.

Diese Beschleunigung mit zunehmender Höhe war für alle phänologischen Phasen im April sichtbar. Insgesamt betrug der Vorsprung der Blattentfaltung der Buche 5 bis 12 Tage auf das Mittel der Periode 1981–2010 und an 78 % aller Stationen wurde sie als «früh» oder «sehr früh» klassiert. Ab dem 20. April blühten die Rosskastanien und ab Ende April die Margeriten. Beide hatten einen Vorsprung von 6 bis 15 Tagen auf das Mittel. Auch bei diesen beiden Pflanzen wurde an 76–78 % aller Stationen die Blüte als «früh» oder «sehr früh» klassiert. Im Tessin hingegen war die Vegetation in der ersten Aprilhälfte verspätet und holte ihren Rückstand erst gegen Ende April auf. In den tiefen Lagen des Tessins fand die Blüte der Obstbäume unterhalb von 800 m ü. M. rund ein bis zwei Wochen später statt als im Mittel.

Abbildung 2.14

Phänologischer Kalender 2018 von Rafz. Die Verteilung zeigt die Vergleichsperiode 1981–2010. 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 2018 oder liegt sie präzis beim Median, bleibt die Vergleichsperiode weiss. Das aktuelle Jahr wird mit der Periode 1981–2010 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 2018 angegeben (d.h. für das 25 %- und das 75 %-Quantil) oder für den Median. Einige phänologische Phasen werden erst seit 1996 beobachtet, für diese Phasen wird die Abweichung von der gesamten Periode 1996–2017 angegeben.



Sommer

Die Temperatur im Mai und Juli war die fünfthöchste und im Juni die vierthöchste seit Messbeginn. Zusammen mit dem zweitwärmsten April seit Messbeginn war das eine perfekte Voraussetzungen für eine sehr rasche Vegetationsentwicklung. Schon ab Anfang Mai konnte blühender Schwarzer Holunder beobachtet werden. Insgesamt betrug der Vorsprung der Holunderblüte 9 bis 18 Tage auf das Mittel.

Die Weinreben blühten 8 bis 20 Tage früher, die Sommerlinden 9 bis 19 Tage und die Winterlinden 9 bis 21 früher als im Mittel. Bei all diesen Pflanzenarten meldeten 78–83 % aller Stationen einen «frühen» oder «sehr frühen» Eintritt. Die Blüte des Schwarzen Holunders war die drittfrüheste nach den Jahren 2007 und 2011, die Blüte der Sommerlinde die zweitfrüheste nach 2011 und die Blüte der Winterlinde die früheste seit Beobachtungsbeginn 1951.

An mehreren Stationen wurden neue Rekorde verzeichnet, am meisten bei der Sommerlinde, bei der 28 % der Stationen während der gesamten Messreihe noch nie eine so frühe Blüte beobachteten. Die Fruchtreife der Vogelbeere wurde ab Juli bis Mitte September beobachtet, mit einem Vorsprung von bis zu 27 Tagen. Es war die drittfrüheste Fruchtreife nach den Jahren 2011 und 2003. An 18 % der Stationen wurden neue Rekorde beobachtet. Die Fruchtreife des Roten und des Schwarzen Holunders wird erst seit 1996 beobachtet. Ihr Vorsprung auf das Mittel der Periode 1996–2017 betrug 6 bis 21 Tage. 23 % beziehungsweise 28 % aller Stationen meldeten die Fruchtreife noch nie so früh wie in diesem Jahr. Beide Phasen traten insgesamt seit 1996 noch nie so früh auf wie 2018.

Herbst

Das ganze Sommerhalbjahr von April bis September war das wärmste seit Messbeginn 1864. Zudem war der Sommer 2018 sehr trocken. Dieser Trockenstress im Sommer führte bei vielen Bäumen zu einer frühzeitigen Blattverfärbung oder zu Blattverlusten. Unter Trockenheit litten vor allem die Buchen, besonders häufig an Standorten mit geringmächtigen oder durchlässigen Böden. Ab Ende Juli konnte das frühzeitige Verwelken der Blätter von Buchen und anderen Laubbäumen in verschiedenen Regionen beobachtet werden. Bei der Buche meldeten 18 % der Stationen ein sehr frühe Blattverfärbung, d.h. von Juli bis Anfang Oktober mit einem mittleren Vorsprung von 23 Tagen.

Über alle Stationen gemittelt fand die Blattverfärbung der Buche jedoch ziemlich genau im Mittel der Periode 1981–2010 statt, mit nur 1 Tag Vorsprung. Die Spannweite der Daten der Blattverfärbung war in diesem Jahr sehr gross, denn es gab neben den sehr frühen Beobachtungen bei der Buche auch 30 % der Stationen mit später oder sehr später Blattverfärbung. Das heisst, dass nur ein kleinerer Teil der im phänologischen Netz beobachteten Bäume aufgrund der Trockenheit mit einer sehr frühen Blattverfärbung reagierte. Ein Teil der Bäume profitierte sogar von den lang anhaltenden, hohen Temperaturen und behielt die grünen Blätter deutlich länger als im Mittel.

Dasselbe Muster der grossen Spannweite der Daten zeigte sich auch bei den anderen beobachteten Bäumen wie Linden, Birken, Rosskastanien, Vogelbeeren und der Lärche. Im Gegensatz zum Hitzesommer 2003, gab es in diesem Jahr nur an wenigen Stationen neue rekordfrühe Blattverfärbungen. Interessant ist, dass die Spannweite der Daten im Hitzesommer 2003 noch etwas grösser war als 2018, im Hitzesommer 2015 jedoch deutlich schmaler. Der Blattfall der Buchen fand teilweise ebenfalls schon im September statt, im Mittel jedoch am 30. Oktober und lag damit nur 3 Tage vor dem Durchschnitt der Vergleichsperiode. Die Lärchennadeln fielen oberhalb von 1000 m ü. M im Mittel am 9. November und unterhalb von 1000 m am 20. November. Bei 43 % der Stationen konnte dieses Datum als «spät» oder «sehr spät» eingeordnet werden.

An 37 phänologischen Stationen wurde die Weinlese beobachtet, die in diesem Jahr so früh wie noch nie seit Beobachtungsbeginn 1951 auftrat. Im Durchschnitt der Stationen fand sie am 18. September statt mit einem Vorsprung von 25 Tagen auf das Mittel. Damit fand sie 4 Tage früher statt als im Jahr 2003, dem zweitfrühesten Jahr.

Pollensaison

Die Intensität der Pollensaison vieler Bäume und Sträucher war im Jahr 2018 extrem. Es gab viele neue Rekorde bei der Stärke der Pollensaison für Hasel, Erle, Birke, Esche und Eiche. Die Pollensaison begann sehr früh, und es wurden bereits im Januar starke Hasel- und Erlenpollenkonzentrationen gemessen. Die Gräserpollensaison war auf der Alpennordseite früher als normal beendet, möglicherweise aufgrund der grossen Trockenheit. Die Pollensaison 2018 wird mit dem 20-jährigen Mittel 1997–2016 verglichen.

Auf der Webseite der MeteoSchweiz zeigen Jahresgrafiken der 14 wichtigsten allergenen Arten die mittlere tägliche Pollenbelastung für die Stationen des Schweizer Pollenmessnetzes. Während der Pollensaison werden die Grafiken wöchentlich aktualisiert.

www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/pollensaison.html

Beginn der Pollensaison

Die ersten Haselpollen wurden ab Anfang Januar gemessen. Mässige Belastungen traten ab dem 5. Januar in Genève, ab dem 9. Januar in Münsterlingen und Luzern und bis zum 15. Januar an den andern Messstationen auf. Das sind auf der Alpennordseite 18 Tage und im Tessin 3 Tage früher als im Mittel der 20-jährigen Vergleichsperiode von 1997–2016. Anfang Januar wurden auch erste Erlenpollen gemessen. Der Anstieg auf mässige Belastungen erfolgte an den meisten Stationen erst zwischen dem 15. und 24. Januar, auf der Alpennordseite durchschnittlich 16 Tage und im Tessin 3 Tage früher als im Mittel. Während der letzten Januarwoche traten starke Belastungen auf.

In Genève und Lausanne ist dieser Termin der früheste Anstieg auf starke Erlenpollenbelastungen der gesamten Messperiode, in Luzern der zweitfrüheste und an den andern Stationen der dritt- oder viertfrüheste. Im Februar und März wurde die Vegetationsentwicklung wegen den tiefen Temperaturen gebremst, so dass Birken und Eschen erst mit Verspätung zu blühen begannen. Die Eschenpollensaison startete Ende März, im Tessin rund 12 Tage und auf der Alpennordseite 6–12 Tage später als im Mittel. Der erste Tag mit starkem Birkenpollenflug wurde vom 5. bis 8. April registriert, im Tessin mit 7–8 Tagen und auf der Alpennordseite mit 2–6 Tagen Verspätung. Im April holte die Vegetation den Rückstand schnell auf und die Gräserpollensaison begann im Verlauf des Monats in der Westschweiz 1–3 Tage, im Tessin 3–6 Tage und auf der Alpennordseite sogar 10 Tage früher als im Mittel. Sehr schnell begann der Anstieg auf starke Gräserpollenbelastungen, gefördert durch die hohen Temperaturen in der zweiten Aprilhälfte und Anfang Mai.

In Lugano, Buchs SG und Münsterlingen konnten bereits Ende April das erste Mal starke Gräserpollenkonzentrationen gemessen werden, an den restlichen Tieflandstationen war dies in der ersten Maiwoche der Fall. Im Durchschnitt der Stationen der Alpennordseite fand dieser Anstieg 10 Tage früher statt als im Mittel. In Münsterlingen war es der früheste Anstieg, der je gemessen wurde (seit 1987). Der zweit- oder drittfrüheste Anstieg seit Messbeginn wurde auch in Bern, La Chaux-de-Fonds, Luzern, Neuchâtel und Zürich registriert. Im Tessin gehörte der Anstieg jedoch nicht zu den frühesten.

Der Beginn der Pollensaison von Beifuss und Ambrosia schwankt nicht stark, weil das Datum auch von der Tageslänge mitbestimmt wird. In diesem Jahr begann die Beifusssaison in Visp knapp eine Woche früher als im Mittel.

Dauer der Pollensaison

Die Hasel- und die Erlenpollensaison dauerten sehr lang, weil ein früher Beginn und ein spätes Ende (an einigen Stationen erst Mitte bis Ende März) gekoppelt waren. Die Haselpollensaison dauerte vom ersten bis letztem Tag mit starkem Haselpollenflug auf der Alpennordseite im Durchschnitt 53 Tage, im Tessin sogar 71 Tage. Das sind 31 Tage mehr als im Mittel der Vergleichsperiode 1997–2016. Es erstaunt nicht, dass es an 8 der Stationen die längste Haselpollensaison seit Messbeginn war. Wegen des späten Beginns und eines sehr starken, gleichzeitigen Aufblühens bei den Birken und den Eschen war die Pollensaison dieser Arten kürzer als im Mittel.

Bei der Esche konzentrierte sich die Hauptpollensaison auf rund 3 Wochen, bei der Birke auf 29–42 Tage. Deutlich kürzer als im Mittel war die Birkenpollensaison in Visp und im Tessin mit 32–36 Tagen resp. 16–22 Tagen. Der Grund war, dass sich die Birken in den Bergen sehr rasch entwickelten und ein bis zwei Wochen früher blühten als normal. Deshalb fehlten in diesem Jahr im Wallis und im Tessin die Transportereignisse von Birkenpollen aus den Bergen, die normalerweise deutlich nach der Blüte im Tal auftreten und so für eine lange Pollensaison sorgen.

Bei den Gräserpollen wurde der letzte Tag mit starkem Pollenflug in der letzten Junidekade oder Anfang Juli gemessen; im Tessin später als normal und auf der Alpennordseite um fast zwei Wochen früher als normal. Ausnahmen waren Buchs SG und Luzern, wo der starke Gräserpollenflug bis Ende Juli oder sogar Anfang August andauerte. Das frühe Ende des starken Pollenflugs kann möglicherweise auf die Trockenheit zurückgeführt werden. Ein ähnlich frühes Ende wurde auch im Hitzesommer 2003 beobachtet.

Intensität der Pollensaison

Das Pollenjahr 2018 gehörte bei den Bäumen und Sträuchern zu den stärksten, die je gemessen wurden. Besonders pollenintensiv war der Monat April, der sehr hohe Pollenkonzentrationen mehrerer Arten aufwies. Eine Kombination von langen Phasen mit sehr günstigen Pollenflugbedingungen (Januar, April, Anfang Mai) und einer grossen Anzahl angelegter Blüten führte zu dieser sehr starken Pollenbelastung. Schon die Hasel- und Erlenpollensaison waren sehr stark. Im Tessin wurden 28–34 Tage mit starkem Haselpollenflug und 26–33 Tage mit starkem Erlenpollenflug gemessen. Bei der Hasel war es die stärkste je gemessene Pollensaison in Locarno und Lugano, bei der Erle war es die stärkste je gemessene Saison in Locarno.

Auch auf der Alpennordseite gehörte die Haselpollensaison zu den intensivsten, während die Erlenpollensaison im Mittel die vierstärkste der Vergleichsperiode war. Während der Birkenblüte im April wurden die Pollen kaum je durch Niederschläge aus der Luft ausgewaschen und blieben lange in der Luft, weshalb die täglichen Pollenkonzentrationen sehr hoch waren. In Basel, La Chaux-de-Fonds, Genève, Lausanne, Luzern und Neuchâtel wurden während der Vergleichsperiode noch nie so viele Tage mit sehr starkem Birkenpollenflug gemessen wie in diesem Jahr. Insgesamt wurden 16–24 Tage mit starkem und davon 8–16 Tage mit sehr starkem Pollenflug gemessen. Die Gesamtpollenmenge war in der Westschweiz (mit Ausnahme von Neuchâtel), in Bern, Luzern und in Locarno die höchste seit Messbeginn, in Neuchâtel, Lugano, Zürich war es die zweit- oder dritthöchste seit Messbeginn.

In der Nord- und Ostschweiz gehörte die Birkenpollensaison ebenfalls zu den Jahren mit sehr grosser Pollenmenge, aber sie erreichte keinen neuen Rekord. In Visp lag die Intensität der Birkenpollensaison etwa im Mittel der Vergleichsperiode. Wie bei der Birke waren bei der Esche vor allem die Anzahl Tage mit sehr starkem Pollenflug an allen Stationen deutlich höher als im Mittel. Die Eschenpollensaison war in der Westschweiz die stärkste seit Messbeginn. In Genève und La Chaux-de-Fonds wurde mit 3220 Pollen/m^3 bzw. 1785 Pollen/m^3 die höchste mittlere tägliche Pollenkonzentration seit Messbeginn registriert.

In der Deutschschweiz und im Tessin war die Eschenpollensaison ebenfalls stärker als normal, aber nicht so extrem. Im April blühten auch Hagebuchen, Buchen, Eichen und Platanen. Dabei erreichten die Eichenpollen vor allem in der Deutschschweiz an vielen Stationen so hohe Werte wie noch nie seit Messbeginn. In der Westschweiz und im Tessin war die Eichenpollensaison stark, aber nicht extrem. Bei Hagebuche, Buche und Platane war die Pollenmenge etwas höher als im Mittel. In Erinnerung blieb die starke Blüte der Nadelbäume. Die Pollen sind so gross, dass man sie gut sehen kann. Ende April konnten an vielen Orten gelbe Pollenwolken über den Wäldern beobachtet werden. Nadelholzpollen lösen beim Menschen jedoch keine Allergien aus.

In Bern und in Zürich lag die maximale Tagespollenkonzentration der Fichte bei 700–800 Pollen/m^3 und war in Bern die höchste, in Zürich die dritthöchste seit Messbeginn. Die Intensität der Gräserpollensaison war regional sehr unterschiedlich. Starker Pollenflug wurde in Buchs und Luzern mit 65 beziehungsweise 54 Tagen verzeichnet. In Buchs waren es 26 Tage und in Luzern 21 Tage mehr als im Durchschnitt. An beiden Stationen nimmt der Gräserpollenflug seit mehreren Jahren zu, wobei der Grund dafür noch nicht bekannt ist und vermutlich die Bewirtschaftung mit eine Rolle spielt.

Auch in Bern war die Pollensaison intensiver als normal. Sehr schwach war die Pollensaion hingegen in Genève und Neuchâtel. In Genève gab es 25 Tage mit starkem Pollenflug (10 Tage weniger) und in Neuchâtel 15 Tage (16 Tage weniger als normal). An allen andern Stationen war die Intensität der Pollensaison durchschnittlich, in der Deutschschweiz leicht über dem Mittel und in der Westschweiz und im Wallis leicht darunter.

Im Tessin fiel die Gräserpollensaison etwas stärker aus als normal, wobei die Saison allgemein deutlich schwächer verläuft als auf der Alpennordseite. Die Beifusspollensaison verlief durchschnittlich, wobei nur in Visp starker Pollenflug gemessen wurde. Der Ambrosiapollenflug war im Tessin erneut sehr schwach. In Lugano und Locarno war es die schwächste Saison der Vergleichsperiode. Der Grund für die seit 2013 tiefen Ambrosiapollenkonzentrationen im Tessin ist das Vorkommen des Ambrosia-Blattkäfers (Ophraella communa) in Norditalien und im Tessin, welcher die Ambrosiapflanzen stark schädigt und so den Pollenflug reduziert.

In Frankreich und in der Westschweiz kommt der Ambrosia-Blattkäfer nicht vor, weshalb die Pollenkonzentrationen dort weiterhin hoch sind. An den Messstationen Genève und Lausanne lag die Gesamtpollenmenge von Ambrosia etwa im Mittel der 20-jährigen Vergleichsperiode 1996–2015. In Genève wurden 7 Tage mit starkem Ambrosia-Pollenflug gemessen, in Lausanne 3 Tage. In Meyrin, einer zusätzlichen Station für die Ambrosiapollenüberwachung, war der Pollenflug deutlich höher als in den Vorjahren und es wurden 12 Tage mit starkem Pollenflug gemessen. Mehrere mit Ambrosiapflanzen bewachsene Felder wurden in der Nähe der Pollenfalle entdeckt.

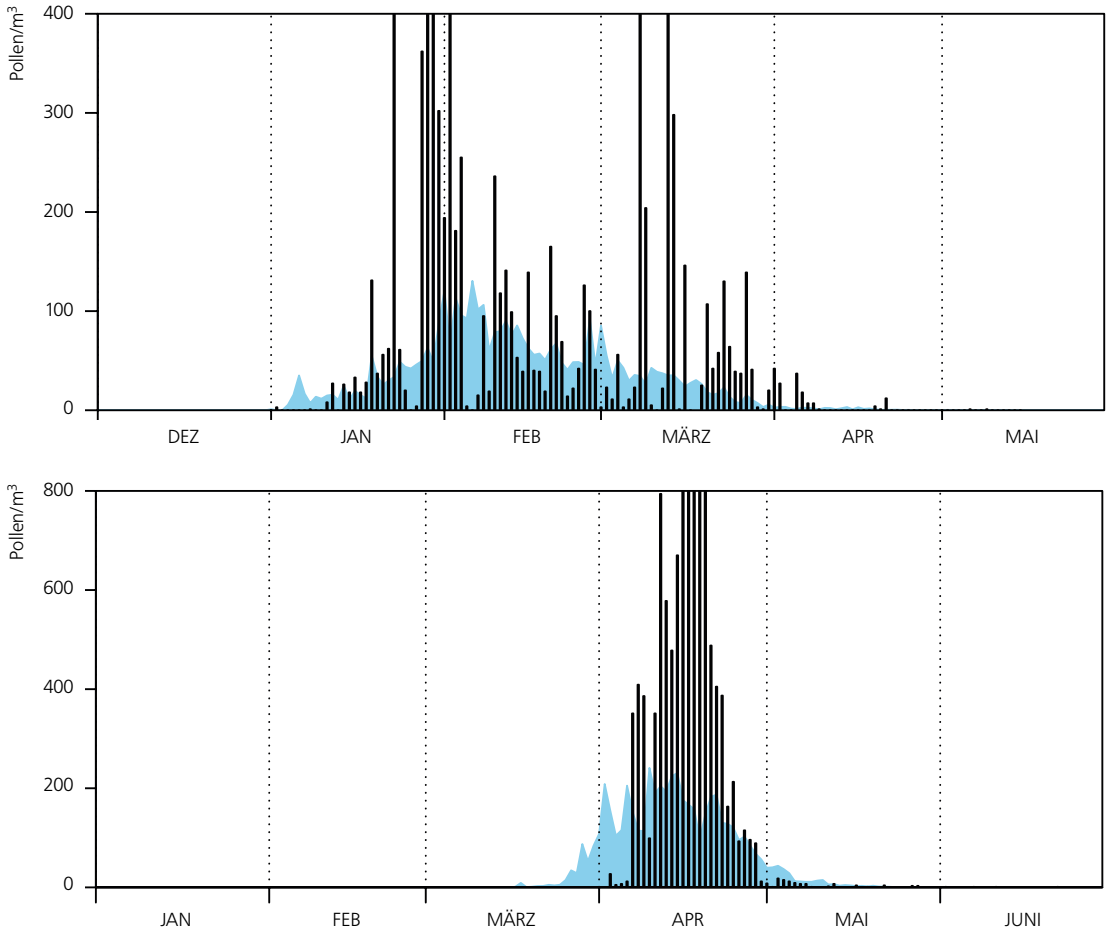


Abbildung 2.15

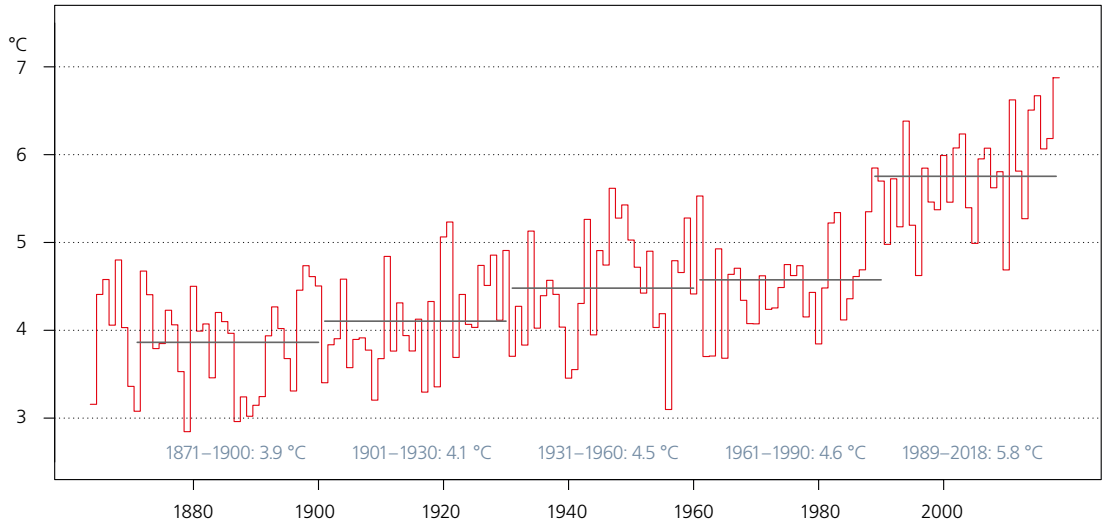
Verlauf der Haselpollensaison 2018 in Locarno (oben) und der Birkenpollensaison 2018 in Lausanne (unten) im Vergleich zum 20-jährigen Mittel von 1997–2016 (blaue Kurve). Die Haselpollensaison dauerte in Locarno sehr lange und wies 28 Tage mit starkem Pollenflug auf. Die Birkenpollensaison begann spät und erreichte im April in Lausanne an 23 aufeinander folgenden Tagen starke und sehr starke Belastungen.

3| Besonderheiten 2018

3.1 Jahr 2018 mit Rekordwärme

Die Jahrestemperatur stieg mit 6,9 °C auf den höchsten Wert seit Messbeginn 1864. Auch das meteorologische Jahr von Dezember 2017 bis November 2018 lieferte mit 6,7 °C eine neue Rekordwärme. Das Jahr 2018 ist das vierte in kurzer Folge mit weit überdurchschnittlicher Temperatur. Zusammen mit den bisherigen Rekordjahren 2015 mit 6,6 °C, 2014 mit 6,5 °C und 2011 mit 6,6 °C hebt es sich deutlich ab von allen übrigen Jahren seit Messbeginn 1864.

Abbildung 3.1
Landesweit gemittelte Jahrestemperatur (Januar bis Dezember) seit Messbeginn 1864. Das Jahr 2018 erreicht 6,9 °C. Die grauen Linien zeigen die 30-jährigen Standard-Normperioden 1871–1900, 1901–1930, 1931–1960 und 1961–1990, sowie die Normtemperatur der vergangenen 30 Jahre 1989–2018.



Neue Temperaturdimension

Während der letzten 30 Jahre zwischen 1989 und 2018 lag die durchschnittliche Schweizer Jahrestemperatur bei 5,8 °C. In der Zeit davor bedeutete eine Jahrestemperatur von 5,8 °C etwas ganz Ausserordentliches. In der langen Messperiode von 1864 bis 1988 erreichten selbst die extremsten Jahre diesen Wert nie. Heute ist das früher Unerreichte zum Durchschnitt geworden.

Gleichzeitig waren wirklich kühle Jahre mit Mitteltemperaturen um 4 °C oder tiefer früher eine häufige Erscheinung. Sie sind aus dem heutigen Klima der Schweiz verschwunden. In den letzten 30 Jahren sank die landesweite Jahrestemperatur auch in den kühlsten Jahren nicht einmal mehr bis zur früheren Norm 1961–1990 ab.

Von der vorindustriellen Referenzperiode 1871–1900 bis zur Klimaperiode 1989–2018 ist die Jahrestemperatur in der Schweiz um 1,9 °C angestiegen. Der massive Anstieg der Normtemperatur und das Verschwinden wirklich kühler Jahre sind eindrückliche Signale des laufenden Klimawandels.

Die unendliche Wärme 2018

Zehn Monate des Jahres 2018 brachten überdurchschnittliche Wärme, sechs davon im extremen Bereich. Die Schweiz registrierte den mildesten Januar seit Messbeginn 1864 und die Monate April bis August belegten die Ränge zwei bis fünf. Die Dezembertemperatur lag ebenfalls über der Norm. Das Sommerhalbjahr 2018 von April bis September lieferte eine neue Rekordwärme.

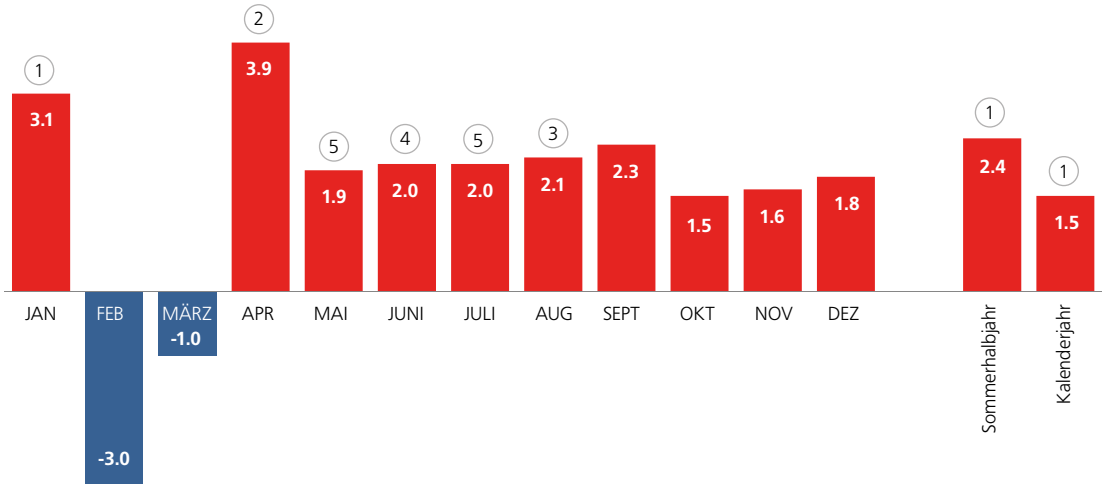


Abbildung 3.2
Das Jahr 2018 im Überblick: Landesweit gemittelte Temperatur (°C) der Monate, des Sommerhalbjahres April bis September und des Kalenderjahres Januar bis Dezember als Abweichung zur Norm 1981–2010. Rangierungen zwischen 1 und 5 sind mit eingekreisten Zahlen angegeben.

3.2
Wintersturm Burglind

Vom 1. bis zum 5. Januar 2018 führten kräftige Strömungen feuchtmilde Luft aus dem Atlantikraum zur Schweiz. In tieferen Lagen fiel verbreitet Regen, oberhalb von 1 000 m Schnee. Eingebettet in das atlantisch-europäische Windregime zog am Vormittag des 3. Januar 2018 der heftige Sturm Burglind über die Schweiz. Es war der stärkste Wintersturm seit Lothar 1999. Burglind brachte vor allem im Jura und im Flachland der Alpennordseite aussergewöhnlich starke Winde. Im Fachbericht der MeteoSchweiz Nr. 238 wird der Sturm Burglind ausführlich behandelt [6].

Lokal neue Windrekorde

Im Mittelland erreichten die Windspitzen während Burglind meist zwischen 80 und 125 km/h. An vier Messstandorten gab es Werte über 130 km/h. Die Messstation Wädenswil am Zürichsee registrierte mit 151 km/h einen erstaunlichen neuen Rekord. Dies deshalb, weil eine solche Windspitze am Messstandort Wädenswil nur alle 100 Jahre oder seltener zu erwarten ist. An den übrigen Messstandorten des Mittellands mit verfügbaren Analysen zur Wiederkehrdauer sind die während Burglind gemessenen Windspitzen etwa alle 20 Jahre oder häufiger zu erwarten. Während des Jahrhundertsturms Lothar vom 26. Dezember 1999 zeigte die Messstation Wädenswil eine Windspitze von 131 km/h. Die gleiche Windspitze brachte hier auch der Sturm Wilma vom 26. Januar 1995.

In Gipfellagen führte Burglind zu Höchstwerten zwischen 150 und 200 km/h. Erstaunlich hoch lag der neue Rekordwert auf dem Pilatus mit 195 km/h. Der bisherige Rekord vom 5. Januar 2012 erreichte hier 168 km/h. Die Windmessreihe des Pilatus eignet sich nicht für die Angabe einer Wiederkehrdauer. Einen weiteren ungewöhnlich hohen Rekordwert meldete Zermatt mit 145 km/h. Auch hier ist ein solches Windereignis nur alle 100 Jahre oder seltener zu erwarten.

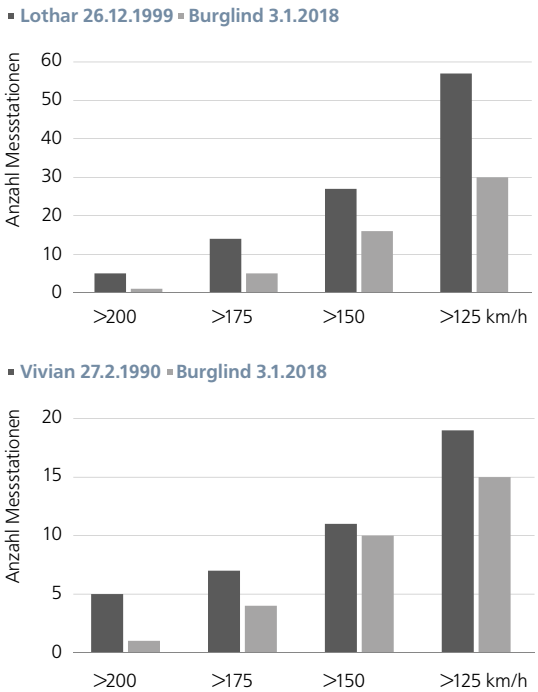
Lothar und Vivian waren stärker als Burglind

Der Wintersturm Burglind vom 3. Januar 2018 gehörte nicht zu den ganz starken Winterstürmen. Über die ganze Schweiz betrachtet brachten die Stürme Lothar vom 26. Dezember 1999 und Vivian vom 27. Februar 1990 deutlich höhere Windspitzen.

An 89 Messstandorten liegen sowohl für Lothar als auch für Burglind Messwerte von Windspitzen im Sturmbereich vor (≥ 75 km/h). Lothar lieferte an 57 Messstandorten Windspitzen über 125 km/h. Burglind schaffte es an 30 Messstandorten auf über 125 km/h. Über 150 km/h brachte Lothar an 27 Messstandorten, Burglind an 16 Messstandorten. Über 175 km/h Wind gab es während Lothar an 14, während Burglind an 5 Standorten des gemeinsamen Messnetzes. Die Grenze von 200 km/h wurde bei Lothar an den 5 Messstandorten Säntis (229,7 km/h), Hörnli (208,1 km/h), Jungfraujoch (203,8 km/h), Gornergrat (203,4 km/h) und La Dôle (201,2 km/h) überschritten. Burglind erreichte nur am Messstandort Gütsch 200,5 km/h.

Beim weiter zurückliegenden Wintersturm Vivian vom 27. Februar 1990 war das Windmessnetz in der Schweiz weniger dicht. Nur an 53 Messstandorten liegen sowohl für Vivian als auch für Burglind Messwerte von Windspitzen im Sturmbereich vor (≥ 75 km/h). Vor allem in den Bergregionen, wo Vivian besonders wütete, standen im Vergleich zu heute wenige Messstationen. Das beeinflusst die Analyse der Zahl der Messstationen mit hohen Windgeschwindigkeiten. Trotzdem wird ersichtlich, dass Vivian im Vergleich zu Burglind an mehr Messstandorten hohe Windgeschwindigkeiten brachte. Das stimmt überein mit den grossen Waldschäden, die Vivian in den Bergen hinterliess.

Abbildung 3.3
Lothar und Vivian erreichten im Vergleich zu Burglind an mehr Messstandorten sehr hohe Windspitzen.

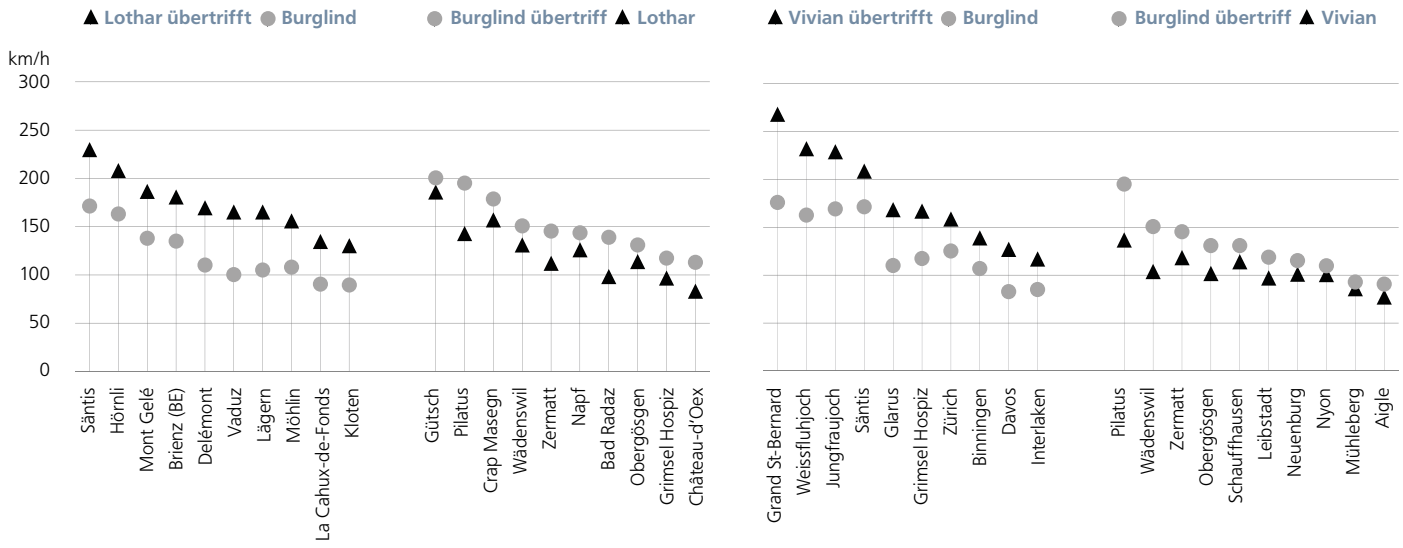


Die Windpitzen lagen während Lothar und Vivian an vielen Messstandorten deutlich höher als während Burglind. Die zehn grössten Unterschiede liegen meist zwischen 30 und 70 km/h, wie die folgende Grafik verdeutlicht. Auf dem Grossen St. Bernhard lag Vivian sogar mehr als 90 km/h höher als Burglind.

Burglind übertraf Lothar und Vivian auch an einigen Messstandorten. Die zehn grössten Unterschiede bewegen sich aber meist nur zwischen 10 und 40 km/h. Einzig auf dem Pilatus lag Burglind 50 bis 60 km/h über Lothar und Vivian, und in Wädenswil lag Burglind rund 50 km/h über Vivian.

Abbildung 3.4

Die zehn grössten Windspitzen-Unterschiede zwischen Lothar und Burglind (links) und zwischen Vivian und Burglind (rechts). Lothar und Vivian sind mit einem schwarzen Dreieck, Burglind mit einem grau gefüllten Kreis gekennzeichnet.



Lothar und Vivian seltener als Burglind

Die während Burglind aufgezeichneten Windspitzen sind an den meisten Messstandorten mit verfügbarer Extremwertstatistik etwa alle 10 Jahre oder häufiger zu erwarten. Windspitzen mit höheren Wiederkehrperioden sind nur vereinzelt aufgetreten.

Während Lothar registrierten 24 Messstandorte Windspitzen mit Wiederkehrperioden von 20 Jahren oder mehr. Die Sturmstärke von Lothar ist zudem in einigen Gebieten nur alle 50 Jahre oder seltener zu erwarten. Vivian lieferte an 17 Messstandorten Windspitzen mit Wiederkehrperioden von 20 Jahren oder mehr. Regional war Vivian auch ein Ereignis, das nur alle 50 Jahre oder seltener zu erwarten ist.

3.3
Hitzesommer

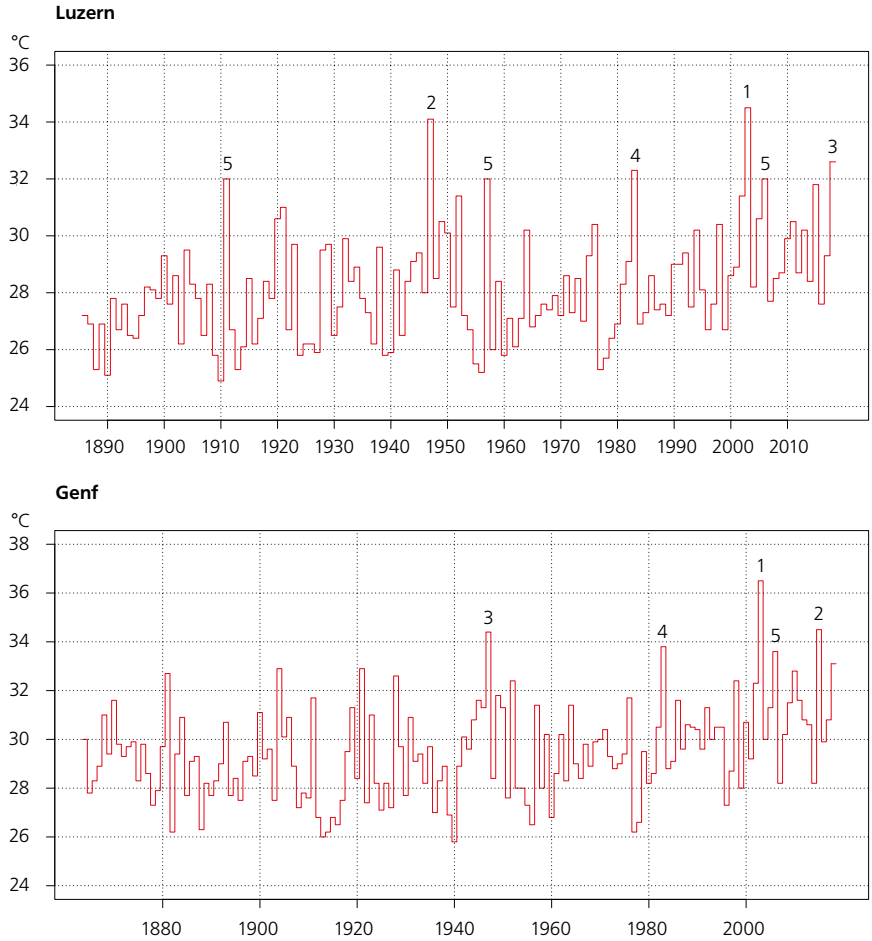
Wie in vielen Teilen Europas verlief auch in der Schweiz das Jahr 2018 ab dem Monat April überdurchschnittlich bis extrem warm. Das Sommerhalbjahr von April bis September war mit einem landesweiten Mittel von 12,8 °C das wärmste seit Messbeginn. Zwischen Ende Juli und Anfang August wurde die Alpennordseite von einer 10-tägigen, die Alpensüdseite von einer 18-tägigen Hitzewelle mit einer täglichen Maximumtemperatur von über 30 °C erfasst. Eine klimatologische Übersicht zur Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 gibt der Fachbericht der MeteoSchweiz Nr. 272 [7].

Zehn Tage Hitze im Norden

So richtig heiss mit täglichen Hitzewerten von verbreitet über 30 °C wurde es nördlich der Alpen ab dem 30. Juli. Die Periode mit Tageshöchstwerten über 30 °C endete am 8. August. Die zehntägige Hitzewelle brachte in den tiefen Lagen der Alpennordseite eine mittlere Maximumtemperatur von 32 bis 34 °C. Regional war es die dritt oder viert intensivste Zehntages-Hitzewelle seit Messbeginn, so in Basel, in Zürich und in Luzern. Letztmals heisser während zehn Tagen war es an diesen Messstandorten im Hitzesommer 2003 mit den Rekordwerten von 34 bis 37 °C.

In Genf erreichte im Jahr 2018 die intensivste Zehntageshitze 33,1 °C. Das ist Rang sechs seit Messbeginn 1864. Der Hitzesommer 2015 brachte eine maximale Zehntageshitze von 34,5 °C, Rang zwei in der Messreihe. Die Zehntages-Rekordhitze vom Sommer 2003 lag in Genf bei 36,5 °C.

Abbildung 3.5
Die jährlich intensivsten Zehntages-Wärmeperioden seit Messbeginn an den Messstandorten Luzern und Genf. Mit den Zahlen 1 bis 5 werden die fünf intensivsten Zehntages-Wärmeperioden gekennzeichnet.



Alpensüdseite mit längerem Hitzestress

Auf der Alpensüdseite stieg die Tagesmaximumtemperatur lokal bereits ab dem 22. Juli regelmässig über 30 °C. Die Hitzeperiode erstreckte sich über 18 Tage. Locarno-Monti zeichnete die dritt intensivste 18-tägige Hitzeperiode seit Messbeginn 1935 auf. Die mittlere Maximumtemperatur während dieser Phase lag bei 32,6 °C. Das ist mit der intensivsten 18-tägigen Hitzeperiode vom Sommer 2003 vergleichbar (32,8 °C). Die bisher intensivste 18-tägige Hitzeperiode vom Sommer 2015 war mit 33,1 °C nur geringfügig heisser.

In Lugano erreichte die intensivste 18-tägige Hitzeperiode 30,7 °C. Das ist Rang sechs seit Messbeginn 1864. Im Vergleich dazu brachte es die 18-Tage-Periode vom Sommer 2015 auf 31,7 °C (Rang 3) und vom Sommer 2003 auf über 32 °C (Rang 1).

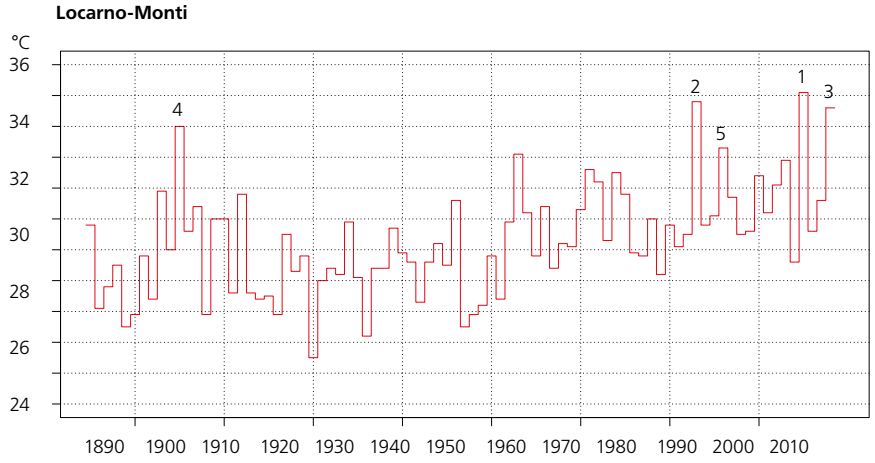


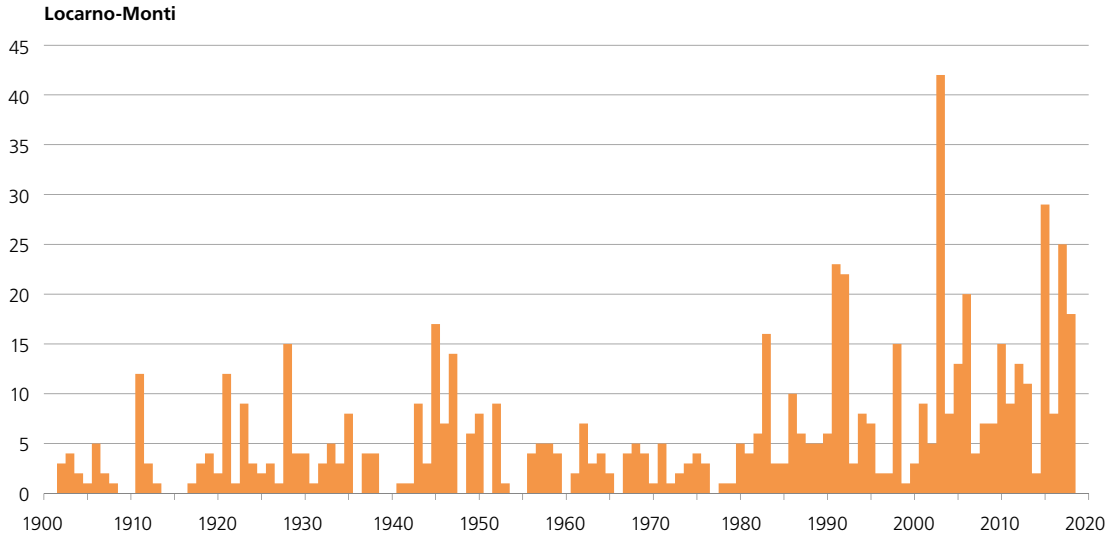
Abbildung 3.6
Die jährlich intensivsten 18-Tages-Wärmeperioden seit Messbeginn am Messstandort Locarno-Monti. Mit den Zahlen 1 bis 5 werden die fünf intensivsten Zehntages-Wärmeperioden gekennzeichnet.

Klimawandel bringt mehr schlaflose Nächte

Die zunehmenden Hitzephasen wirken sich auch auf das Wohlbefinden aus. Besonders auf der Alpensüdseite zeigt sich seit den 1990er Jahren eine auffallende Häufung von sogenannten Tropennächten. Neben der sommerlichen Temperaturzunahme ist dies ein eindrückliches Signal des Klimawandels.

Während einer Tropennacht sinkt die Temperatur nicht unter 20 °C. Unter solchen Bedingungen schlafen viele Menschen nicht mehr gut und erholen sich schlechter. Die Hitze wird auch nachts zur Belastung. Der Sommer 2018 brachte in Locarno-Monti 18 Tropennächte. Im Rekordsommer 2003 waren es über 40. Die Zürcher Innenstadt verzeichnete im Sommer 2018 insgesamt 15 Tropennächte. In den Extremjahren 2003 und 2015 gab es hier 26 bzw. 27 Tropennächte (Daten Zürcher Innenstadt: Messnetz NABEL).

Abbildung 3.7
Jährliche Anzahl von Tropennächten am Messstandort Locarno-Monti 1901–2018. Während einer Tropennacht sinkt die Temperatur nicht unter 20 °C.



Hitzeperioden werden häufiger

Intensive einwöchige Hitzeperioden sind in den letzten Jahrzehnten häufiger geworden. In Regionen, die immer wieder davon betroffen waren, wie zum Beispiel der Westschweiz, treten sie heute in immer kürzeren Zeitabständen auf. Regionen, die in der Vergangenheit kaum solche Hitzeperioden registrierten, müssen auch heute mehr oder weniger regelmässig damit rechnen.

Laut den neuesten Klimaszenarien wird sich die zunehmende Sommererwärmung fortsetzen. Bei weiter steigenden Treibhausgasemissionen kann es in der warmen Jahreszeit Mitte des laufenden Jahrhunderts in einem durchschnittlichen Jahr bis 4,5 °C wärmer sein als heute. Noch erheblich stärker als die jahreszeitlichen Durchschnittstemperaturen steigen die Höchsttemperaturen. Die heissesten Sommertage können 2060 in einem durchschnittlichen Sommer bis zu 5,5 °C wärmer sein als heute. Hitzesommer wie im Rekordjahr 2003 sind dann die Norm [8].

Ohne wirksamen Klimaschutz steigt bis 2060 in Genf die Anzahl Hitzetage von heute 15 auf 30 bis 40, in Basel von heute 11 auf 20 bis knapp 30. Lugano auf der Alpensüdseite registriert heute im Durchschnitt knapp 10 Hitzetage pro Jahr. Im Jahr 2060 werden es in Lugano ebenfalls 20 bis 30 Hitzetage sein [8].

3.4
Extremer Niederschlagsmangel im Sommerhalbjahr

Die Ostschweizer Region zwischen Walensee, Bodensee, sowie Nord- und Mittelbünden erlebte 2018 das niederschlagsärmste Sommerhalbjahr seit Messbeginn 1864. In den sechs Monaten von April bis September fielen im Mittel nur 57 % der normalen Niederschlagssumme. Hier fehlte der Regen von zweieinhalb bis drei normalen Sommermonaten. Alle übrigen extrem niederschlagsarmen Sommerhalbjahre lieferten in diesem Gebiet über 60 % der Norm.

Lokal war der Rekord-Niederschlagsmangel noch ausgeprägter. An den Messstandorten Weesen, Altstätten, Klosters und Tschiertschen, alles über 100-jährige Messreihen, brachte das Sommerhalbjahr nur 40 bis 50 % der Norm 1981–2010.

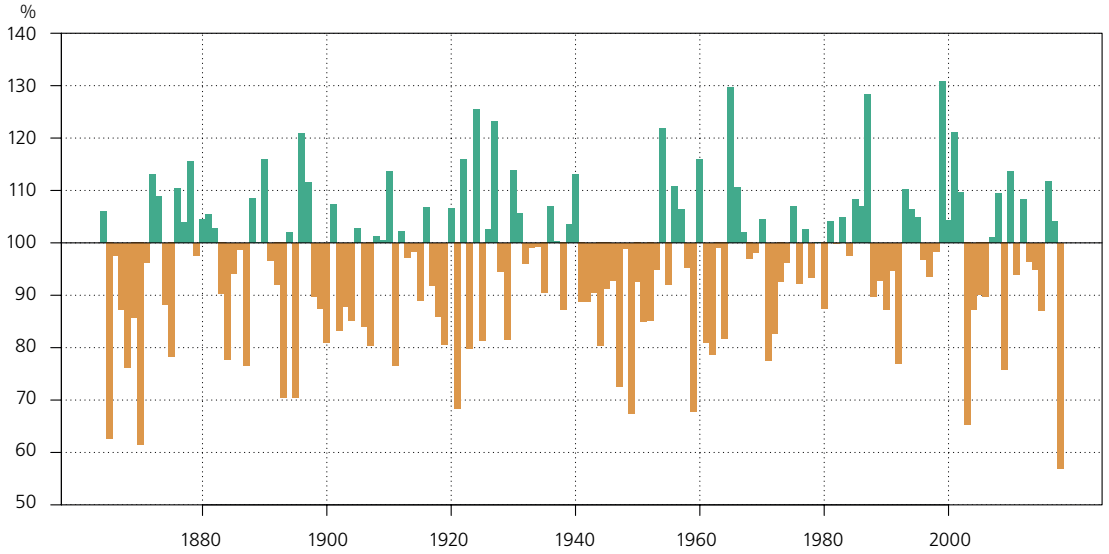


Abbildung 3.8
Langjährige Niederschlagssumme April bis September 1864–2018 gemittelt über die Ostschweizer Region zwischen Walensee, Bodensee sowie Nord- und Mittelbünden. Dargestellt ist das Verhältnis zur Norm 1981–2010 (in %). Die grünen Säulen zeigen überdurchschnittliche, die braunen unterdurchschnittliche Mengen.

Landesweiter Niederschlagsmangel

Die massive Niederschlagsarmut im Sommerhalbjahr 2018 betraf die ganze Schweiz. Im landesweiten Mittel erreichte die Niederschlagssumme nur 69 % der Norm 1981–2010. Schweizweit letztmals niederschlagsärmer war das Sommerhalbjahr 1962 mit nur 67 % der Norm. Im landesweiten Mittel gehört das Sommerhalbjahr 2018 zu den zehn niederschlagärmsten Sommerhalbjahren seit Messbeginn 1864 [7].

Kein Trend zu weniger Regen

Die Regenarmut im Sommerhalbjahr 2018 ist nicht Teil eines laufenden Klimatrends. Das Sommerhalbjahr von April bis September zeigt im langjährigen Verlauf weder auf der Alpennordseite noch auf der Alpensüdseite einen Trend zu weniger oder mehr mittlerem Niederschlag. Das sommerliche Niederschlagsregime ist also seit Messbeginn sehr stabil was die Niederschlagssummen betrifft, zeigt allerdings hohe Jahr-zu-Jahr-Schwankungen.

Klimaänderung bringt mehr Verdunstung

Doch auch ohne Änderung des mittleren Niederschlags hat sich die verfügbare Wassermenge verringert. Die seit den 1990er Jahren markant angestiegene Sommertemperatur verstärkte die Verdunstung. Entsprechend ist heute häufiger mit Sommertrockenheit zu rechnen als früher. Mit der erwarteten weiteren Sommererwärmung wird die Sommertrockenheit in den nächsten Jahrzehnten zunehmend akuter, auch ohne Änderung der sommerlichen Niederschlagssummen. Diese werden sich ab dem Jahr 2060 verringern und die Sommertrockenheit zusätzlich verstärken.

Die Schweiz mit subtropischem Sommer

Die abnehmenden Sommerniederschläge hängen mit der grossräumigen Entwicklung über Europa zusammen. Mit fortschreitendem Klimawandel zeigen die Klimamodelle ein Muster mit Niederschlagszunahmen im Norden und -abnahmen im Süden Europas. Dieses Muster verschiebt sich mit dem Gang der Jahreszeiten. Im Sommer liegt die Schweiz unter dem Einfluss der Niederschlagsabnahme im Mittelmeerraum. Diese Niederschlagsabnahme kann wiederum mit einer grossräumigen Änderung der meridionalen Zirkulation von den Tropen zu den Subtropen erklärt werden. Die subtropische Zone wird sich weiter nach Norden bis Süd- und Zentraleuropa verschieben.

4| Globales Klima und Wetterereignisse

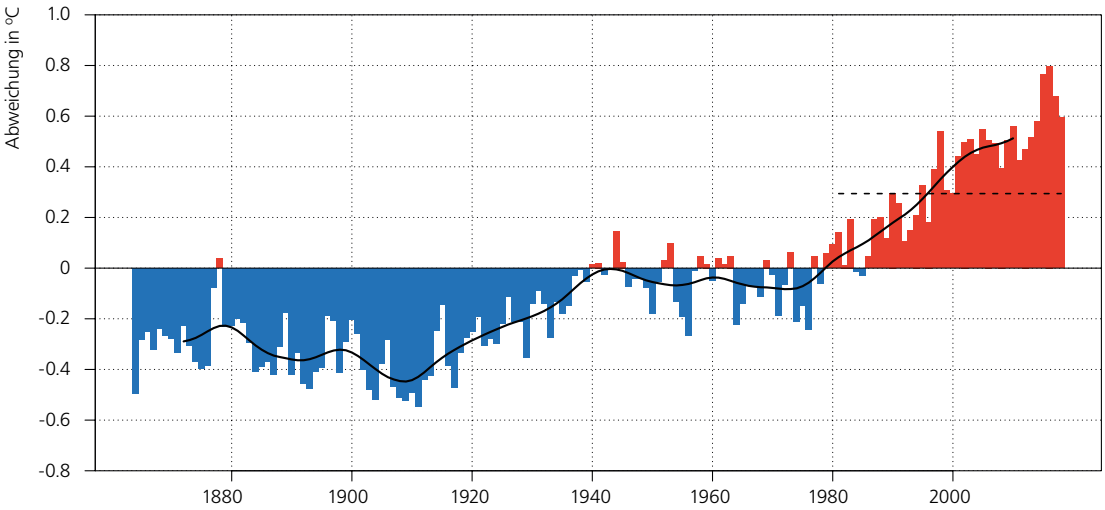
Das Jahr 2018 bildet zusammen mit den Vorjahren 2014 bis 2017 das Quintett der fünf wärmsten Jahre im globalen Durchschnitt seit Beginn der Aufzeichnungen um 1850. Es belegt dabei den vierten Rang. Wie schon im Jahr 2017 ereignete sich auch im Jahr 2018 kein klassischer El Niño. Der Temperaturüberschuss gegenüber der Norm 1961–1990 betrug 0,6 °C. Die folgende Zusammenstellung basiert hauptsächlich auf dem jährlichen Klimastatus-Bericht der Welt Meteorologie Organisation (WMO) [9] und dem Global Climate Report der National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) [10].

4.1 In vielen Regionen überdurchschnittlich warm

Das Jahr 2018 ist gemäss dem Datensatz der englischen University of East Anglia mit +0,6 °C das sechste Jahr in Folge, das einen Überschuss von mehr als 0,5 °C gegenüber der Norm 1961–1990 aufweist und das viertwärmste seit Messbeginn 1850. Gegenüber der Normperiode 1981–2010 betrug der Überschuss 0,3 °C, identisch zur Erwärmung, welche bereits zwischen den beiden Normperioden 1961–1990 und 1981–2010 lag (Abbildung 4.1). Die letzten Jahre ab 2014 waren die wärmsten überhaupt.

Fast auf allen Kontinenten wurde 2018 eine hohe Jahresdurchschnittstemperatur ausgewiesen. Ausnahmen bildeten grosse Teile Kanadas, Süd-Russlands und der Ukraine. Jahrestemperaturen leicht unter oder im Bereich der Norm konnten auch über den Ozeanen an den Westküsten von Südamerika, Afrika und Ozeanien festgestellt werden. Ausserordentlich warm mit einem Überschuss von etwa 2 °C gegenüber dem Durchschnitt der Periode 1981–2010 war es in Mitteleuropa, in den Ländern südlich des Schwarzen Meeres, in Alaska und in Sibirien. In den westlichen Teilen der USA, in Nordafrika, den Golfstaaten, China und Australien wurden Anomalien von mehr als 1 °C gegenüber dem Durchschnitt des Zeitraums 1981–2010 erreicht.

Abbildung 4.1
Langjähriger Verlauf der globalen Mitteltemperatur (Land- und Wasserflächen). Dargestellt ist die jährliche Abweichung der Temperatur von der Norm 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige, gewichtete Mittel. Die gestrichelte Linie zeigt die Norm 1981–2010.



Quelle: University of East Anglia, 2019 [11], Datensatz HadCRUT4.6.0.0.

Die Trends der globalen Jahrestemperatur zeigt Tabelle 4.1. Die Gesamtänderung der globalen Temperatur (Land und Wasser) von 1864 bis 2018 beträgt +0,88 °C. Die globale Durchschnittstemperatur liegt bei rund 14 °C. Für den Zeitraum 1961–2018 resultiert der stärkste Erwärmungstrend von 0,15 °C/100 Jahre. Diese Rate ist fast doppelt so hoch wie jene über den Zeitraum 1901–2018. Das übergeordnete Muster in der langjährigen globalen Temperaturentwicklung mit der Häufung sehr warmer Jahre in jüngster Zeit findet sich auch in der Temperaturreihe der Schweiz (Abbildung 5.1). Die Temperaturänderung in der Schweiz verläuft also im Wesentlichen parallel zur globalen Temperaturentwicklung.

Tabelle 4.1

Trends der globalen Jahrestemperatur in den Perioden 1864–2018, 1900–2018 und 1961–2018, berechnet für die Land- und Wasseroberflächen insgesamt.

Periode	°C/10 Jahre	°C/100 Jahre
1864–2018	+0.06	+0.57
1901–2018	+0.08	+0.81
1961–2018	+0.15	

Quelle: University of East Anglia, 2019 [11], Datensatz CRUTEM4.6.0.0.

4.2
El Niño und La Niña

Wie schon 2017 war auch das Jahr 2018 ein sehr warmes Jahr trotz Abwesenheit klassischer El-Niño-Bedingungen. El Niño und La Niña wechseln sich mit einer durchschnittlichen Periodizität von ungefähr vier bis sieben Jahren ab. El Niño, bzw. die El Niño Southern Oscillation (ENSO), ist bei starker Ausprägung einer der Hauptfaktoren, welcher die jährlichen Schwankungen der globalen Temperatur verursacht. Dabei sind Jahre mit El-Niño-Bedingungen global oft wärmer, Jahre mit La Niña tendenziell eher kühl.

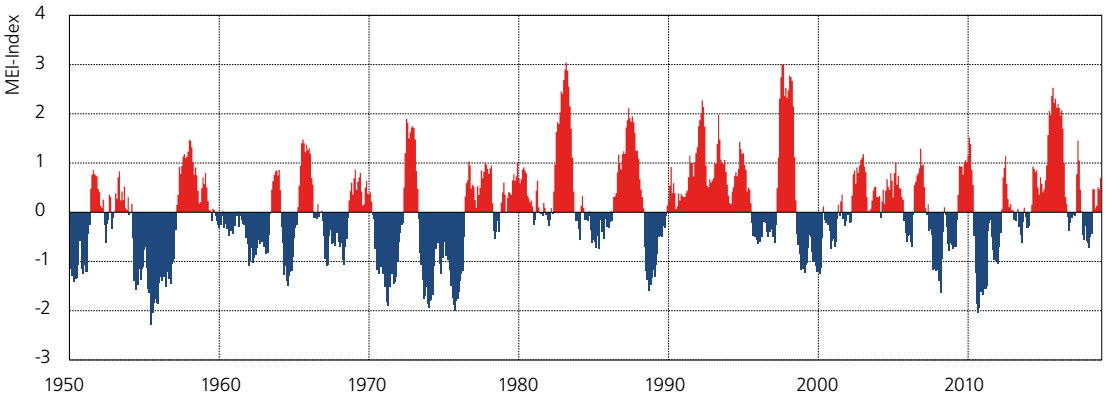


Abbildung 4.2

Multivariater El Niño Southern Oscillation Index (MEI) 1950–2018. 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 [12].

4.3
Besondere Ereignisse

Nicht nur in der Schweiz war 2018 das wärmste Jahr seit Messbeginn. Auch in anderen Ländern Europas wurde Rekordwärme im Jahresmittel registriert, so z.B. in Frankreich und Deutschland. Die Niederlande und Dänemark wiesen das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen aus. Grossbritannien erlebte das sonnigste Jahr seit Messbeginn.

Mancherorts wurden 2018 neue Hitzerekorde registriert. In Ouargla, Algerien, erreichte das Thermometer am 5. Juli 51,3 °C. Im Irak, den Arabischen Emiraten, Katar, Turkmenistan, Pakistan, Usbekistan und Tadschikistan wurden im März 2018 neue Monatsrekorde gemessen. Die durchschnittliche Maximaltemperatur im März in Pakistan erreichte sogar 45,5 °C, das ist neuer asiatischer Rekord für diesen Monat.

Obschon Kalifornien über Wochen die heftigsten Waldbrände seiner Geschichte erlebte, verzeichneten die Vereinigten Staaten 2018 ein Jahr mit sehr viel Niederschlag. Nur zwei Jahre in der Vergangenheit waren noch nasser (1973 und 1983). Auf Hawaii regnete es an einem Tag 1262 mm, das ist ein neuer Rekord für die USA. Soviel Niederschlag gibt es im Schweizer Mittelland ungefähr innerhalb eines ganzen Jahres. Extreme Niederschläge ereigneten sich 2018 auch in Brasilien, Iran, Marokko, Tunesien und Nigeria. Aussergewöhnliche Schneefälle verzeichneten Russland und Polen, und sogar Algerien während einer Kaltphase im Atlasgebirge. In Indien, Indonesien und Westafrika gab es 2018 Überschwemmungen.

Diverse Hurrikane und Taifune richteten grosse Schäden an. Die Hurrikane Michael (vom 7. bis 12. Oktober, 250 km/h maximale Windgeschwindigkeit) und Florence (31. August bis 17. September, 220 km/h maximale Windgeschwindigkeit) zählten zu den intensivsten der letzten Jahre in Bezug auf ihre Windstärke und die Niederschläge bei Aufprall auf Festland. Der Taifun Yutu (21. Oktober bis 2. November) erreichte sogar 285 km/h und gilt als stärkster Taifun, der je die Marianen-Inseln traf.

4.4
Arktisches und antarktisches Meereis

Gemäss WMO lag die Ausdehnung des arktischen Meereises im Jahr 2018 weit unter dem Durchschnitt der Periode 1981–2010 und war in den ersten zwei Monaten des Jahres auf einem Rekordtief. Die jährlich maximale Ausdehnung in der Arktis trat Mitte März auf und war mit 14,48 Millionen km^2, etwa 7 % unter der Norm, die drittniedrigste seit Beginn der Satellitenaufzeichnungen 1979. Das Sommerminimum von 5,45 Millionen km^2 im September bedeutete ein Defizit in der Ausdehnung von 28 % gegenüber der Norm.

Das antarktische Meereis war ebenfalls deutlich unterdurchschnittlich. Das jährliche Maximum wurde Ende September erreicht: 17,82 Millionen km^2 der 4 % unter normal. Die jährlich minimale Ausdehnung von 2,28 Millionen km^2 entsprach einem Defizit von 33 % gegenüber der Norm.

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 essentiellen Klimavariablen des globalen Klima-Beobachtungssystems GCOS (Global Climate Observing System) [13]. 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
Essentielle Klimavariablen gemäss GCOS Second Adequacy Report [14], ergänzt mit den für die Schweiz zusätzlich relevanten Variablen. Aus [13].

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 [15]. Zusätzlich werden hier weitere für die Schweiz spezifische Klimaindikatoren diskutiert. Gemäss einer Empfehlung der WMO für Analysen zur Klimaentwicklung wird in diesem Kapitel die Normperiode 1961–1990 verwendet [15], [16].

Bezeichnung	Definition	Bedeutung/Charakteristik
Temperatur	Tagesmitteltemperatur konventionell (Morgen bis Morgen) aggregiert auf Monats- und Jahrestemperatur	Hauptindikator für die Veränderungen des Klimas und essentielle Klimavariable [13].
Frosttage (WMO)	Tage des Kalenderjahres mit minimaler Temperatur T_{min} <0 °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} ≥25 °C	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 von Bodenmessstationen und mit Ballonsondierungen	Die Höhenlage der Nullgradgrenze ist ein Mass für den Wärmeinhalt der Atmosphäre im Höhenprofil.
Niederschlag	Tagessumme konventionell (Morgen bis Morgen) aggregiert auf Monats- und Jahressummen	Hauptindikator für die Veränderungen des Klimas und essentielle Klimavariable [13].
Tage mit starkem Niederschlag (WMO)	Tage des Kalenderjahres mit Tagesniederschlag P ≥20 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 >95tes 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 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 [17], [18], [19], [20], [21].
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 [15].

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).

Auf der Webseite der MeteoSchweiz finden sich zusätzliche Informationen zu Klimaindikatoren:

www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/klima-indikatoren.html

Temperatur

Das Jahr 2018 ist mit einer Abweichung von 2,3 °C gegenüber der Normperiode 1961-1990 im landesweiten Mittel das wärmste Jahr seit Messbeginn 1864. Alle saisonalen Durchschnittstemperaturen lagen über der jeweiligen Norm 1961–1990.

Nach dem nur leicht überdurchschnittlichen Winter 2017/18, registrierte die Schweiz den bisher viertwärmsten Frühling seit Beginn der Aufzeichnungen (+2,7 °C gegenüber dem Durchschnitt von 1961–1990), und dies, obschon nur der April auch ausgesprochen sonnig und trocken war. Seit 1988, also seit genau 30 Jahren, gab es keine Frühlingstemperatur mehr unter der Norm 1961–1990.

Auf den viertwärmsten Frühling folgten sowohl der drittwärmste Sommer im schweizweiten Mittel, als auch der drittwärmste Herbst seit Messbeginn. Die Monate Juni, Juli und August erreichten eine saisonale Temperaturabweichung von +3,2 °C zur Norm 1961–1990. Damit waren nur die Hitzesommer von 2003 (+ 4,8 °C) und 2015 (+ 3,5 °C) noch wärmer. Die Herbsttemperatur lag 2,2 °C über der Norm 1961–1990 (Abbildung 5.2). Damit ergab sich 2018 das wärmste Sommerhalbjahr (April bis September) seit Messbeginn 1864 mit einer Abweichung von +3,4 °C.

Der langjährige gesamtschweizerische Trend der Jahrestemperatur liegt bei +1,3 °C/100 Jahre, was einer Gesamtänderung von +2,1 °C entspricht (1864 bis 2018). Eine Übersicht zu den Temperaturtrends gibt Tabelle 5.3.

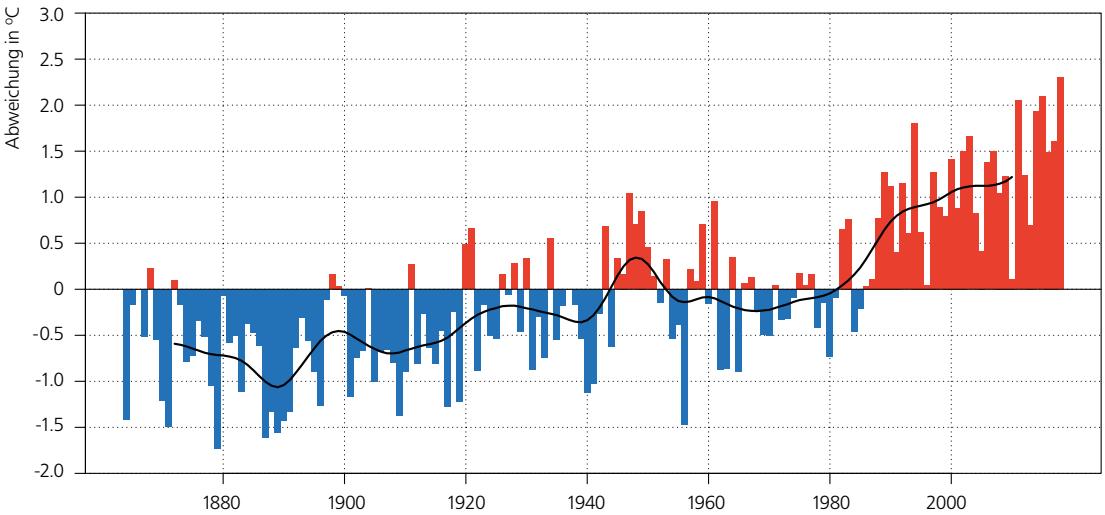


Abbildung 5.1
Langjähriger Verlauf der Jahres-Temperatur gemittelt über die gesamte Schweiz. Dargestellt ist die jährliche Abweichung der Temperatur von der Norm 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige, gewichtete Mittel.

Abbildung 5.2

Langjähriger Verlauf der jahreszeitlichen Temperatur gemittelt über die gesamte Schweiz. Dargestellt ist die jährliche Abweichung der saisonalen Temperatur von der Norm 1961–1990 (rot = positive Abweichungen, blau = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 20jährige, gewichtete Mittel.

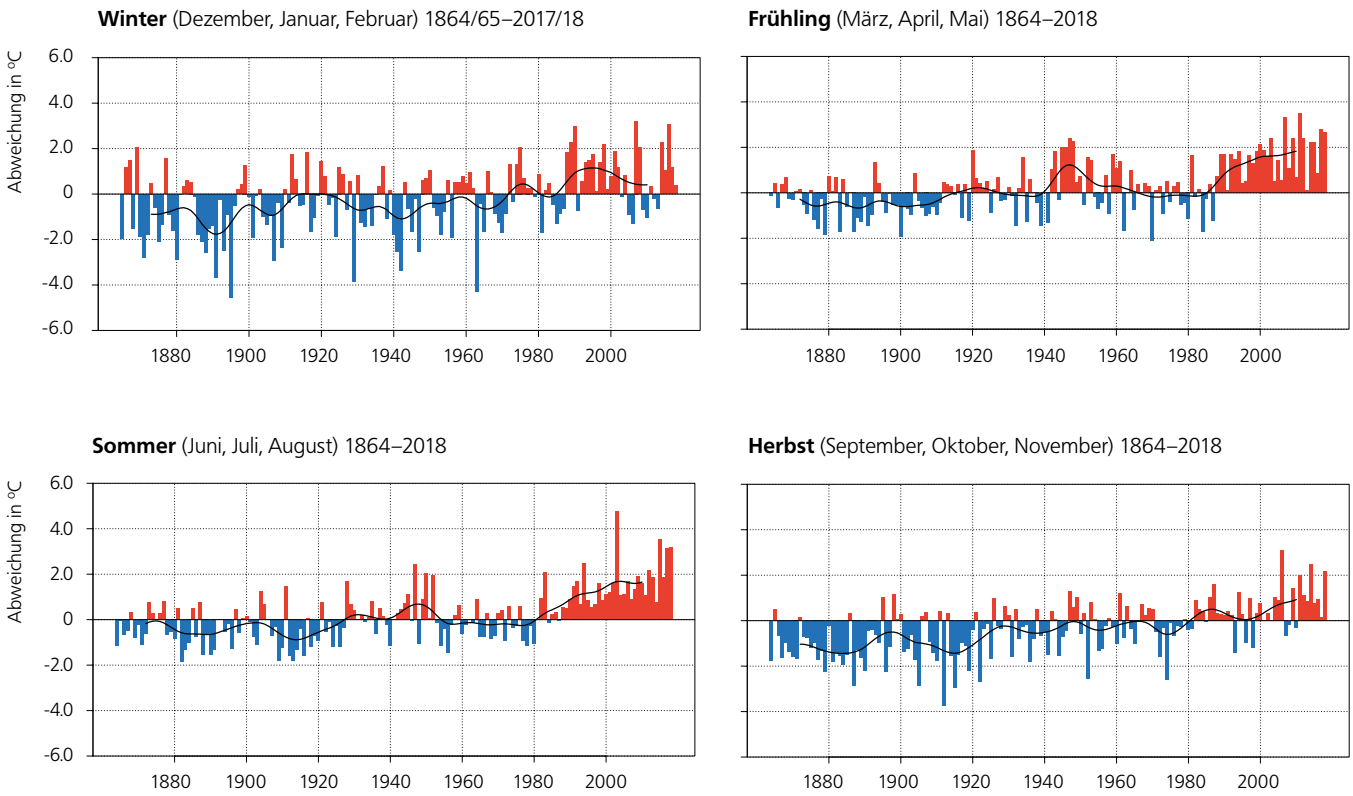


Tabelle 5.3

Saisonale und jährliche Temperaturtrends in °C/10 Jahre in den Perioden 1864–2018, 1901–2018 und 1961–2018, berechnet jeweils für die ganze Schweiz. Die Signifikanz-Angaben werden im Abschnitt Temperatur unter 5.3 Datengrundlagen und Methoden erläutert.

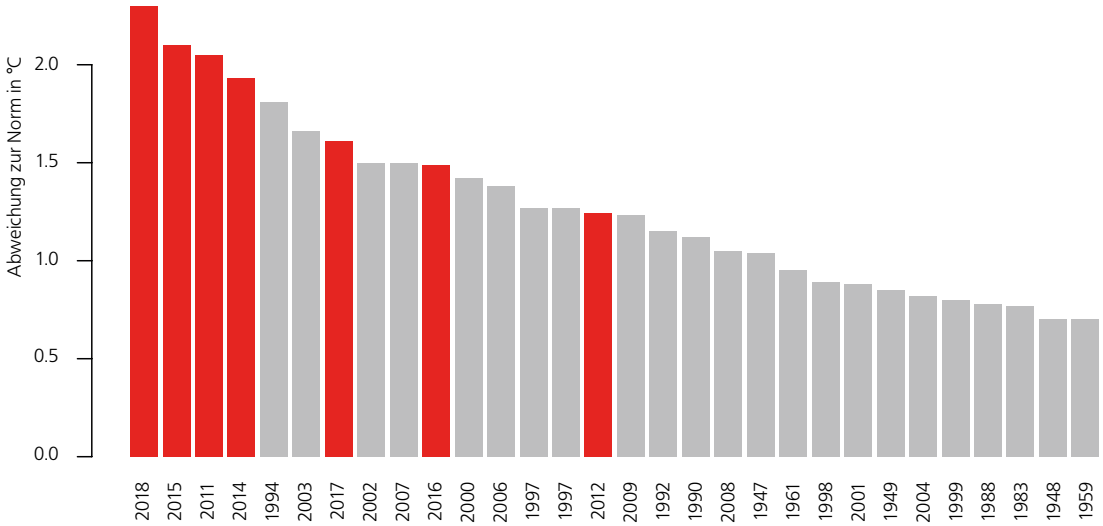
Periode	Frühling März–Mai in °C/10 Jahre	Sommer Juni–August in °C/10 Jahre	Herbst September–November in °C/10 Jahre	Winter Dezember–Februar in °C/10 Jahre	Jahr Januar–Dezember in °C/10 Jahre
1864–2018	+0.13 stark signifikant	+0.14 stark signifikant	+0.14 stark signifikant	+0.12 stark signifikant	+0.13 stark signifikant
1901–2018	+0.17 stark signifikant	+0.20 stark signifikant	+0.18 stark signifikant	+0.14 stark signifikant	+0.17 stark signifikant
1961–2018	+0.49 stark signifikant	+0.52 stark signifikant	+0.25 stark signifikant	+0.31 signifikant	+0.39 stark signifikant

Die Jahre mit den höchsten Temperaturen sind gehäuft in den letzten Jahrzehnten zu finden. Unter den 30 wärmsten Jahren seit Messbeginn 1864 liegen nur einzelne Vertreter vor 1990. Die vier Spitzenreiter sind allesamt nach 2010 aufgetreten (Abbildung 5.3). 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). Die Temperaturänderung in der Schweiz verläuft also im Wesentlichen parallel zur globalen Temperaturentwicklung.

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, ausgehend vom Mittel 1981–2010, rund 3,3 bis 5,4 °C betragen. Die stärkste jahreszeitliche Erwärmung von 4,1 bis 7,2 °C wird für den Sommer berechnet, für den Fall, dass die globalen Treibhausgasemissionen weitergehen wie bisher [8].

Abbildung 5.3

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



Auf der Webseite der MeteoSchweiz finden sich zusätzliche Informationen zur Temperaturentwicklung in der Schweiz:
www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/klimawandel-schweiz/temperatur-und-niederschlagsentwicklung.html
www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/trends-an-stationen.html
www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/broschuere-bestellen.html
www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/materialien-und-daten/daten/ch2018-webatlas.html

Frosttage

Als Folge des eher milden Winters und der warmen Frühlings- und Herbstmonate lag die Anzahl Frosttage 2018 an allen hier aufgeführten Messstandorten unter dem Durchschnitt. In Davos wurde ein neues Minimum von 161 Frosttagen erreicht (Norm 210). In Bern waren es 30 Frosttage weniger als in der Normperiode 1961–1990 (85 statt 115), in Sion 73 (Norm 97) und in Lugano gerademal gut ein Drittel des Normalen (12, Norm 35).

Mit der kräftigen Wintererwärmung der letzten Jahrzehnte ist in den Messreihen Bern, Davos und Lugano ein signifikanter Rückgang der Anzahl Frosttage festzustellen. Pro Jahrzehnt werden hier rund vier bis sieben Frosttage weniger verzeichnet. Die Veränderung bei der Anzahl Frosttage in der Messreihe von Sion ist nicht signifikant.

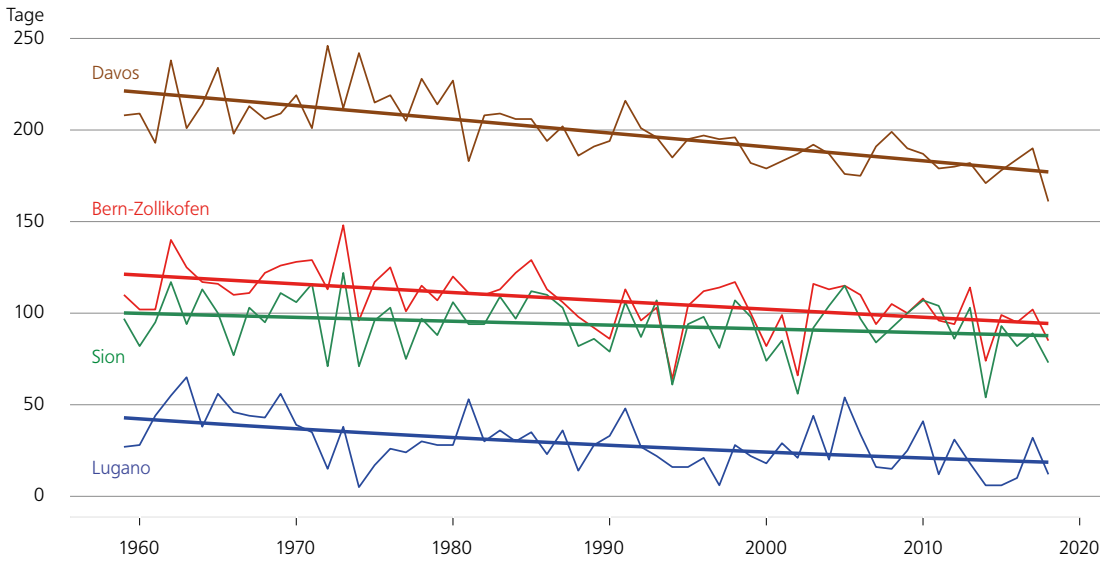


Abbildung 5.4
Zeitlicher Verlauf der Frosttage (Tage des Kalenderjahres mit minimaler Temperatur <0 °C) für die Stationen Bern, Sion, Davos und Lugano.

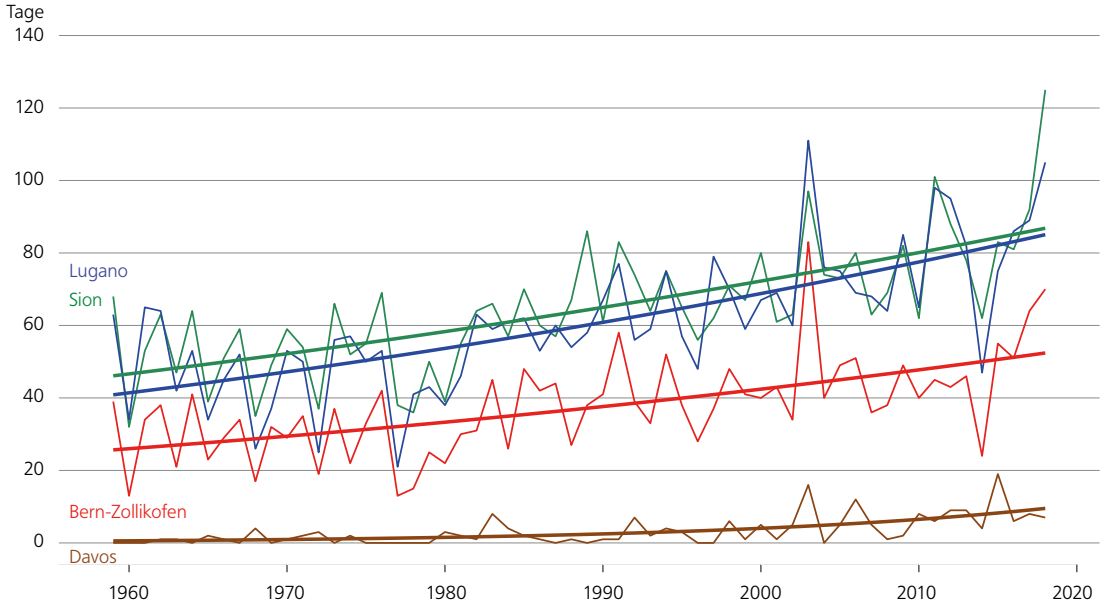
Gemäss den neuen Klimaszenarien CH2018 [8] dürfte die Anzahl Frosttage in Lugano bis 2060 auf 5–14 Tage pro Jahr sinken, wenn der Treibhausgasausstoss unvermindert weitergeht. In Bern wäre noch mit 53–69 Frosttagen pro Jahr zu rechnen.

Sommertage

Das wärmste Sommerhalbjahr seit Messbeginn 1864 brachte der Schweiz im Jahr 2018 aussergewöhnlich viele Sommertage. Eine neue Rekordzahl an Sommertagen pro Jahr gab es in Sion (125, Norm 55). In Bern und Lugano reichte es für Rang 2 und jeweils mehr als doppelt so viele Sommertage wie in der Norm 1961–1990 (Bern: 70, Norm 31; Lugano: 105, Norm 50). In Davos reichte es für 7 Tage mit mehr als 25 °C (Norm 1). Damit wird deutlich, dass Sommertage auch in höheren Lagen zu einer wiederkehrenden Erscheinung geworden sind.

In allen der vier dargestellten Messreihen ist der Trend hin zu immer mehr Sommertagen signifikant. Pro Jahrzehnt werden in Bern ungefähr 5, in Sion 7 und in Lugano 8 Sommertage mehr verzeichnet. In Davos, auf 1600 m ü.M., sind es gut 2 Sommertage mehr pro Jahrzehnt.

Abbildung 5.5
Zeitlicher Verlauf der Sommertage (Tage des Kalenderjahres mit maximaler Temperatur ≥25 °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 Norm 1961–1990. Für Bern könnten 68–90 Sommertage zur Regel werden, für Davos 15–40 Sommertage, was etwa dem Schwankungsbereich während der Normperiode am Messstandort in Bern entspricht [8].

Nullgradgrenze

Die klimatologische Nullgradgrenze, hier bestimmt aus Bodenmessstationen als Mittel für die ganze Schweiz, (siehe Anhang), liegt im Durchschnitt der Jahre 1961 bis 2018 im Winter bei rund 775 m ü.M., im Frühling bei um 1955 m ü.M., im Sommer bei etwa 3365 m ü.M. und im Herbst bei ungefähr 2430 m ü.M.

Die Nullgradgrenze stieg für den Zeitraum 1961 bis 2018 in allen Jahreszeiten signifikant an. Der Anstieg bewegt sich je nach Jahreszeit zwischen 39 (Herbst) und 76 m pro zehn Jahre (Frühling und Sommer). Diese Werte entsprechen einem Anstieg der Nullgradgrenze von rund 150 bis 200 m/°C Erwärmung.

Im Winter 2017/2018 lag die Nullgradgrenze mit ungefähr 850 m ü.M. etwa 100 m unter dem linearen Trend 1961–2018 aber noch deutlich höher als der Durchschnitt 1961–2018. Im Frühling (Nullgradgrenze ca. 2265 m ü.M.), Sommer (Nullgradgrenze ca. 3650 m ü.M.) und Herbst 2018 (Nullgradgrenze ca. 2800 m ü.M.) wurde jeweils der vierthöchsten Wert seit 1961 erreicht und alle Werte lagen über dem linearen Trend von 1961 bis 2018.

Auch im Jahr 2018 zeichnete die jahreszeitliche Höhenlage der Nullgradgrenze die mittleren Temperaturen der Jahreszeiten gut nach: einen normal temperierten Winter (Norm 1981–2010), den viertwärmsten Frühling, den drittwärmsten Sommer und den drittwärmsten Herbst seit Messbeginn 1864.

Die Nullgradgrenze im Winter könnte gemäss den neuen Klimaszenarien um weitere 800 bis 1 200 m ansteigen, wenn keine globalen Anstrengungen zu Reduktionen des Treibhausgasausstosses unternommen werden [8].

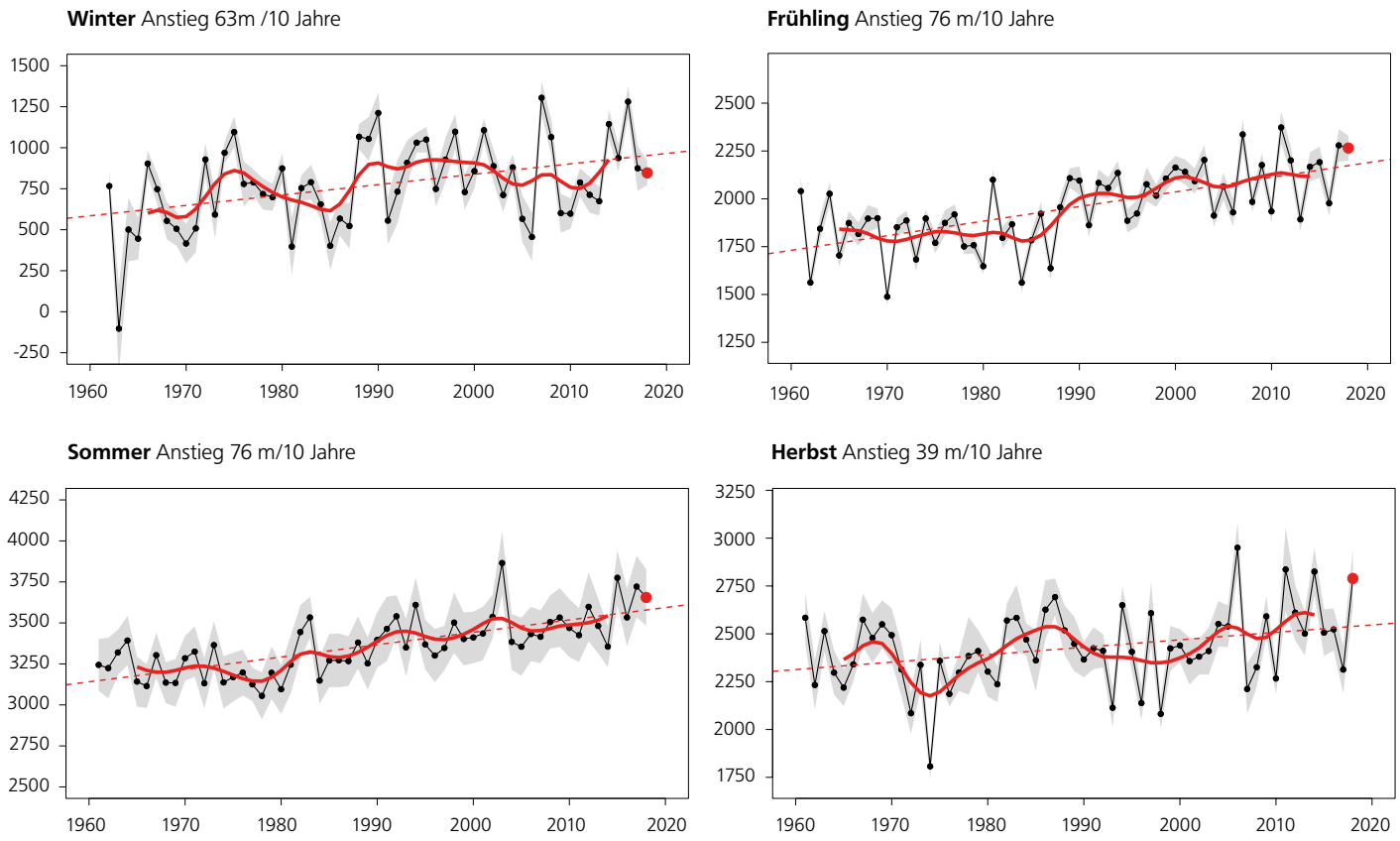


Abbildung 5.6

Verlauf der saisonalen Nullgradgrenze als Mittel für die ganze Schweiz (schwarze Linie und Punkte in m ü.M., Jahr 2018: roter Punkt) mit linearem Trend (rot gestrichelt), 20-jährigem gewichtetem Mittel (dicke rote Kurve) und den Daten zum Trend (Änderung und Signifikanz). Der graue Bereich zeigt die Unsicherheit der Bestimmung der Nullgradgrenze.

Niederschlag

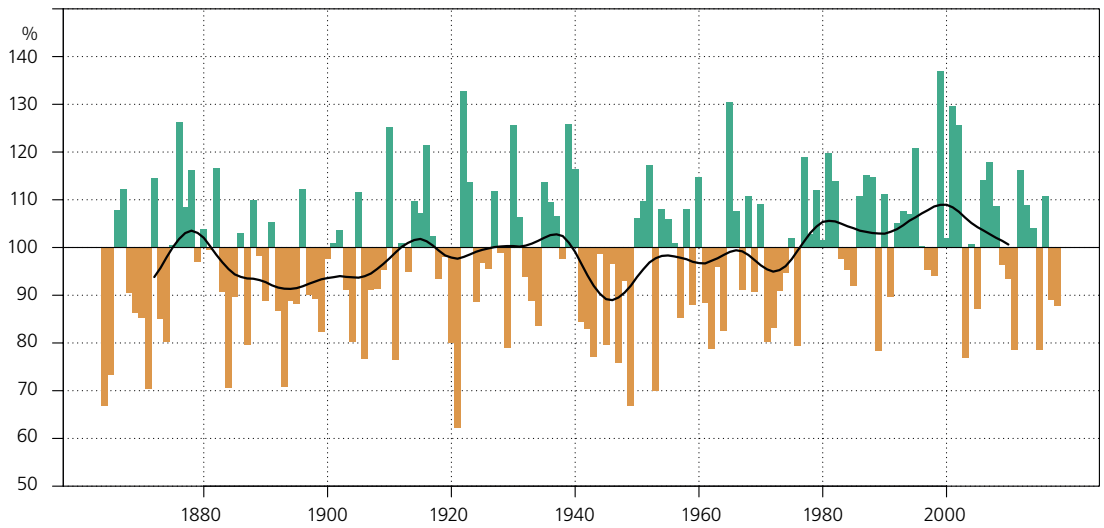
Die Niederschlagsmenge erreichte im Jahr 2018 im Mittelland mit 88 % der Norm einen ähnlichen Wert wie das Jahr davor (Abbildung 5.7). Während der Winter 2017/2018 mit 148 % der Norm deutlich zu nass ausfiel (Rang 10 der nassesten Winter), waren die wärmeren Jahreszeiten alle trockener als die Norm 1961–1990 (Abbildung 5.8). Im Herbst 2018 fielen im Mittelland nur 52 % des normalen Niederschlags.

In der Südschweiz lag die Niederschlagsmenge im Jahr 2018 mit 87 % ähnlich weit unter der Norm wie nördlich der Alpen. Anders als im Mittelland war auf der Alpensüdseite jedoch nur der Sommer mit 62 % des Normniederschlags deutlich zu trocken. Die anderen Jahreszeiten waren ungefähr im Normbereich (Abbildung 5.10).

Im Mittelland ist ein langfristig ansteigender Trend des Jahresniederschlags (1864–2018) von +0,6 %/10 Jahre zu beobachten. Saisonal zeigt sich jedoch nur im Winter ein signifikanter Trend (+2,1 %/10 Jahre). In den Jahreszeiten Frühling, Sommer und Herbst sind keine signifikanten Trends zu mehr oder weniger Niederschlag vorhanden. Die Südschweiz zeigt weder auf der jährlichen noch auf der saisonalen Basis signifikante Trends. Eine Gesamtübersicht zu den nordalpinen und südalpinen Niederschlagstrends geben Tabelle 5.4. und Tabelle 5.5.

Abbildung 5.7

Langjähriger Verlauf der Jahres-Niederschlagssummen gemittelt über das Mittelland. Dargestellt ist das Verhältnis der Jahres-Niederschlagssummen zur Norm 1961–1990 (grün = postitive Abweichungen, braun = negative Abweichungen). Als Datenbasis dienen die homogenen Messreihen Genf, Basel, Bern, Zürich. Die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige gewichtete Mittel.



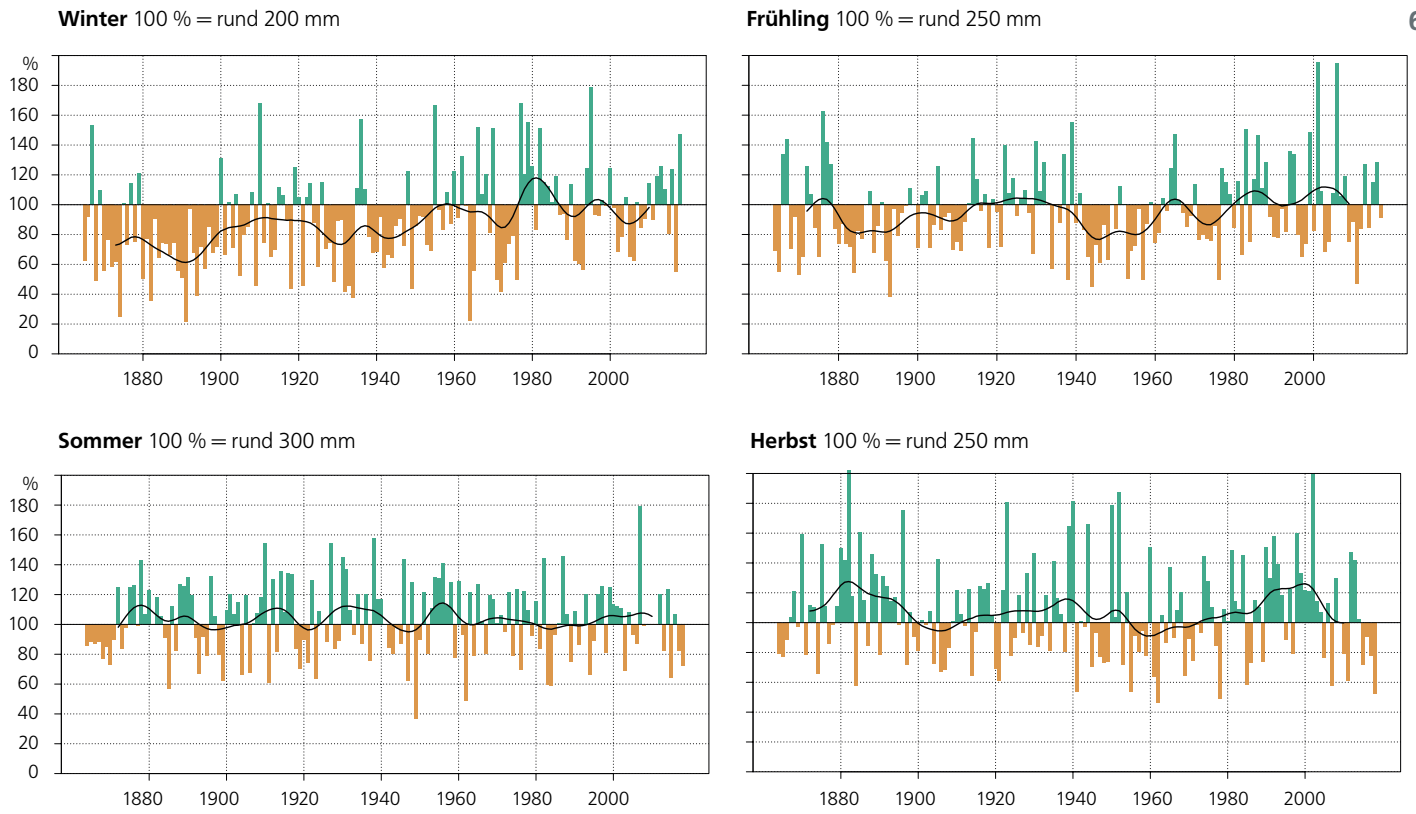


Abbildung 5.8

Langjähriger Verlauf der jahreszeitlichen Niederschlagssummen gemittelt über das Mittelland. Dargestellt ist das Verhältnis der saisonalen Niederschlagssummen zur Norm 1961–1990 (grün = postitive Abweichungen, braun = negative Abweichungen). Als Datenbasis dienen die homogenen Messreihen Genf, Basel, Bern und Zürich. Die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige gewichtete Mittel. Man beachte, dass die Sommer 2008–2011 100 % Niederschlag lieferten, was in der Grafik als «fehlende» Säulen zum Ausdruck kommt.

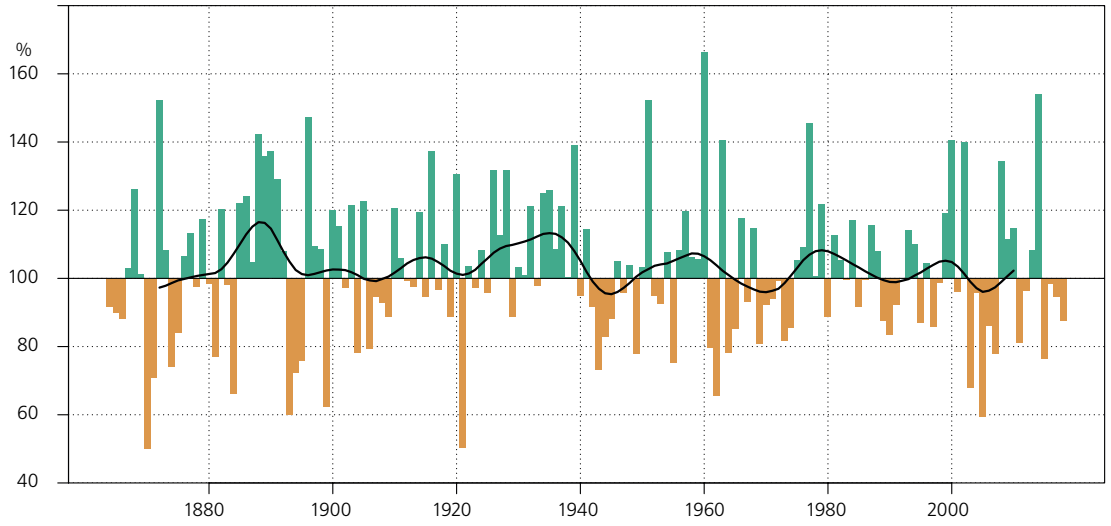


Abbildung 5.9

Langjähriger Verlauf der Jahres-Niederschlagssummen in der Südschweiz. Dargestellt ist das Verhältnis der Jahres-Niederschlagssummen zur Norm 1961–1990 (grün = postitive Abweichungen, braun = negative Abweichungen). Als Datenbasis dienen die homogenen Messreihen Lugano und Locarno-Monti. Die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige gewichtete Mittel.

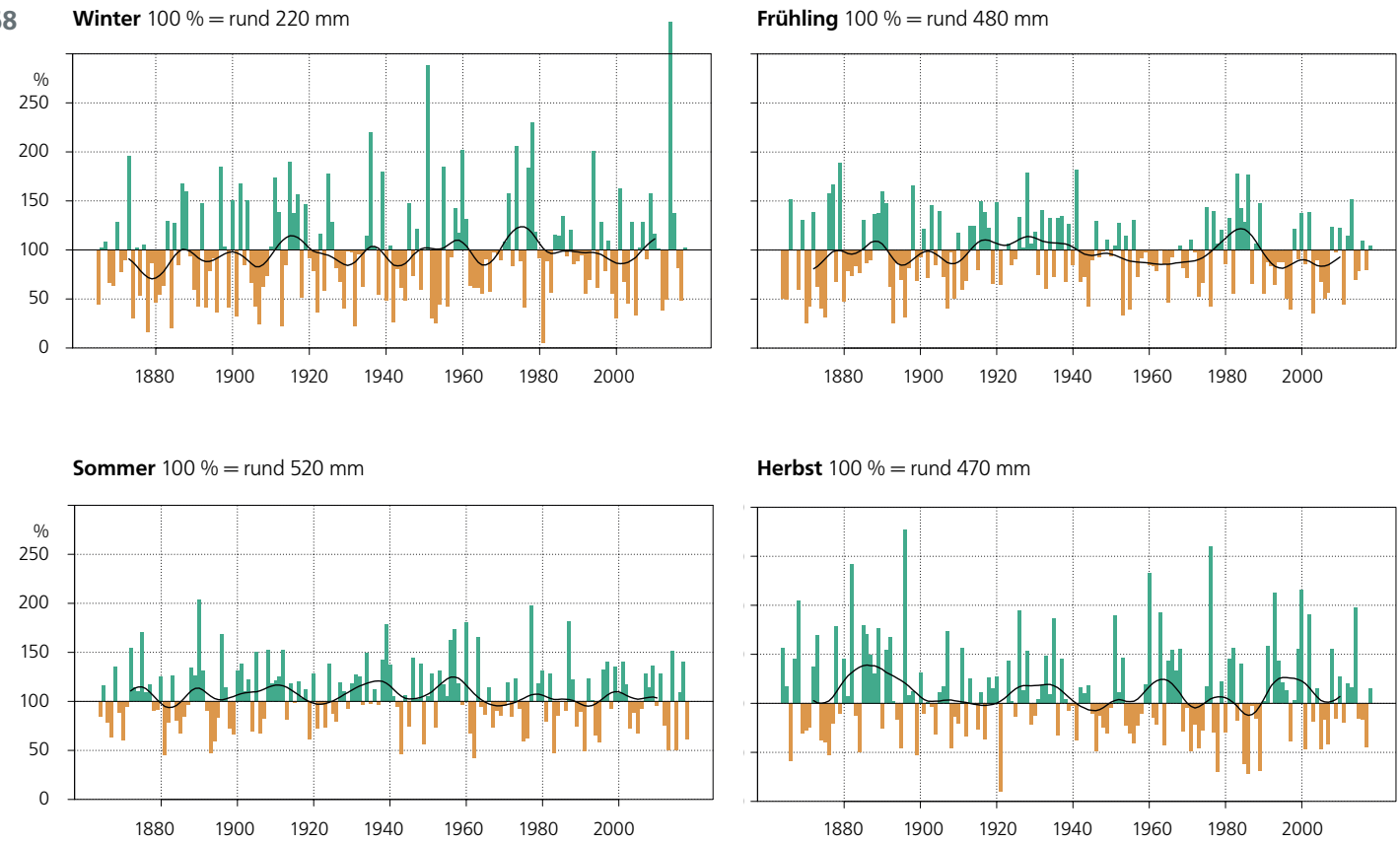


Abbildung 5.10

Langjähriger Verlauf der jahreszeitlichen Niederschlagssummen in der Südschweiz. Als Datenbasis dienen die homogenen Messreihen Lugano und Locarno-Monti. Dargestellt ist das Verhältnis der saisonalen Niederschlagssummen zur Norm 1961–1990 (grün = positive Abweichungen, braun = negative Abweichungen). Die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige gewichtete Mittel.

Periode	Frühling März–Mai in %/10 Jahre	Sommer Juni–August in %/10 Jahre	Herbst September–November in %/10 Jahre	Winter Dezember–Februar in %/10 Jahre	Jahr Januar–Dezember in %/10 Jahre
1864–2018	+0.8 nicht signifikant	0.0 nicht signifikant	-0.3 nicht signifikant	+2.1 stark signifikant	+0.6 signifikant
1901–2018	+0.5 nicht signifikant	-0.5 nicht signifikant	+0.4 nicht signifikant	+1.7 stark signifikant	+0.5 nicht signifikant
1961–2018	+1.0 nicht signifikant	+0.2 nicht signifikant	+1.6 nicht signifikant	+0.8 nicht signifikant	+0.9 nicht signifikant

Tabelle 5.4

Saisonale und jährliche Niederschlagstrends in % pro 10 Jahre in den Perioden 1864–2018, 1901–2018 und 1961–2018, berechnet für das Mittelland. Die Angaben signifikant, stark signifikant und nicht signifikant werden im Abschnitt Niederschlag unter 5.3 Datengrundlagen und Methoden erläutert.

Periode	Frühling März–Mai in %/10 Jahre	Sommer Juni–August in %/10 Jahre	Herbst September–November in %/10 Jahre	Winter Dezember–Februar in %/10 Jahre	Jahr Januar–Dezember in %/10 Jahre
1864–2018	0.0 nicht signifikant	-0.2 nicht signifikant	-0.7 nicht signifikant	+1.2 nicht signifikant	-0.1 nicht signifikant
1901–2018	-0.9 nicht signifikant	-1.1 nicht signifikant	+0.5 nicht signifikant	+0.6 nicht signifikant	-0.4 nicht signifikant
1961–2018	+0.2 nicht signifikant	+1.2 nicht signifikant	+0.4 nicht signifikant	+2.8 nicht signifikant	+0.7 nicht signifikant

Tabelle 5.5

Saisonale und jährliche Niederschlagstrends in % pro 10 Jahre in den Perioden 1864–2018, 1901–2018 und 1961–2018, berechnet für die Südschweiz. Die Angabe nicht signifikant wird im Abschnitt Niederschlag unter 5.3 Datengrundlagen und Methoden erläutert.

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 [8].

Auf der Webseite der MeteoSchweiz finden sich zusätzliche Informationen zur Niederschlagsentwicklung in der Schweiz:

www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/klimawandel-schweiz/temperatur-und-niederschlagsentwicklung.html
www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/trends-an-stationen.html
www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/broschuere-bestellen.html
www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/materialien-und-daten/daten/ch2018-webatlas.html

Tage mit starkem Niederschlag

Trotz geringeren Niederschlagsmengen im Jahr 2018 bewegte sich die Anzahl Tage mit starkem Niederschlag im normalen Bereich. In Bern waren es 11 Tage mit mehr als 20 mm Niederschlag (Norm 10), in Sion 6 Tage (Norm 5), in Davos 13 Tage (Norm 10) und in Lugano 25 Tage (Norm 26). Wie beim Niederschlagsregime generell (Ausnahme Winter Mittelland, vgl. Tabelle 5.4) sind bezüglich der Tage mit starkem Niederschlag an den hier aufgeführten Messstandorten in der untersuchten Periode ab 1959 keine signifikanten Trends feststellbar. Blickt man hingegen bis 1901 zurück, so zeigen 92 % von 185 Messreihen eine Zunahme und 35 % eine signifikanten Zunahme von starken Niederschlägen. 91 % zeigen zudem eine Zunahme und 31 % eine signifikanten Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen [22].

Die Klimaszenarien CH2018 deuten auf eine Zunahme der Extrem- und Starkniederschläge in Zukunft hin. Der stärkste Eintagesniederschlag pro Jahr dürfte bis 2060 um 10 % zunehmen [8].

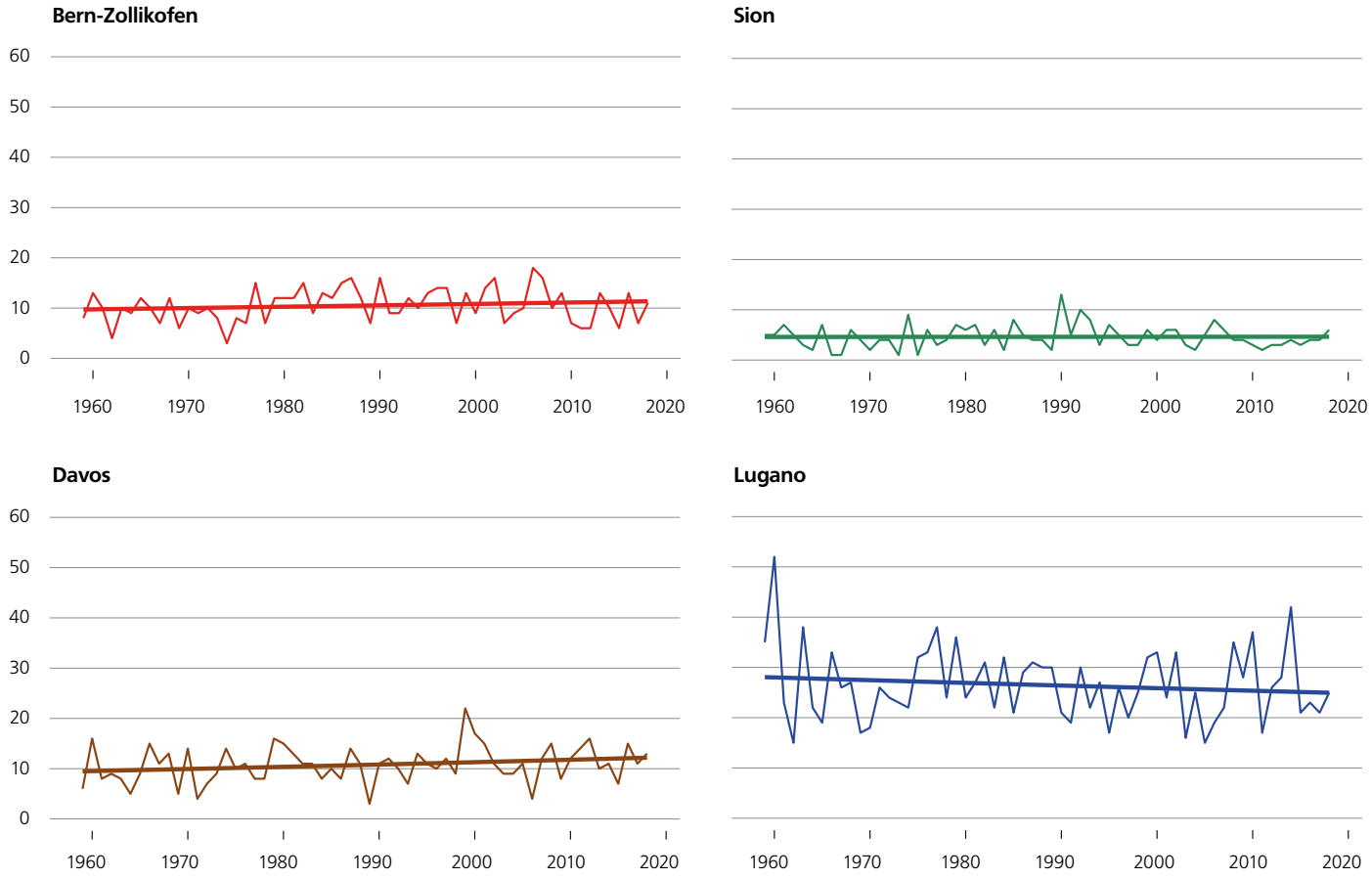


Abbildung 5.11

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

Niederschlag der sehr nassen Tage

Die Niederschlagssumme der sehr nassen Tage lag im niederschlagsarmen Jahr 2018 am Messstandort Bern mit 109 mm deutlich unter der Norm (216 mm). An den Messstandorten Sion und Davos erreichte die Niederschlagssumme der sehr nassen Tage überdurchschnittliche Werte (Sion 168 mm/Norm 98 mm, Davos 416 mm/Norm 214 mm). In Lugano blieb die Summe leicht unter der Norm: 724 mm gegenüber 858 mm. Im langfristigen Verlauf zeigen Bern, Sion und Lugano keinen signifikanten Trend. Eine signifikante Zunahme von 16 mm pro Dekade ist aus der Messreihe von Davos zu entnehmen.

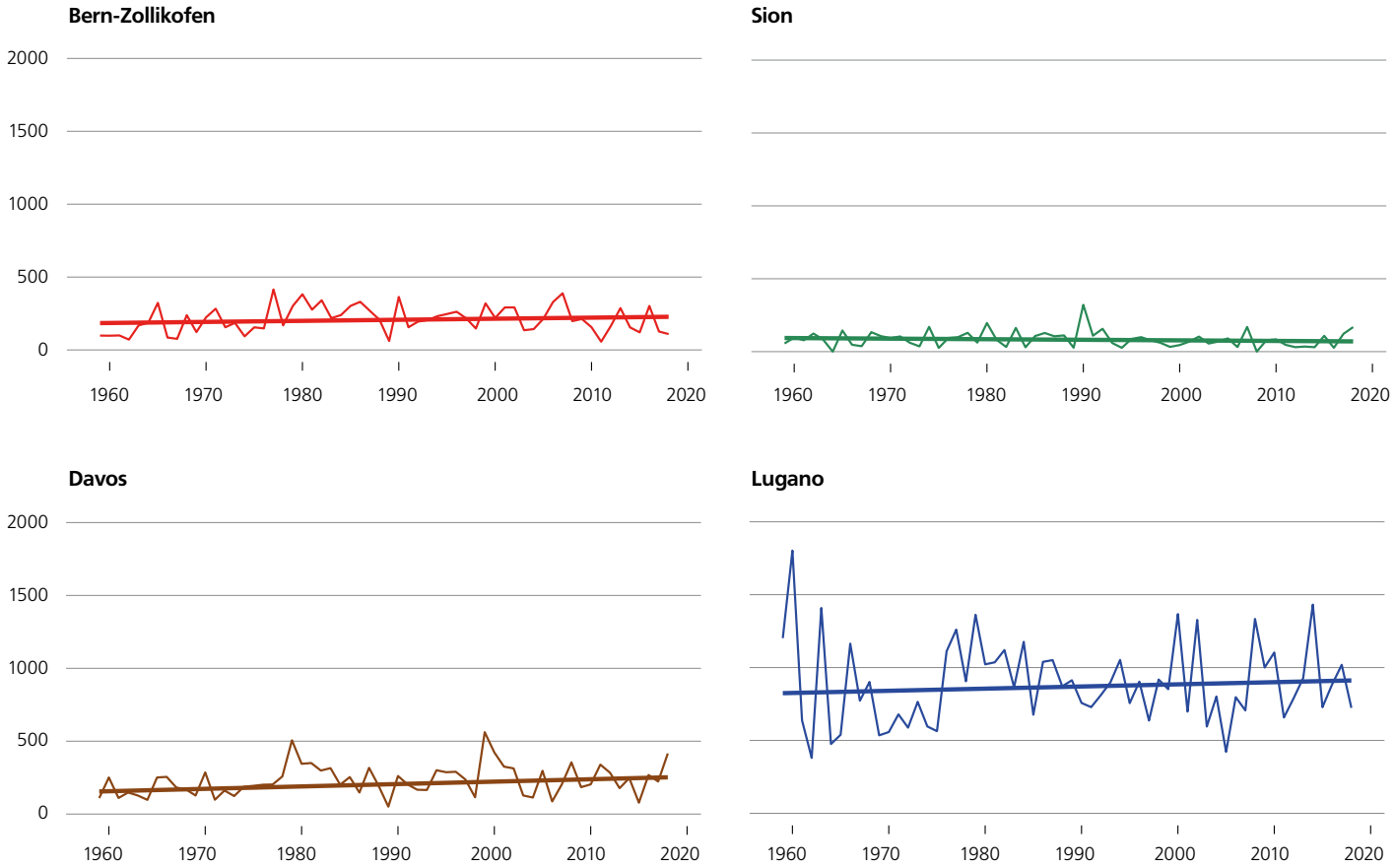


Abbildung 5.12

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

Trockenperioden

Im Jahr 2018 wurden die vielen in der Summe zu trockenen Monate ab April immer wieder von kurzen Niederschlagsphasen unterbrochen, z.B. von Gewittern. Deshalb wurden keine aussergewöhnlich lange Trockenphasen registriert. An den Messstandorten Bern, Sion und Davos waren die längsten Trockenperioden nur unwesentlich verschieden von der Norm (Bern 26 Tage/Norm 22, Sion 31 Tage/Norm 30, Davos 22 Tage/Norm 22). In Lugano war die längste Trockenperiode sogar nur 19 Tage lang (Norm 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 9 Tage zu rechnen, wenn die globalen Treibhausgasemissionen nicht drastisch reduziert werden [8].

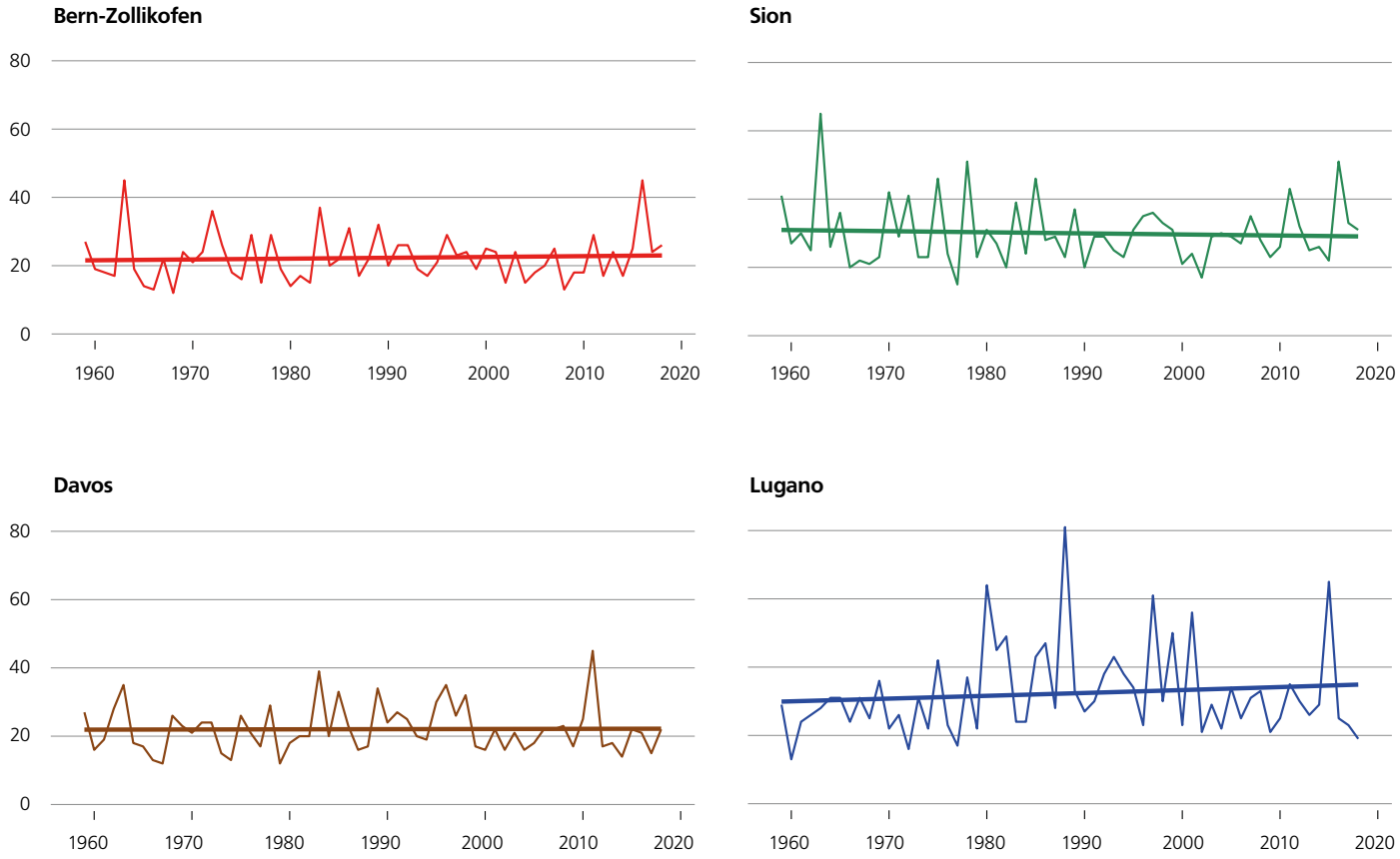


Abbildung 5.13

Dauer (Anzahl Tage) der längsten Trockenperiode pro Kalenderjahr für die Stationen Bern, Sion, Davos und 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 bis September aufgezeigt.

Das Sommerhalbjahr (Vegetationsperiode) ist der entscheidende Zeitraum für die Landwirtschaft. Die Messungen in Bern zeigen, dass die letzten Jahre während der Vegetationsperiode allesamt trockener waren als im langjährigen Median. Der Sommer 2018 gehört in dieser Betrachtung zu den trockensten Jahren seit Messbeginn [1]. Weitere Jahre mit sehr niedrigen SPEI-Werten (1947, 1865, 2003, 1949, 1893, 1911) in dieser Reihe entsprechen genau denjenigen Jahren, in welchen die grössten landwirtschaftlichen Schäden aufgrund von Trockenheit auftraten. Die ausgeprägten Perioden mit negativem SPEI stimmen gut überein mit bekannten Dürreereignissen während der letzten 150 Jahre [23], [24].

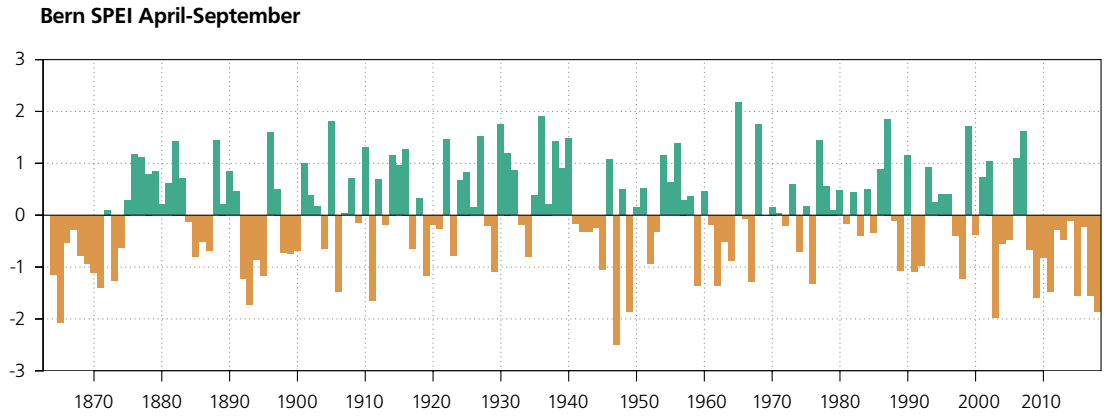


Abbildung 5.14
SPEI über die gesamte Vegetationsperiode (6 Monate, April bis September) an der Messstation Bern. Positive Werte bedeuten feuchtere und negative Werte trockenere Bedingungen als im Median (1864–2018).

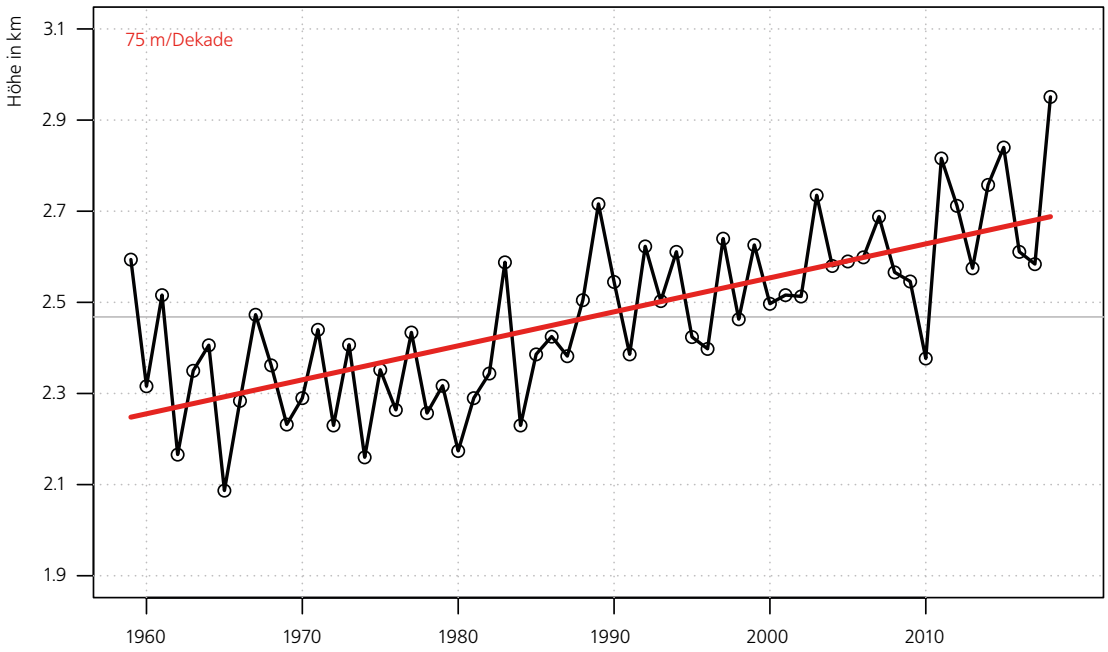
5.1.2
Freie Atmosphäre

Nullgradgrenze

Der Jahresmedian der Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre, ermittelt aus den täglichen Ballonsondierungen von Payerne, erreichte 2018 mit 2 950 m einen deutlich höheren Wert (370 m) als im Vorjahr. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht sowohl die Jahr-zu-Jahr-Schwankungen der Nullgradgrenze als auch den zunehmenden Trend (75 m pro Jahrzehnt). Das Jahr 2018 markiert auch den Rekord der gesamten Zeitreihe ab 1959 (482 m über dem Median 1959–2018). Es ist zu beachten, dass in den letzten 20 Jahren (mit Ausnahme von 2010) die Nullgradgrenze systematisch über dem Medianwert 1959–2018 lag.

Der Verlauf der Nullgradgrenze folgt eng der Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in der Schweiz. Seit Ende der 1980er Jahre zeigt sich ein auffälliger Wandel. Diese Entwicklung steht in guter Übereinstimmung mit dem langjährigen Trend der Nullgradgrenze, welcher aus Bodenmessstationen bestimmt wird (Kapitel 5.1.1).

Abbildung 5.15
Jahresmedianwerte der Nullgradgrenze 1959–2018 ermittelt aus den täglichen Ballonsondierungen der Aerologischen Station Payerne. Die graue Linie zeigt den Mittelwert 1959–2018 auf 2470 m ü.M.



Tropopausenhöhe

Die Tropopause erreichte 2018 eine mittlere Höhe von 11 480 m, 160 m tiefer als im Vorjahr. Trotz grosser Schwankungen von Jahr zu Jahr zeigt sich ein signifikanter langfristiger Trend zu immer höherer Tropopause im Jahresmittel. Der langfristige Anstieg der Tropopausenhöhe im Zeitraum 1959–2018 beläuft sich auf 61 m pro Dekade, analog zum langjährigen Trend der Nullgradgrenze (Abbildung 5.15).

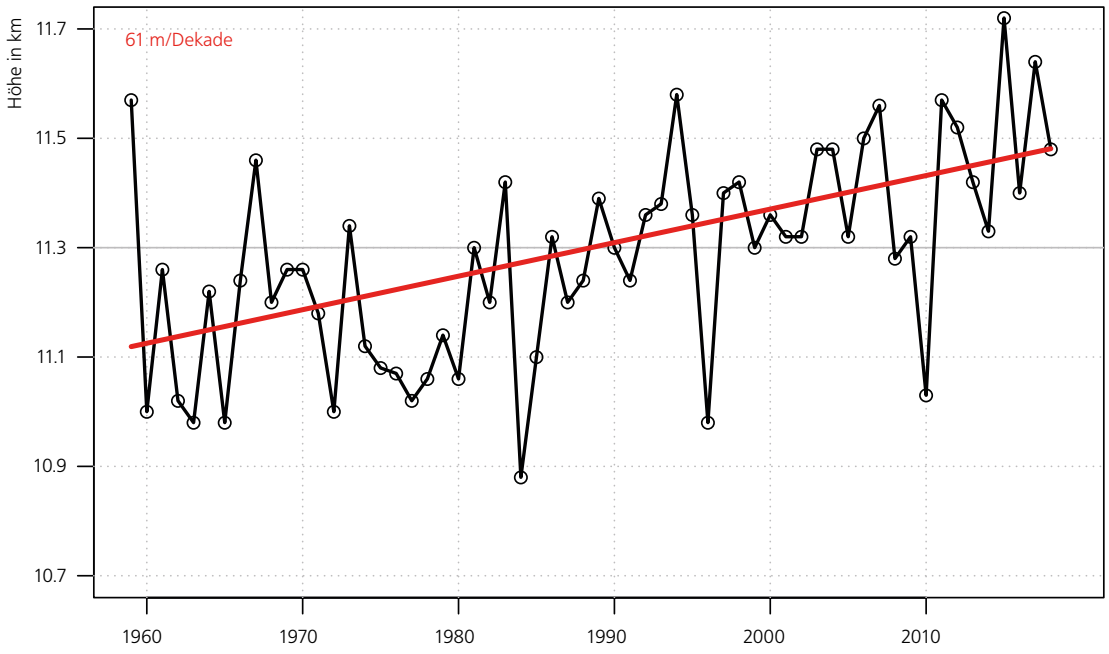


Abbildung 5.16
Jahresmedianwerte der Tropopausen Höhe 1959–2018, bestimmt aus den täglichen Ballonsondierungen der Aerologischen Station Payerne. Die graue Linie zeigt den Mittelwert 1959–2018 auf 11 300 m ü.M.

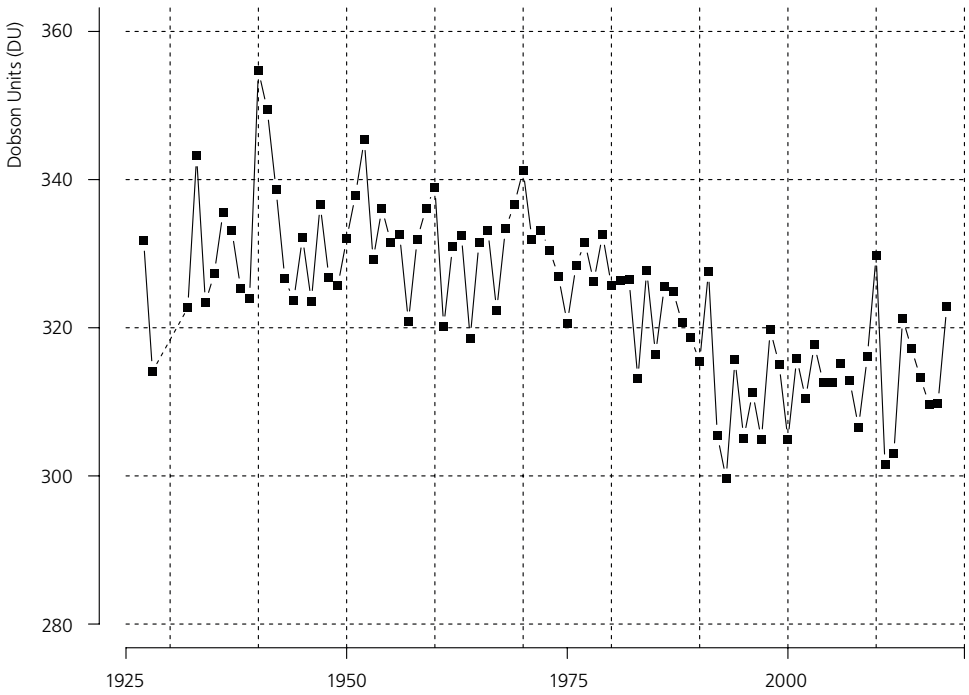
5.1.3
Zusammensetzung der Atmosphäre

Ozonmessreihe Arosa

Mit den in Arosa durchgeführten Messungen verfügt die Schweiz über die weltweit längste Messreihe für das atmosphärische Gesamtozon. Seit Beginn der Messungen im Jahr 1926 bis etwa 1975 lieferten diese Messungen einen Langzeit-Mittelwert von etwa 330 DU. Zwischen 1975 und 1995 zeigen die Messungen eine erhebliche Abnahme des Gesamtozons um etwa 15 DU. Die kontinuierliche Abnahme des Gesamtozons über Arosa 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 Gesamtozons zu beobachten [25], wobei der Mittelwert zwischen 1995 und heute im Bereich von 301 bis 315 DU liegt.

Auch wenn in den Jahren 2010 und 2013 ein relativ hoher Jahresdurchschnitt gemessen wurde (330 bzw. 321 DU), liegen die Mittelwerte für die Jahre 2011 und 2012 nahe bei 300 DU (301 bzw. 303 DU). Dies zeigt, dass der Gesamtozonwert über mehrere Jahre hinweg starken Schwankungen unterliegt. Der Wert für 2018 ist wieder höher als 320 DU.

Abbildung 5.17
Gesamtozonsäule in Arosa zwischen 1926 und 2018. 100 Dobson-Einheiten (Dobson Units) = 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 bis 1968) stammen von der ETH in 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 die drei horizontalen Geraden hervorheben, hat sich das Ozon seit den 2000er Jahren nicht mehr signifikant verändert. Für die Jahre vor 2000 hingegen lässt sich eine Abnahme des Ozons in der Stratosphäre (veranschaulicht durch die Höhen 22 und 27 km) und eine Zunahme des Ozon in der Troposphäre beobachten (hier durch die Höhe 3 km veranschaulicht).

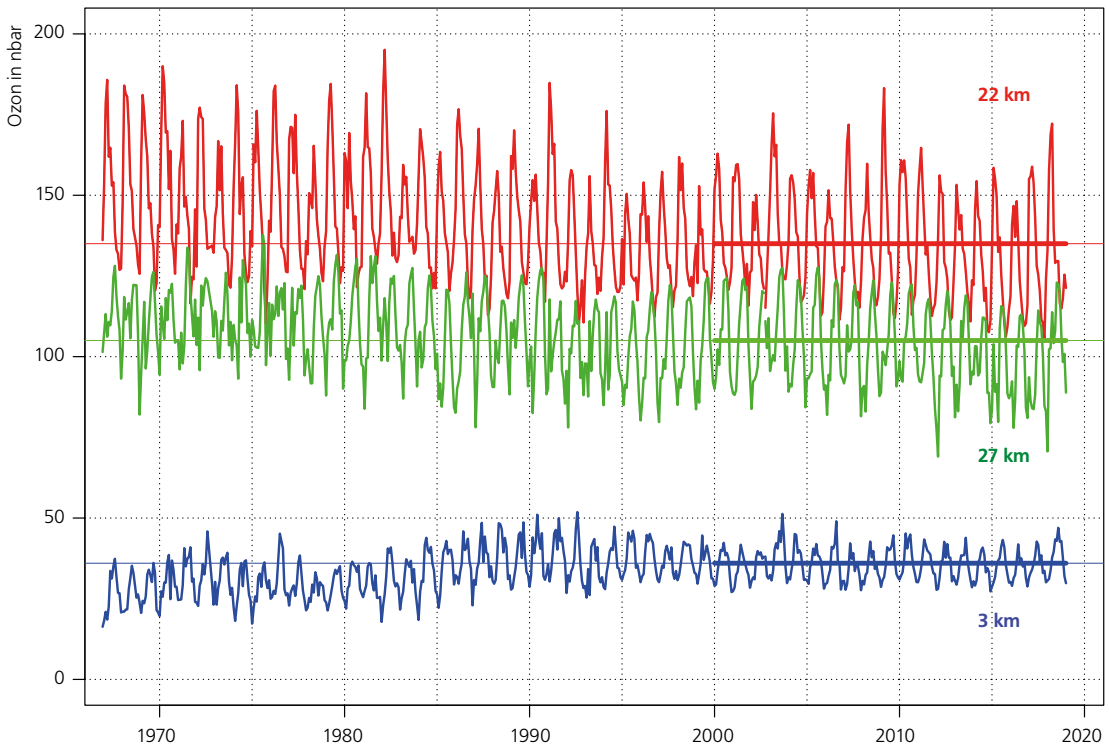


Abbildung 5.18
Monatliche Ozonkonzentration auf drei verschiedenen Höhen für die Periode 1967–2018. Die Ozonkonzentration ist als Partialdruck in Nanobar (nbar) angegeben.

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 der Pollenallergiker.

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 Blührhythmus. Bei den Gräserpollen wird die Intensität der Saison hauptsächlich vom Wetter während der Blütezeit der Gräser bestimmt.

Die Birkenpollensaison 2018 war an vielen Messstationen die stärkste, die je gemessen wurde, vor allem im Tessin und in der Westschweiz (siehe Kapitel 2). Eine grosse Anzahl angelegter Birkenkätzchen und ideale Pollenflugbedingungen im April führten zu dieser intensiven Birkenpollenbelastung. Der zweijährige Blührhythmus der Birke ist im Tessin sehr schön zu sehen. Die Intensität der Gräserpollensaison war regional und von Station zu Station sehr unterschiedlich. Sehr schwach war sie in Neuchâtel und Genève, während sie in der Deutschschweiz und im Tessin über dem Mittel lag. Die absoluten Werte sind im Tessin deutlich tiefer als auf der Alpennordseite.

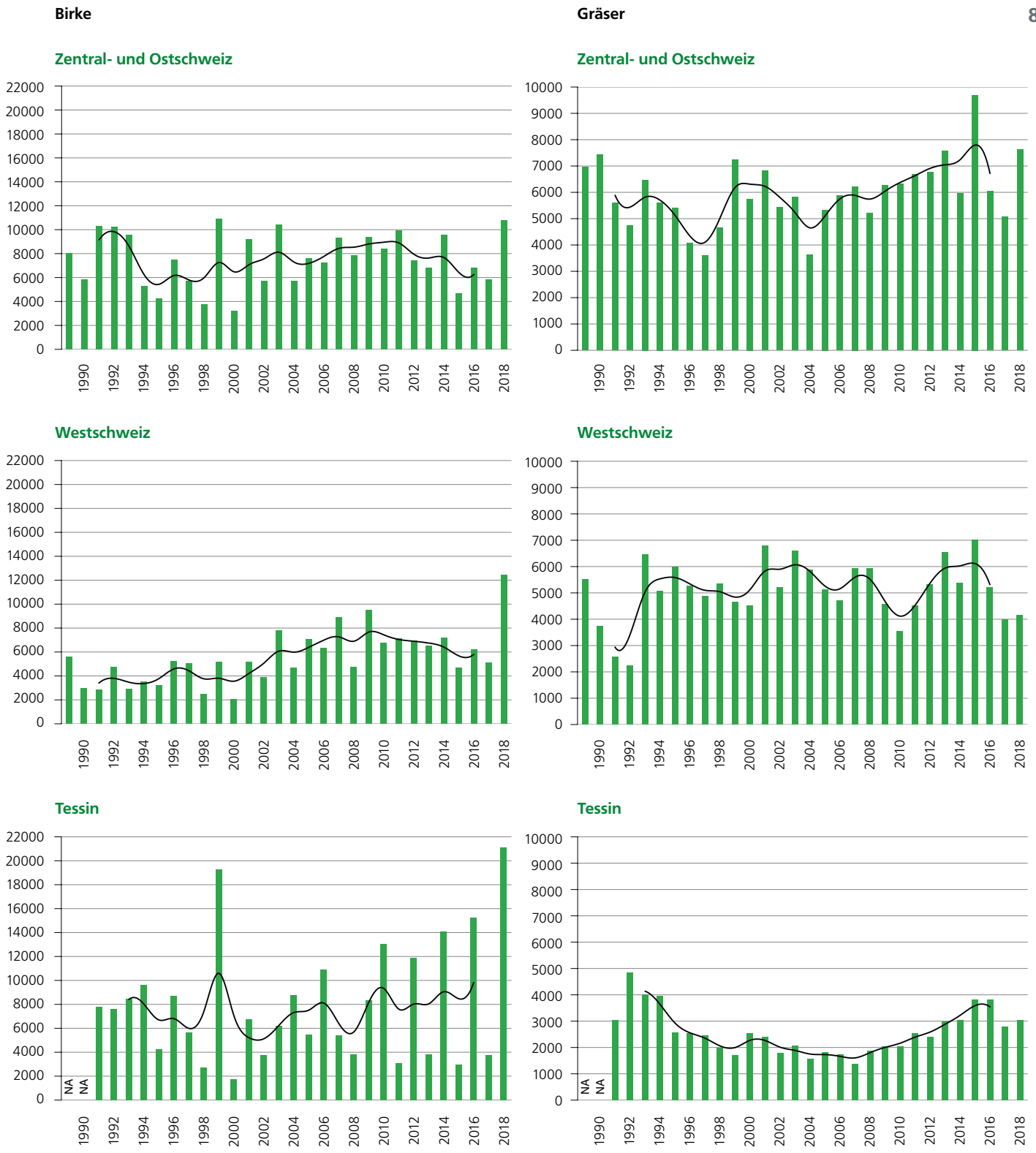


Abbildung 5.19

Intensität des Pollenflugs der Birken (l) und der Gräser (r) in den Regionen der Alpennordseite von 1989–2018 und im Tessin von 1991–2018. Das jährliche Pollenintegral ist die Summe der täglichen Pollenkonzentrationen. Die schwarze Linie zeigt das 5-jährige gewichtete Mittel.

5.2
Landoberfläche

Neuschneesummen

Der Winter 2017/18 gehörte gebietsweise zu den niederschlagsreichsten seit Messbeginn, was sich in höheren Lagen auf die Neuschneemengen auswirkte. Am Messstandort Arosa liegt der letzte Winter mit noch mehr Neuschnee über 30 Jahre zurück. Im Winter 2017/18 fiel mit 8,35 m sogar noch mehr Neuschnee als im Winter 1998/99, der als «Lawinenwinter» in die Geschichte einging. Zuletzt gab es in Arosa im Winter 1981/82 Neuschneesummen über 9 m (Norm 6.31 m). Am Messstandort Segl-Maria erreichte die Neuschneesumme im Winterhalbjahr Oktober bis März 3,25 m (Norm 3,12 m). In Einsiedeln wurden lediglich 1,86 m gemessen (Norm 3,41 m) und in Luzern 62 cm (Norm 83 cm).

Bei den Neuschneesummen im Winterhalbjahr ist an den Messstandorten Segl-Maria, Arosa und Einsiedeln kein signifikanter Trend feststellbar. In Luzern ist eine signifikante Abnahme von 2,5 cm pro Jahrzehnt zu beobachten. Dabei ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die täglichen und monatlichen Schneeaufzeichnungen nicht in Form homogener Daten verfügbar sind.

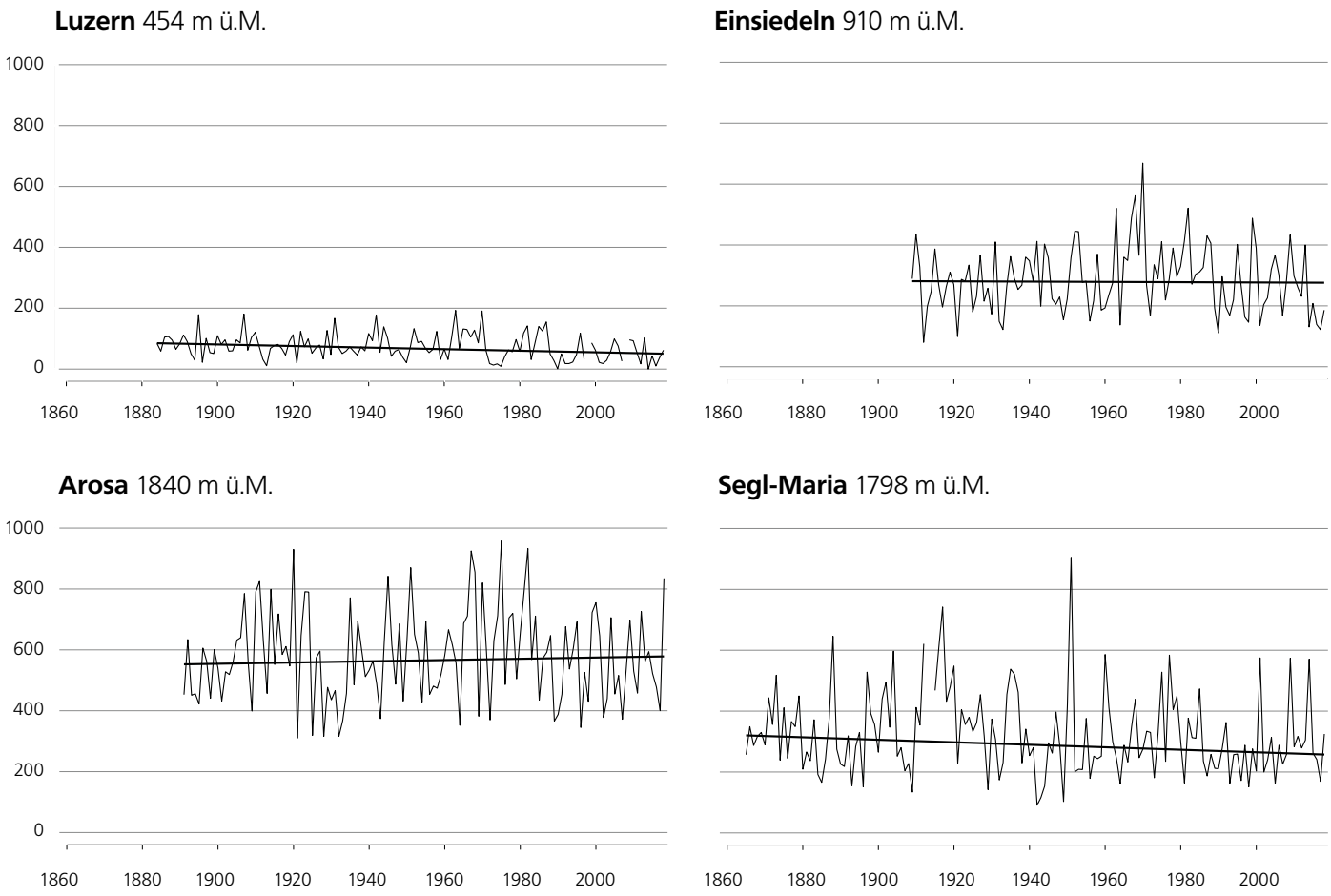


Abbildung 5.20

Neuschneesummen in cm im Winterhalbjahr ab Messbeginn bis 2018 an den Messstationen Luzern, Einsiedeln, Arosa und Segl-Maria.

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

Tage mit Neuschnee

Die Anzahl Tage mit Neuschnee im Winter 2017/18 war je nach Messstandort nahe an der Norm oder höher. Im Winterhalbjahr Oktober bis März waren es am Messstandort Arosa 84 Tage mit Neuschnee (Norm 71 Tage). In Segl-Maria im Oberengadin wurden 51 Tage registriert (Norm 42 Tage). In Luzern gab es an insgesamt 7 Tagen messbaren Neuschnee (Norm 18 Tage). Einsiedeln verzeichnete 43 Neuschneetage (Norm 46).

Die Messreihe Arosa zeigt einen signifikanten Trend zu mehr Tagen mit Neuschnee. Er liegt bei ungefähr +1,6 Tagen pro Jahrzehnt. Luzern zeigt demgegenüber mit -0,4 Tagen pro Jahrzehnt einen schwachen, 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 [8]. 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.

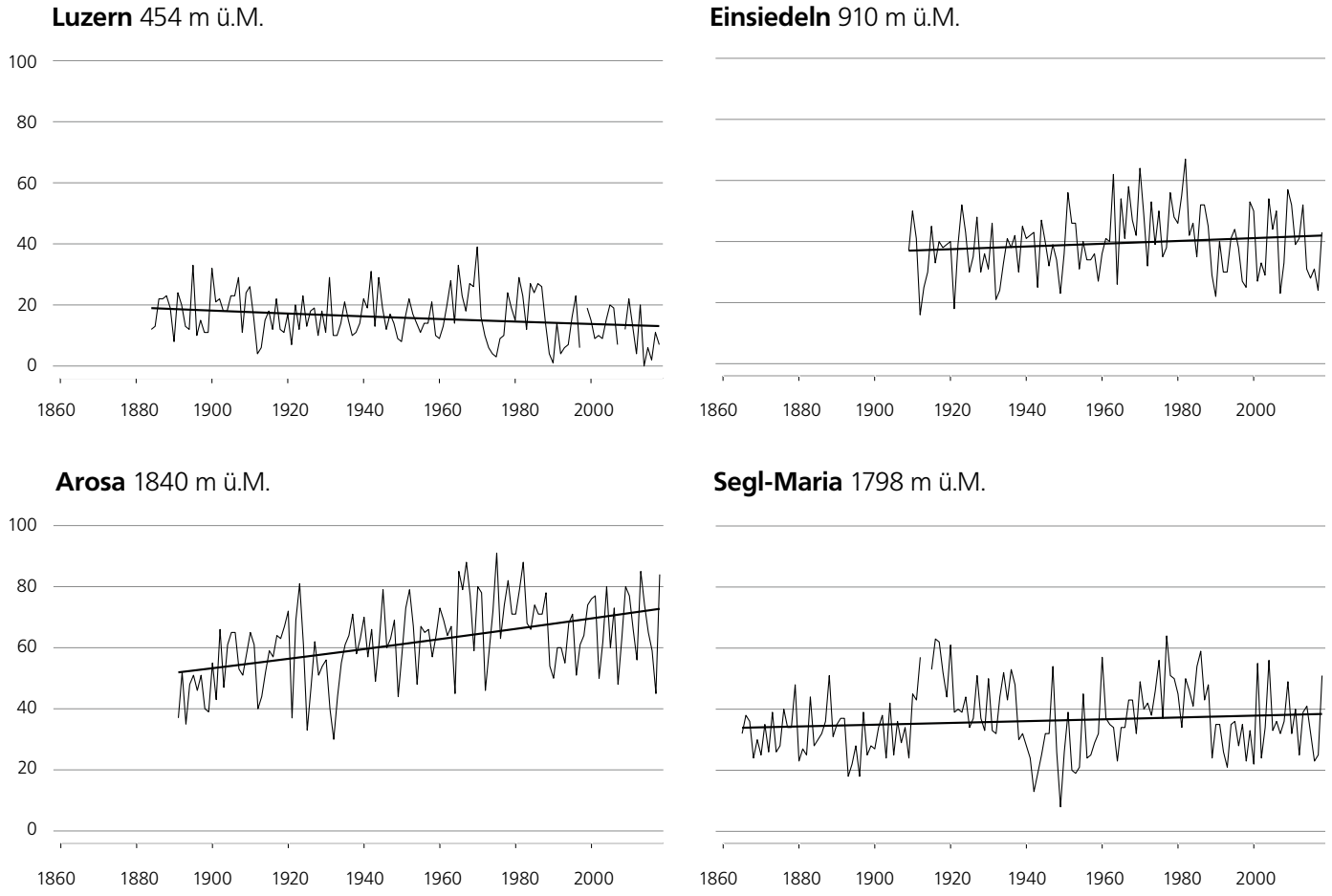


Abbildung 5.21

Anzahl Tage mit Neuschnee im Winterhalbjahr ab Messbeginn bis 2018 an den Messstationen Luzern, Einsiedeln, Arosa und Segl-Maria.

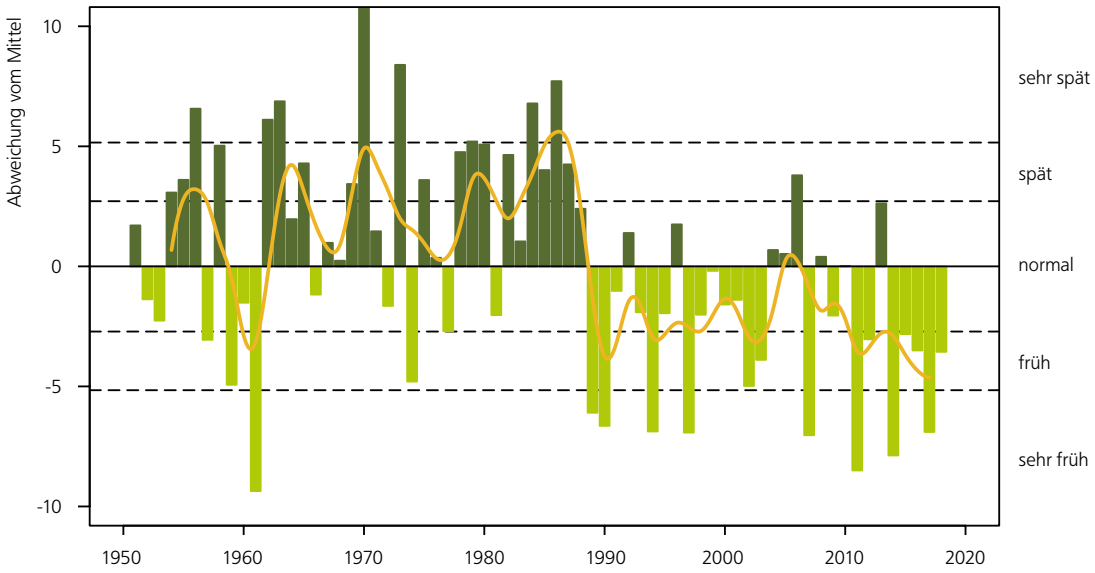
Quelle Arosa: MeteoSchweiz/Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.

Frühlingsindex

Der Frühlingsindex wird als Masszahl verwendet, um den Stand der Vegetationsentwicklung im Frühling im Verhältnis zu den Vorjahren bzw. im Verhältnis zum langfristigen Mittel zu charakterisieren. Die Vegetationsentwicklung im Frühling ist hauptsächlich vom Gang der Winter- und Frühlingstemperatur abhängig [26]. Im Jahr 2018 entwickelte sich die Vegetation im Frühling früher als im Mittel der Periode 1981–2010. Im Januar hatte die Blüte der Haselsträucher einen Vorsprung von rund einem Monat auf das Mittel. Tiefe Temperaturen im Februar und März bremsten die weitere Entwicklung, so dass Huflattich und Buschwindröschen etwa im normalen zeitlichen Rahmen blühten. Während des sehr warmen Aprils beschleunigte sich die Vegetationsentwicklung von Tag zu Tag und viele phänologische Frühlingsphasen konnten fast gleichzeitig beobachtet werden. Der Vorsprung der Vegetation erhöhte sich im Lauf des Aprils auf 9 Tage. Im Mai blühte der Schwarze Holunder sogar mit einem Vorsprung von rund 2 Wochen.

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 sprungartige Verschiebung zu einer früheren Vegetationsentwicklung im Frühling.

Abbildung 5.22
Jährlicher Stand der gesamtschweizerischen Vegetationsentwicklung (Frühlingsindex) 1951–2018 dargestellt als Abweichung vom langjährigen Durchschnitt des Standes der Vegetationsentwicklung. Die ausgezogene Linie zeigt das 5-jährige gewichtete Mittel.

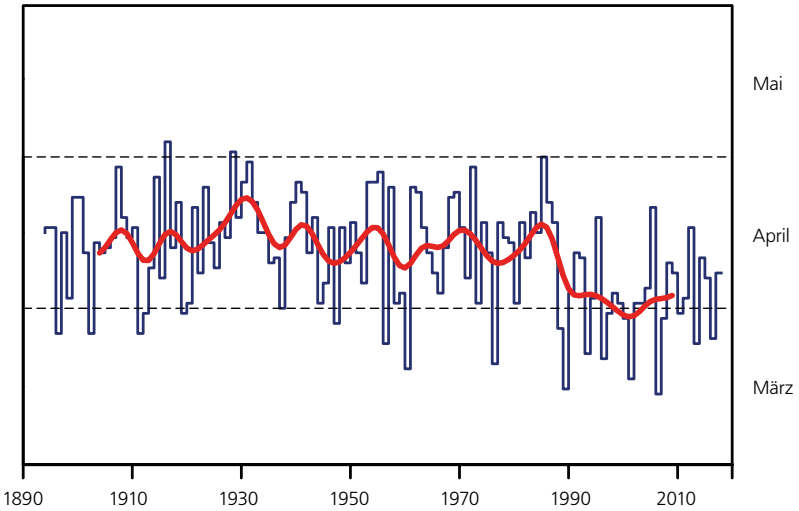


Kirschblüte Liestal und Blattausbruch Rosskastanie Genf

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 8. April 2018 fand 3 Tage später als im Mittel der Periode 1981–2010 statt, bedingt durch die tiefen Temperaturen im Februar und März. Im Vergleich mit der gesamten Messperiode lag er 3 Tage vor dem Mittel.

Von grosser Bedeutung ist auch die seit 1808 existierende historische Messreihe des Zeitpunkts des Blattausbruchs der Rosskastanie in Genf. Dies ist die längste phänologische Messreihe der Schweiz. Ab etwa 1900 ist ein deutlicher Trend zu früheren Eintrittsterminen ersichtlich. Im Jahr 2018 fand der Blattausbruch der Rosskastanien am 24. März statt. Der Blattausbruch der Rosskastanie wird sehr stark durch die Temperaturen beeinflusst, aber auch andere Faktoren wie das Baumalter oder das Stadtklima können eine Rolle spielen. Der Grund für die seit einigen Jahren wieder späteren Eintrittstermine ist noch unbekannt.

Kirschbaum



Rosskastanie

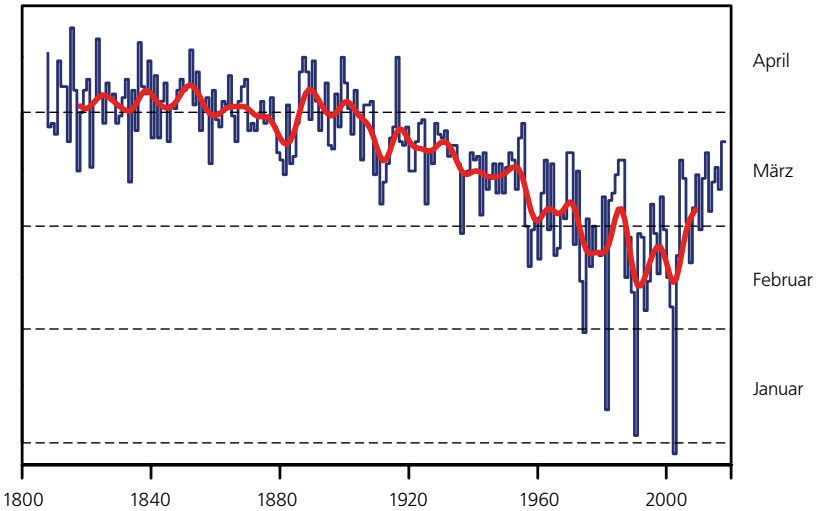


Abbildung 5.23
Oben: Blüte des Kirschbaums bei Liestal 1894–2018 (Quelle: Landw. Zentrum Ebenrain, Sissach und MeteoSchweiz)

Unten: Blattausbruch der Rosskastanie in Genf 1808–2018 (Quelle: Grand Conseil de la République et canton de Genève).

5.3
Datengrundlagen & 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 [15]. Eingangsgrössen sind homogenisierte Reihen ab 1959.

Temperatur

Auf Grund 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 Normwert (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 [2] werden dazu entsprechend ihrer Repräsentativität kombiniert.

www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/schweizer-temperaturmittel.html

Bei Trendanalysen wird jeweils angegeben, wie eindeutig der Trend ist. Dabei werden die zwei Signifikanzniveaus «stark signifikant» und «signifikant» unterschieden. «Stark signifikant» bedeutet, dass mit sehr grosser Sicherheit gesagt werden, dass ein Trend vorhanden ist (p-Wert ≤0,01; die Irrtumswahrscheinlichkeit ist 1 % oder kleiner). «Signifikant» bedeutet, dass mit grosser Sicherheit gesagt werden, dass ein Trend vorhanden ist (p-Wert >0,01 und ≤0,05; die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt zwischen 1 % und 5 %). «Nicht signifikant» bedeutet, dass bezüglich der gewählten Signifikanzschwelle (p-Wert = 0,05) kein gesicherter Trend vorliegt.

Nullgradgrenze bestimmt aus Bodenmessstationen

Der Berechnung der Nullgradgrenze liegt folgendes Vorgehen zu Grunde: Für jeden Zeitpunkt (hier saisonal, also z.B. Winter 1962) wird über eine lineare Regression zwischen den homogenisierten Temperaturmittelwerten und der Höhe über Meer die Höhe der Nullgradgrenze sowie eine Abschätzung deren Unsicherheit bestimmt. Auf der Basis der einzelnen Jahreswerte wird die zeitliche Veränderung der Höhe der Nullgradgrenze berechnet (Trend in m/10 Jahre). Verwendet werden alle 29 Stationen aus dem Klimamessnetz (Swiss NBCN) [2]. Zu beachten ist, dass die Bestimmung der Nullgradgrenze je nach Saison unterschiedlich stark fehlerbehaftet ist (graue Fehlerbalken in der Grafik). Im Frühling und Herbst ist die Bestimmung relativ genau möglich, da sowohl recht gute lineare Beziehungen zwischen Temperatur und Höhe besteht, wie auch die Nullgradgrenze noch in Höhen liegt, wo Messstationen vorhanden sind. Im Winter und speziell im Sommer ist die Bestimmung unsicherer, allerdings aus verschiedenen Gründen. Im Winter ist die Bestimmung schwierig, da Kaltluftseen und Nebel sowie Frontdurchgänge die Beziehung zwischen Temperatur und Höhe stark verwischen und keine schöne lineare Beziehung zwischen Temperatur und Höhe besteht. Im Sommer ist die Beziehung zwar ziemlich linear, doch die Höhe der Nullgradgrenze liegt weit über den verfügbaren Stationen. Damit haben kleinste Unsicherheiten der Temperatur-Höhen Beziehung grosse Auswirkungen auf den Fehlerbereich der Nullgradgrenze.

Niederschlag

In der Schweiz stehen sich das nordalpine und das südalpine 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 12 homogenen Messreihen [27] aus dem Schweizer Klimanetzwerk (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [2]).

Bei Trendanalysen wird jeweils angegeben, wie eindeutig der Trend ist. Dabei werden die zwei Signifikanzniveaus «stark signifikant» und «signifikant» unterschieden. «Stark signifikant» bedeutet, dass mit sehr grosser Sicherheit gesagt werden, dass ein Trend vorhanden ist (p-Wert ≤0,01; die Irrtumswahrscheinlichkeit ist 1 % oder kleiner). «Signifikant» bedeutet, dass mit grosser Sicherheit gesagt werden, dass ein Trend vorhanden ist (p-Wert >0,01 und ≤0,05; die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt zwischen 1 % und 5 %). «Nicht signifikant» bedeutet, dass bezüglich der gewählten Signifikanzschwelle (p-Wert = 0,05) kein gesicherter Trend vorliegt.

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 10 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 [28]. Ausführliche Informationen zu seltenen Starkniederschlägen sind zu finden unter:

www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/extremwertanalysen.html

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, [29]) und SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index, [30]) 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 bis 48 Monate) und wird aus monatlichen Niederschlagssummen berechnet. Die kumulierten Niederschläge der vergangenen (1 bis 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	≤ -2.0	extrem trocken
-2.0	<SPEI	≤ -1.5	sehr trocken
-1.5	<SPEI	≤ -1.0	trocken
-1.0	<SPEI	< 1.0	normal
1.0	≤SPEI	< 1.5	nass
1.5	≤SPEI	< 2.0	sehr nass
	SPEI	≥ 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 gelegenen Höhe, beziehungsweise Tiefe der Nullgradgrenze 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 [31]. 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 Normperiode 1981–2010 verglichen. Phasen, die seit 1996 beobachtet werden, werden mit der ganzen verfügbaren Datenreihe von 1996 bis zum Vorjahr des aktuellen Jahres 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

Die aktuelle Pollensaison wird mit dem 20-jährigen Mittel 1997–2016 verglichen. Der Grund dafür ist, dass die einzelnen Stationen einen sehr unterschiedlichen Messbeginn aufweisen, von 1969 in Basel bis 1997 in Lausanne.

Das jährliche Pollenintegral (Pollen/m^3 Tag) berechnet sich aus der mittleren täglichen Pollenkonzentration pro m^3 Luft. Diese Zahl wird für das ganze Jahr aufsummiert.

Verwendete Pollenmessstationen	
Zentral- und Ostschweiz	Basel Buchs Luzern Münsterlingen Zürich
Westschweiz	Bern Genève 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 Kirschbaumes, Blattentfaltung des Haselstrauchs, Nadelaustrieb der Lärche, Blüte des Wiesenschaumkrautes, Blattentfaltung der Buche und Blüte des Löwenzahns.

Die einzelnen phänologischen Phasen sind vom Gang der Witterung abhängig. So kann die Blüte des Haselstrauchs bei einem milden Winterende früh eintreten, während eine nachfolgende länger dauernde Kaltperiode den Fortschritt der Vegetationsentwicklung wieder hemmt. Die Vegetationsentwicklung ist zudem von der Höhenlage abhängig. An tief gelegenen Beobachtungsstandorten mit milden Verhältnissen treten die phänologischen Phasen früher ein als in höheren Lagen mit kühlen Verhältnissen. Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse werden diese umfangreichen Beobachtungsdaten strukturiert, vereinfacht und zur Veranschaulichung zu einem gesamtschweizerischen Frühlingsindex zusammengefügt [26].

Referenzen

[1] Bader S., Burgstall A., Casanueva A., Duguay-Tetzlaff A., Gehrig R., Gubler S., Kotlarski S., Scherrer S., Spirig C., 2018: Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 – eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 272, 38 pp.

[2] 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.

[3] 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., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[4] Collaud Coen, M., Andrews, E., Asmi, A., Baltensperger, U., Bukowiecki, N., Day, D., Fiebig, M., Fjaeraa, A. M., Flentje, H., Hyvärinen, A., Jefferson, A., Jennings, S. G., Kouvarakis, G., Lihavainen, H., Lund Myhre, C., Malm, W. C., Mihapopoulos, N., Molenar, J. V., O'Dowd, C., Ogren, J. A., Schichtel, B. A., Sheridan, P., Virkkula, A., Weingartner, E., Weller, R., and Laj, P. 2013: Aerosol decadal trends – Part 1: In-situ optical measurements at GAW and IMPROVE stations, Atmos. Chem. Phys., 13, 869-894, doi:10.5194/acp-13-869-2013.

[5] 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.

[6] MeteoSchweiz, 2018: Der Wintersturm Burglind/Eleanor in der Schweiz, Fachbericht MeteoSchweiz, 268, 35 pp.

[7] MeteoSchweiz: 2018, Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 – eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 272, 38 pp.

[8] NCCS (Hrsg.), 2018: CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN-Nummer 978-3-9525031-0-2. www.klimaszenarien.ch

[9] WMO 2018: WMO Statement on the status of the global climate in 2018. https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate

[10] NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2018, published online January 2019, retrieved on February 14, 2019 from www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813

[11] University of East Anglia, 2018: Temperature anomaly (from the base period 1961–90) datasets HadCRUT4. www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/data/current/time_series/

[12] MEI-Daten unter: www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/table.html

[13] Seiz G., Foppa N., 2007: Nationales Klima-Beobachtungssystem (GCOS Schweiz). Publikation von MeteoSchweiz und ProClim, 92 S. www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_international/gcos/publikationen/Berichte.Par.0026.DownloadFile.tmp/seiz2007.pdf

[14] WMO, 2003: GCOS-82. Second Report on the Adequacy of the Global Observing Systems for Climate in Support of the UNFCCC. WMO TD 1143.

[15] www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/CA_3.php
www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/WCDMP_72_TD_1500_en_1.pdf

[16] Wright W., 2012: Discussion paper on the calculation of the standard Climate normals: a proposal for a dual system.
www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS_1.php
www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/Rev_discussion_paper_May2012.pdf

[17] Beniston M., 1997: Variations of snow depth and duration in the swiss alps over the last 50 years: Links to changes in large-scale climatic forcings, Climatic Change 36 (1997), 281–300.

[18] 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.

[19] Laternser M., Schneebeli M., 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99). International Journal of Climatology 23: 733-750.

[20] Marty C, 2008: Regime shift of snowdays in Switzerland, Geophys. Res. Lett. 35, L12501, doi: 10.1029/2008GL033998.

[21] Wüthrich C., 2008: Lange Schneemessreihen der Schweiz, Aufarbeitung der längsten Schneemessreihen und Trend-analyse ausgewählter Schneeparameter, Geographisches Institut der Universität Bern, Diplomarbeit.

[22] Scherrer S.C., Fischer E. M., Posselt R., Liniger M. A., Croci-Maspoli M., and Knutti R., 2016: Emerging trends in heavy precipitation and hot temperature extremes in Switzerland, J. Geophys. Res. Atmos., 121, doi:10.1002/2015JD024634.

[23] 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

[24] 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.
www.occc.ch/reports_e.html

[25] Favaro G., Jeannet P., Stübi R., 2002: Re-evaluation and trend analysis of the Payerne ozone soundings. Veröffentlichungen der MeteoSchweiz Nr. 63. MeteoSchweiz, Zürich.

[26] Studer S., Appenzeller C. and Defila C., 2005: Inter-annual variability and decadal trends in Alpine spring phenology: A multivaritae analysis approach. Climatic Change 73: 395–414.

[27] 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.

[28] 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.

[29] 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.

[30] 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

[31] 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 MeteoSchweiz
Operation Center 1
Postfach 257
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'Aérologie
CH-1530 Payerne

Website
meteoschweiz.admin.ch

Kontakt
kundendienst@meteoschweiz.ch

printed in switzerland

MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
Papier issu de sources responsables
Carta da fonti gestite in maniera responsabile
FSC® C016848
www.fsc.org

Swiss Climate
Klimaneutral gedruckt
SC2015051301 • www.swissclimate.ch