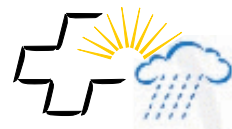


Arbeitsbericht



MeteoSchweiz

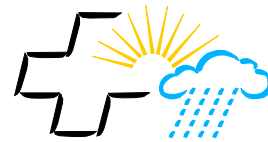
MétéoSuisse
MeteoSvizzera
MeteoSvizra
MeteoSwiss

Autor
Stephan Bader



200 Die extreme Sommerhitze im aussergewöhnlichen Witterungsjahr 2003

Arbeitsbericht



MeteoSchweiz

Nummer: 200

Autor

Stephan Bader

Die extreme Sommerhitze im aussergewöhnlichen Witterungsjahr 2003

© und Herausgeber: MeteoSchweiz, 2004

Bestelladresse:

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)
Office fédéral de météorologie et de climatologie (MeteoSuisse)
Ufficio federale di meteorologia e climatologia (MeteoSvizzera)
Uffizi federal per meteorologia e climatologia (MeteoSvizra)
Federal Office of Meteorology and Climatology (MeteoSwiss)

MeteoSchweiz
Krähbühlstrasse 58
Postfach 514
CH-8044 Zürich

Telefon +41 1 256 91 11
Telefax +41 1 256 92 78
info@meteoschweiz.ch
www.meteoschweiz.ch

Inhalt

Zusammenfassung	5
Einleitung	7
Aussergewöhnlicher Jahreswechsel	8
Winter erst im Februar	8
Erneut sehr warmes Winterhalbjahr	8
Markante Witterungssprünge	9
Extreme Juni-Hitze	10
Rekordhitze im August	11
Neuer Temperaturrekord	13
Sommerhitze von extremer Seltenheit	13
Wärmstes Sommerhalbjahr seit Messbeginn	16
Extreme Trockenheit	17
Massiver Witterungsumschlag im Oktober	21
Mildes Jahresende	21
Literatur	23

Zusammenfassung

Das Witterungsjahr 2003 war nicht nur bezüglich des extrem heissen Sommers aussergewöhnlich. Neben der Rekordhitze zeigte der Witterungsverlauf auch weitere bemerkenswerte Eigenheiten. Als wollte sich der aussergewöhnliche Sommer schon frühzeitig ankündigen, wartete die Jahreswende 2002/2003 mit einer derartigen Wärme auf, dass sich in der Westschweiz die ersten Zeichen des Frühlingserwachens erstmals in der fast 200-jährigen Beobachtungsperiode noch im alten Kalenderjahr bemerkbar machten. Zu kalt waren dann nur die Monate Februar und Oktober. Der Frühsommer hielt bereits anfangs April Einzug, und nur einen Monat später stellte sich hochsommerliche Wärme ein. Anschliessend fielen die Wärmerekorde gleichsam Schlag auf Schlag. Der Juni 2003 wurde in vielen Regionen zum wärmsten Monat überhaupt seit Beginn der systematischen Messungen im Jahr 1864. Diesen Rekord musste er aber wenig später an den Monat August abgeben, welcher mit seiner unglaublichen Hitzeperiode und dem neuen schweizerischen Hitzerekord in der ersten Monatshälfte alles Bisherige weit übertraf. Mit der Hitze wurde die seit Februar anhaltende Trockenheit in einigen Gebieten zum akuten Problem. Fast schlagartig wurde dann der kaum enden wollende Sommer direkt vom Winter abgelöst. In der zweiten Oktoberhälfte vermochte sich im Flachland der Alpennordseite zum Teil eine Schneedecke zu bilden, dies erstmals wieder seit rund drei Jahrzehnten. Die Temperaturen verblieben vorübergehend auch in Tieflagen ganztags unter dem Gefrierpunkt. Nach monatelangen Witterungsextremen nahm daraufhin die Witterung für den Rest des Jahres 2003 einen wenig auffallenden Verlauf. Das Jahr insgesamt wurde, gemittelt über die ganze Schweiz, zum zweitwärmsten seit Aufnahme der systematischen Messungen.

Einleitung

Die Schweiz liegt normalerweise im Einflussbereich des nahen Atlantiks mit seiner ausgleichenden Klimawirkung. Im Jahr 2003 war davon jedoch kaum etwas zu spüren. Vielmehr bestimmten fast durchwegs extreme Bedingungen den Witterungsablauf 2003.

Extreme klimatische Verhältnisse - z.B. der schnelle Wechsel von tiefen zu hohen Temperaturen und umgekehrt, oder auch Hitze und Trockenheit im Sommer - sind typisch für kontinentale, das heisst ozeanferne Klimaregionen. Gerade dies waren aber die dominanten Merkmale des Witterungsjahres 2003. In diesem Sinne wurde die Schweiz, und mit ihr ein grosser Teil Europas, während des Jahres 2003 über weite Strecken von einem absolut atypischen Klimaregime beherrscht.

Ohne Frage stellt dabei der aussergewöhnliche Hitzesommer das herausragende Ereignis dar. Die heissesten je registrierten Monate, Juni und August 2003, sowie die höchste je in der Schweiz gemessene Temperatur, 41.5 °C im August, sind eine einmalige Anhäufung von Hitzerekorden.

Von der Allgemeinheit vermutlich weniger wahrgenommen wurde die auffallend ausgeprägte Tendenz zu abrupten Witterungsumschwüngen. Insbesondere waren auch die Wechsel der Jahreszeiten dieser Tendenz zu ungewöhnlich massiven Umwälzungen unterworfen. So dauerte der Übergang vom tiefen Winter zum Hochsommer, also die Frühlingszeit, nur gerade einen Monat. Das Gleiche in umgekehrter Richtung wiederholte sich im Herbst.

Eine weitere Eigenheit stellte die beinahe das ganze Jahr anhaltende Trockenheit dar. Bereits wenige Wochen nach Jahresbeginn machte sich eine ungewöhnliche Niederschlagsarmut bemerkbar, welche sich bis in den Sommer hinein immer mehr verschärfte. In den meisten Regionen der Schweiz liefern gewöhnlich die Sommermonate die grössten Niederschlagssummen. Das Sommerhalbjahr 2003 hingegen brachte verbreitet nur etwa die Hälfte der normalen Mengen.

Der vorliegende Bericht dokumentiert das höchst ungewöhnliche Witterungsjahr in Form eines chronologischen Überblicks zu den wesentlichsten Ereignissen. Der Hitzesommer nimmt dabei selbstverständlich eine besondere Stellung ein.

Aussergewöhnlicher Jahreswechsel

Ein bisher einmaliges Ereignis brachte bereits der Jahreswechsel 2002/2003. Bei anhaltend frühlingshafter Witterung konnte noch vor Jahresbeginn der Blattausbruch der Rosskastanien in der Stadt Genf beobachtet werden (MeteoSchweiz, 2003 a). Dies ist nicht nur ein absoluter Rekord in der seit 1808 geführten Beobachtungsreihe (Abbildung 1), sondern auch ein deutliches Zeichen eines insgesamt ungewöhnlichen Witterungsablaufs.

Nach den ersten viel zu warmen Januartaugen gaben sich auch die folgenden Wochen wenig winterlich. Im Flachland liess die erste weitgehend geschlossene Schneedecke des Winters bis kurz vor Januarende auf sich warten.

Winter erst im Februar

Eine scharfe Wende im Witterungsgeschehen brachte der Februar. Kurze, aber um so intensivere Schneefälle sorgten im Flachland gebietsweise mit 20 bis 30 cm für überdurchschnittliche Schneehöhen, was in der seit 1987 andauernden Phase schneearmer Winter als seltenes Ereignis zu bezeichnen ist. Diese

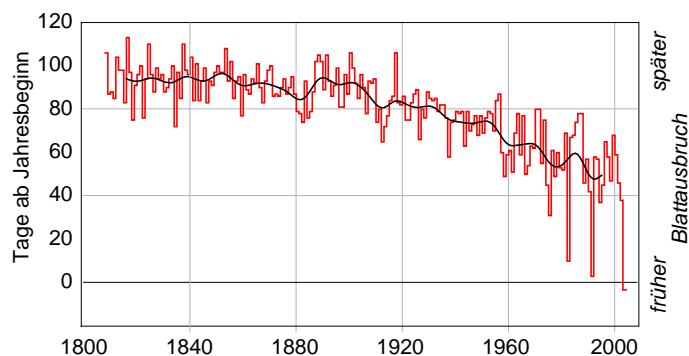


Abbildung 1: Termin des Blattausbruchs der Rosskastanien in Genf. Gezählt werden die Tage seit Jahresbeginn. Die Messreihe (rot) beginnt 1808. Die schwarze Kurve zeigt die über 20 Jahre gemittelte Entwicklung (Gauss Tiefpass-Filter). Der bisher späteste Blattausbruch wurde am 23. April 1816, der früheste am 29. Dezember 2002 beobachtet.

Schneefälle brachten im letzten Augenblick endlich jene Schneedecke, welche in vielen Wintersportorten für eine zufriedenstellende Saison dringend benötigt wurde. Die Hauptsaison für den Skitourismus, die Wochen über Weihnacht und Neujahr, waren nicht eben mit Schnee gesegnet.

Den Schneefällen folgte eine stabile winterliche Hochdrucklage. Die Temperaturen verharrten bis gegen Monatsende auf sehr tiefem Niveau, wodurch sich der Februar zum kältesten seit 1986 entwickelte. Mit dem Hoch kam auch die Sonne: In höheren Lagen des Alpennordhangs und in Graubünden gehörte der Februar zu den vier sonnigsten in den etwas über 100-jährigen Messreihen.

Erneut sehr warmes Winterhalbjahr

Im März meldete sich die ungewöhnliche Wärme zurück. Aus Südwesten herangeführte subtropische Meeresluft liess die Tagesmitteltemperaturen mehrmals in Bereiche vorstossen, welche für den Mai typisch sind. Die mit der weitgehend freundlichen Witterung einhergehende ausgesprochene Niederschlagsarmut, welche bereits im Februar ihren Anfang nahm, war der Beginn einer zunehmend prekären Trockenheit, welche in den Hitzemonaten Juni bis August schliesslich ihren Höhepunkt erreichte.

Der warme März beendete ein weiteres überdurchschnittlich warmes Winterhalbjahr. Es setzte die ausgeprägte Warmwinterphase fort, welche im Winterhalbjahr 1987/88 sprunghaft einsetzte (Abbildung 2). Dieser Temperatursprung ist von grundlegender klimatologischer Bedeutung, trug er doch einen wesentlichen Teil zu der Erwärmung der Winter seit Aufnahme der re-

gelmässigen Messungen bei. Denn insbesondere für die lange Periode von 1910 bis 1970 ist in der Schweiz kein signifikanter Temperaturtrend im Winterhalbjahr nachweisbar. Auch das Fehlen sehr kalter Winterhalbjahre gegen Ende des 20. Jahrhunderts macht deutlich, dass sich eine grundlegende Änderung im winterlichen Temperaturregime eingestellt hat. Bis in die 1960er Jahre traten sehr kalte Winterhalbjahre hin und wieder auf. Anschliessend verschwand dieses Muster jedoch vollständig aus der Klimatologie des Winterhalbjahres. Zwischen 1864, dem Jahr der Einführung des offiziellen schweizerischen Messnetzes, und 2003 liegt der Temperaturtrend im Winterhalbjahr auf der Alpennordseite bei $+1.5\text{ °C pro }100\text{ Jahre}$, auf der Alpensüdseite bei rund $+1.0\text{ °C pro }100\text{ Jahre}$.

Markante Witterungssprünge

Durch einen massiven Luftmassenwechsel stellte die Witterung anfangs April wieder schlagartig von Fröhsommer auf tiefen Winter um (Abbildung 3). In der eingeflossenen arktischen Kaltluft sanken im Mittelland die Temperaturen vielerorts auf die für den April seltenen Minimalwerte von $-3\text{ bis }-5\text{ °C}$, verein-

zelt sogar bis auf -8 °C . Gebietsweise vermochte sich nochmals eine Schneedecke zu bilden, örtlich mit einer Mächtigkeit von 10 bis 15 cm. Gegen Ende des Monats nahm der Reigen der Witterungssprünge seinen Fortgang, als beidseits der Alpen lokal die ersten Sommertage (Maximum der Temperatur 25 °C oder höher) registriert wurden. Bereits in den ersten Maitagen folgte dann der Sprung zu hochsommerlichen Bedingungen. Mit Föhnunterstützung stiegen die Maximum-Temperaturen nahe an oder leicht über die Hitzegrenze von 30 °C . Die Tagesmittel-Temperaturen erreichten Werte, wie sie normalerweise für warme Julitage typisch sind. Innerhalb von nur einem Monat erfolgte der Übergang vom Winter zum Sommer. Mit einer gleich kurzen Übergangsphase ging im Herbst der Sommer gleichsam direkt in

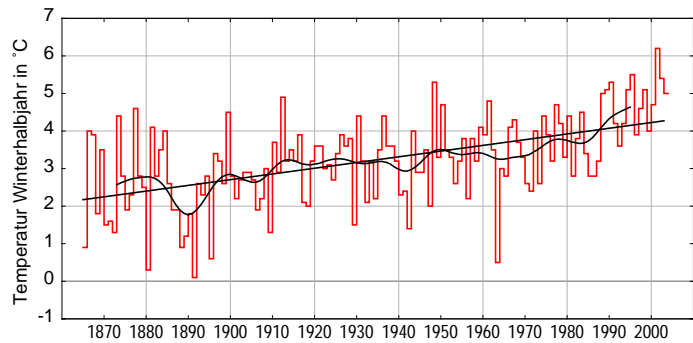


Abbildung 2: Langjährige Temperaturentwicklung des Winterhalbjahres in den Niederungen der Alpennordseite (Mittel der Messstationen Basel, Bern, Genf und Zürich). Angegeben sind die Werte von Jahr zu Jahr, das Mittel über 20 Jahre (Gauss Tiefpass-Filter) sowie der lineare Trend (schwarze Trendlinie). Deutlich ist der Sprung in der Erwärmung im Winterhalbjahr 1987/88 zu erkennen. Der lineare Trend der Erwärmung beträgt für die dargestellte Messreihe des Mittellandes $+1.5\text{ °C pro }100\text{ Jahre}$.

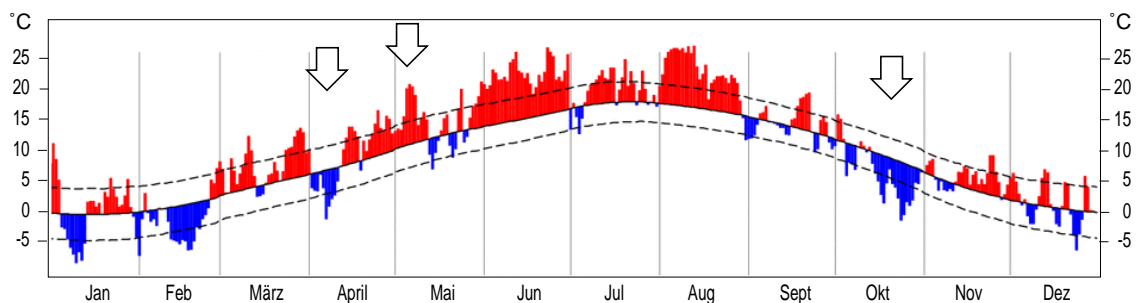


Abbildung 3: Verlauf der Tagesmitteltemperatur im Jahr 2003 an der Messstation Zürich im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990 (ausgezogene schwarze Linie) und zum langjährigen mittleren Schwankungsbereich (unterbrochene Linien; Standardabweichung). Gut zu erkennen sind die markanten Temperatursprünge anfangs April und in den ersten Maitagen. Die anfangs Mai erreichten Tagesmittel-Temperaturen entsprechen warmen Julitagen. Der dritte extreme Temperatursprung erfolgte mit dem massiven Wintereinbruch im Oktober mit Schneefall bis in tiefe Lagen.

den Winter über (Abbildung 3). Wie bereits einleitend erwähnt, sind derart schnelle und extreme Jahreszeiten-Wechsel typisch für kontinentale Klimaverhältnisse, fernab der ausgleichenden Klimawirkung von Ozeanen.

Extreme Juni-Hitze

Der sonst in Mitteleuropa häufige maritime Einfluss des nahen Atlantiks kam auch während des gesamten Sommers 2003 kaum zum Tragen. Das ab Ende Mai bis Ende August fast permanent über Europa wirkende Azorenhoch lenkte die Regen und Abkühlung verheissenden atlantischen Störungszonen weit nach Norden um (Abbildung 4). Das eigentlich Extreme an der Juni-Hitzewelle war dann auch deren Dauer, und weniger die erreichten Maximum-Temperaturen. Bereits der Juni des Vorjahres brachte vom 14. bis zum 23. eine Rekord-Hitzeperiode (MeteoSchweiz, 2003 a). Die Juni-Hitze 2003 erstreckte sich dagegen

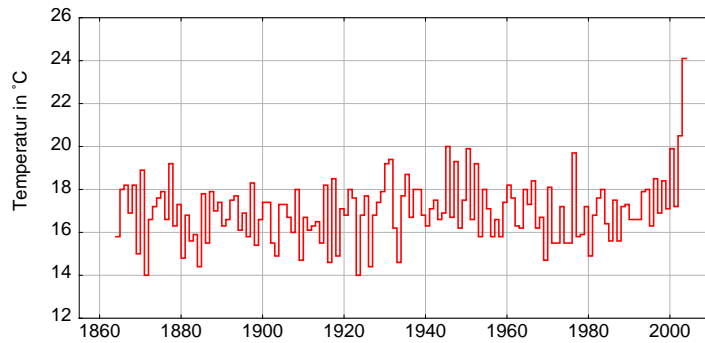


Abbildung 5: Verlauf der Juni Monatsmittel-Temperatur 1864 bis 2003 für die Station Genf. Das langjährige Junimittel beträgt 16.7 °C (Norm der Jahre 1961-1990). Man beachte, dass die Juni-Temperatur in der Periode von 1864 bis 2001 offensichtlich keine Tendenz zu einer langfristigen Temperaturänderung zeigt.

über den ganzen Monat. Die Monatsmittel-Temperaturen kamen schliesslich verbreitet unglaubliche 2 bis 3 °C über die bisherigen Juni-Werte zu liegen (Abbildung 5). In vielen Regionen wurde der Juni 2003 damit zum wärmsten Monat überhaupt seit 1864. Der bisher wärmste Monat war vielerorts der Juli 1983. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass im Juli der Erwartungswert grundsätzlich deutlich höher liegt. In Genf beispielsweise beträgt die Juni-Norm 16.7 °C, die Juli-Norm 19.3 °C. Das mag verdeutlichen,

wie extrem sich die Temperaturen im Juni 2003 entwickelt haben. Der heisse Juli 1983 zeigte in Genf eine Monatsmittel-Temperatur von 23.0 °C. Im Juni 2003 lag die Monatsmittel-Temperatur mit 24.1 °C deutlich höher. In Sion fiel der Juni 2003 (23.1 °C) ebenfalls rund ein Grad wärmer aus als der Juli 1983 (22.2 °C). An anderen Messstationen hingegen sind die Differenzen zum Juli 1983 geringer. So war in Bern der Juni 2003 (21.7 °C) etwa vergleichbar mit dem Juli 1983 (21.5 °C). Auf der Alpensüdseite stammt die bisher wärmste Monatsmittel-Temperatur (25.0 °C; Lugano) vom Juli 1928. Der Juni 2003 zeigt

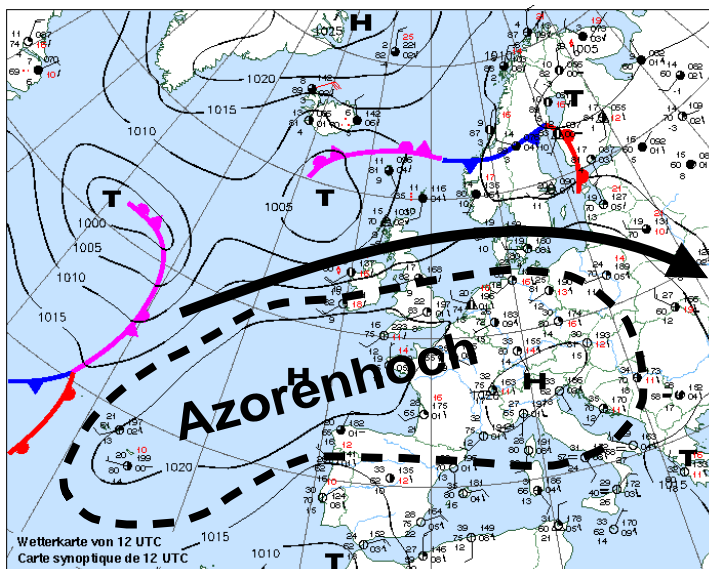


Abbildung 4: Die Wetterlage vom 12. Juni 2003 als typisches Beispiel für den Sommer 2003. Das bis weit nach Mitteleuropa reichende Azorenhoch lenkte die Niederschlagszonen weit nach Norden um. Der schwarze Pfeil zeigt die allgemeine Strömung in der höheren Atmosphäre.

te mit 24.8 °C (Lugano) einen vergleichbaren Wert. Diese Bewertung beruht auf Messreihen mit vollständig bereinigten (sogenannt homogenen) Monatswerten ab 1864. Bereinigt deshalb, weil sich in der langen Zeit seit Messbeginn aus verschiedenen Gründen in den Daten immer wieder künstliche Änderungen eingeschlichen haben, zum Beispiel durch Stationsverlegungen oder Änderungen von Messinstrumenten (Begert et al., 2003). Die wenigen Messreihen in der Schweiz, welche zum Teil deutlich vor 1864 einsetzen, beruhen in der Zeit vor 1864 auf nicht bereinigten Daten.

Insbesondere fehlen hier die wichtigen Anpassungen, welche im Rahmen des Übergangs zur automatischen Messung ab 1978 notwendig sind. Vergleiche mit Temperaturdaten vor 1864 sind deshalb vorderhand nicht wirklich verlässlich.

Rekordhitze im August

Nach einem vergleichsweise fast schon moderaten Juli - allerdings war auch er übertemperiert, brachte aber im letzten Monatsdrittel wechselhaftes Wetter mit häufigen Schauern und zum Teil verheerenden Gewittern - folgte vom 1. bis zum 13. August 2003 die extremste Hitzeperiode in der Schweiz seit Beginn der systematischen Messungen (MeteoSchweiz, 2003 b). Grund für die aussergewöhnliche Hitze war ein blockierendes Hoch über Nordeuropa (Abbildung 6). Die atlantischen Störungen wurden - noch ausgeprägter als im Juni - weit nach Norden abgelenkt. Die mit dem Hoch verbundene absinkende Luftbewegung bewirkte zudem eine anhaltende Abtrocknung der Luftmassen über Mitteleuropa. Eine generelle Ostströmung liess in der Schweiz immer

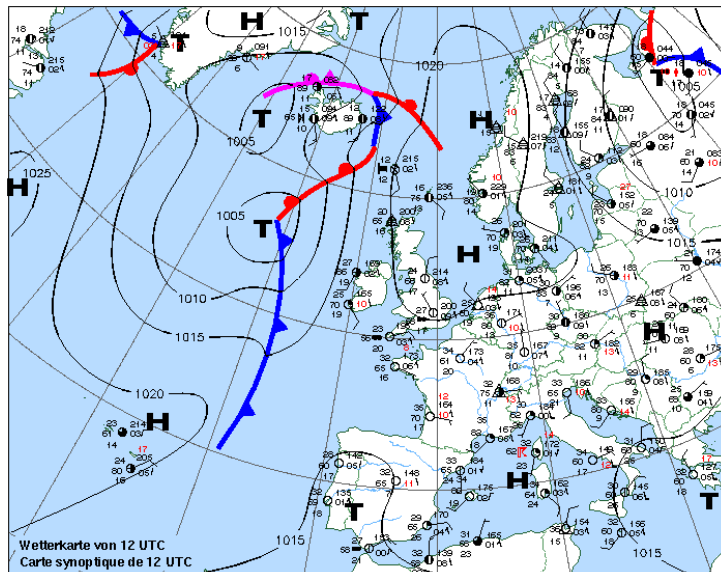


Abbildung 6: Die Wetterlage vom 8. August 2003 als typisches Beispiel für die extreme Hitzeperiode während der ersten Augushälfte. Das die atlantischen Störungen blockierende Nordeuropa-Hoch bewirkte durch absinkende Luftbewegung über Mitteleuropa eine anhaltende Abtrocknung der Luftmassen.

wieder Bise aufkommen; dies als markanter Gegensatz zur Erfahrung, dass vergleichbare Hitzeperioden im Allgemeinen mit südwestlichen Winden verbunden sind.

Da auch während der zweiten Augushälfte bis fast zum Monatsende sehr hohe Temperaturen an der Tagesordnung waren, ging der Rekord des wärmsten Monats vielerorts vom Juni 2003 an den August 2003 über. Vergleichbar mit der Monatsmittel-Temperatur des Juni 2003 kam auch jene des August 2003 weit über die bisherigen Höchstwerte zu liegen (Abbildung 7).

Die enorme sommerliche Wärme liess die Nullgradgrenze über Tage hinweg bis in die Höhe der höchsten Berggipfel vorstossen. Am 3. August lag sie auf rund 4700 m ü.M., und bis Mitte August war sie täglich über 4000 m ü.M. zu finden (Abbildung 8). An der Messstation Jungfraujoch auf 3580 m ü.M. blieben die Temperaturen vom 1. bis zum 14. August 2003 auch nachts durchwegs über dem Gefrierpunkt (Abbildung 9, linke Grafik). Während 12 aufeinander folgenden Tagen, vom 2. bis zum 13. August, bewegten sich die Minimumtemperaturen zwischen 3.5 °C und 5.0 °C. Dieses über fast zwei Wochen hinweg konstant

Abbildung 7: Verlauf der August-Monatsmitteltemperatur 1864 bis 2003 für die Station Zürich. Der August 2003 erreichte 22.7 °C. Das angjährige Augustmittel liegt bei 16.7 °C (Normer Jahre 1961-1990).

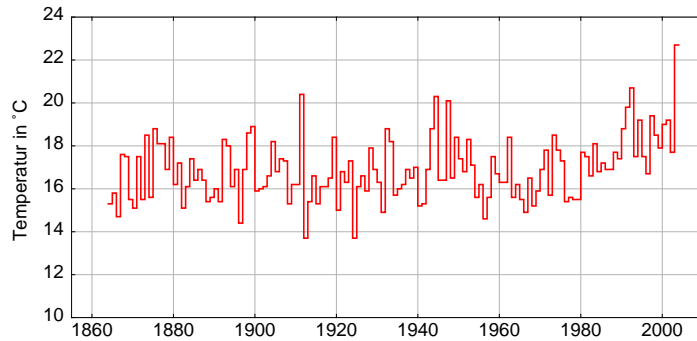


Abbildung 8: Tägliche Höhenlage der Nullgradgrenze über Payerne, ermittelt mit den routinemässigen meteorologischen Ballonsondierungen der aerologischen Station Payerne, MétéoSuisse. Die gestrichelte Linie zeigt die mittlere Lage (Median) während der Periode 1961-1990.

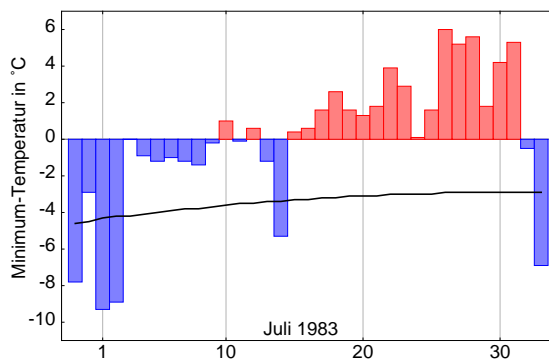
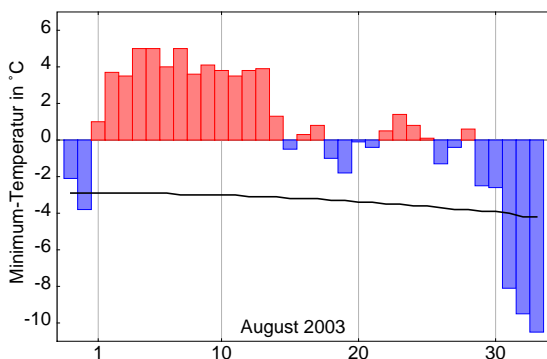
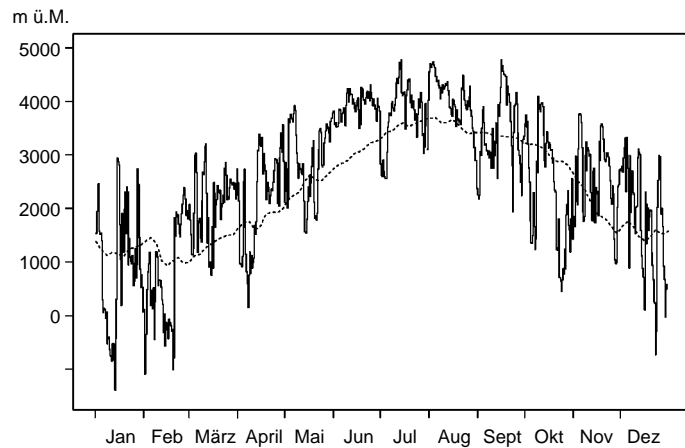


Abbildung 9: Verlauf der Minimum-Temperatur auf dem Jungfrauoch (3580 m ü.M.) im August 2003 (linke Grafik) sowie im Juli 1983 (rechte Grafik). Rot sind die Minima über, blau diejenigen unter dem Gefrierpunkt. Die schwarze Kurve zeigt den Verlauf der Norm-Minimumtemperatur der Periode 1961-1990.

hohe Niveau der Minimum-Temperaturen ist in grosser Höhe wohl das herausragende Merkmal der extremen Wärme in der ersten Augusthälfte 2003. Die Maximum-Temperaturen lagen in dieser Periode zwischen 6 °C und 12 °C. Insgesamt blieben die Temperaturen auf dem Jungfrauoch im August 2003 an 21 Tagen ganztags über dem Gefrierpunkt. Im heissen Juli 1983 waren es 19 Tage, wobei 17 in Folge. Minimum-Temperaturen über 3.5 °C

wurden damals an 6 Tagen registriert, allerdings nicht in einer zusammenhängenden Periode (Abbildung 9, rechte Grafik). Die höchsten Temperaturen lagen bei knapp 10 °C. Sie blieben damit deutlich unter jenen vom August 2003.

Während des Hitzesommers von 1947 wurden an der Messstation Jungfrauoch noch keine Minimum- und Maximum-Temperaturen erhoben. Auf Grund der damals deutlich tiefer

liegenden Tagesmittel-Temperaturen (Juli und August) ist aber nicht davon auszugehen, dass die Minimum-Temperaturen über längere Zeit ein ähnlich hohes Niveau erreichten wie in der ersten Augsthälfte 2003.

Neuer Temperaturrekord

Die extreme Hitzewelle in der ersten Augsthälfte brachte einen neuen absoluten Temperaturrekord für die Schweiz. An der Messstation Grono (382 m ü.M.) im bündnerischen Misox auf der Alpensüdseite erreichte die Temperatur ein Maximum von 41.5 °C. Es handelt sich dabei um eine nach internationalen Vorgaben konventionell betriebene Messstation, welche dreimal täglich abgelesen wird. Bereits bei der Mittagablesung (14.00 h lokale Zeit) lag die Temperatur bei 40.0 °C. Die extrem hohen Temperaturen am 11. August im Misox werden bestätigt durch die Messstation des Kantonalen Amtes für Natur und Umwelt Graubünden in Roveredo, rund zwei Kilometer von Grono entfernt. Hier stieg die Temperatur auf ein Maximum von 39.3 °C (Mitteilung H. Lötcher, Amt für Natur und Umwelt Graubünden).

Am 11. August 2003 herrschten im Misox ideale Bedingungen, um sehr hohe Temperaturen zu erzeugen. Als Folge der seit Februar anhaltenden Niederschlagsarmut war die Bodenoberfläche, wie in vielen Regionen der Schweiz, extrem trocken. Dadurch ging praktisch keine Wärmeenergie für die Wasserverdunstung verloren. Zudem, und dies scheint wesentlich zu sein, wehte im Misox ein leichter Nordföhn, was bekanntlich generell eine Temperaturerhöhung nach sich zieht.

Die zuvor höchste je im offiziellen Messnetz aufgezeichnete Temperatur wurde am 2. Juli

1952 in Basel mit 39.0 °C registriert. Auf die komplexe Thematik der Vergleichbarkeit von Maximum-Temperaturen hinsichtlich der verschiedenen Messverfahren (konventionell mit verschiedenen Messhütten; automatisch) sowie hinsichtlich der Besonderheiten des jeweiligen Messstandortes, wird hier nicht eingegangen. Eine detaillierte Analyse dazu ist als Arbeitsbericht der MeteoSchweiz in Vorbereitung (Zgraggen, 2004).

Sommerhitze von extremer Seltenheit

Die Temperaturen des meteorologischen Sommers (Mittel der Monate Juni bis August) lagen 4.0 °C bis 5.5 °C höher als die normalen Sommertemperaturen und damit weit über den bisherigen Erfahrungswerten. Die heissesten Sommer in den Messreihen wurden um 2 bis 3 °C übertroffen (Abbildung 10). Mit der Sommerhitze 2003 ist damit ein Ereignis mit

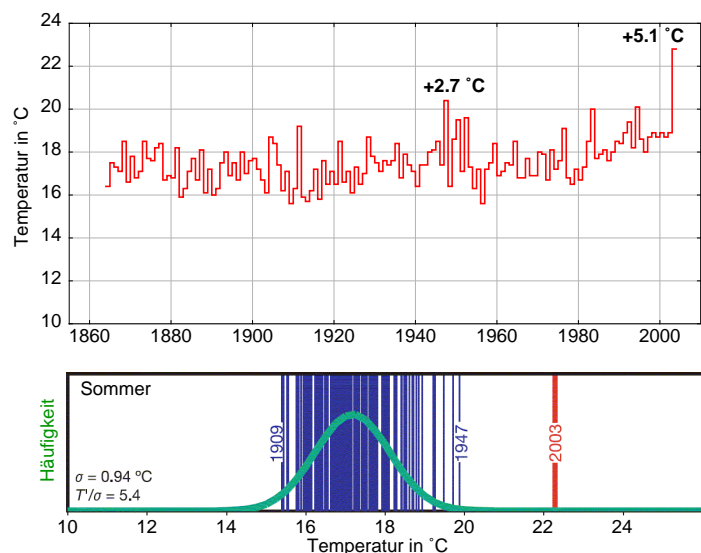


Abbildung 10, oben: Verlauf der Sommertemperatur (Mittel der Monate Juni bis August) in Basel 1864-2003. Die Norm der Sommertemperatur beträgt in Basel 17.7 °C. Der Sommer 2003 übertraf die Norm um 5.1 °C. Der vor 2003 extremste Sommer war jener des Jahres 1947 mit einer Abweichung von +2.7 °C.

Unten (aus Schär et al., 2004): Verteilung der Sommertemperatur 1864-2003 in den Niederungen der Alpennordseite (Mittel der Messstationen Basel, Bern, Genf und Zürich). In grün ist die dazugehörige Gauss-Verteilung angegeben. Die Standard-Abweichung beträgt 0.94 °C. Der Sommer 2003 zeigt eine Anomalie von 5.4 Standard-Abweichungen.

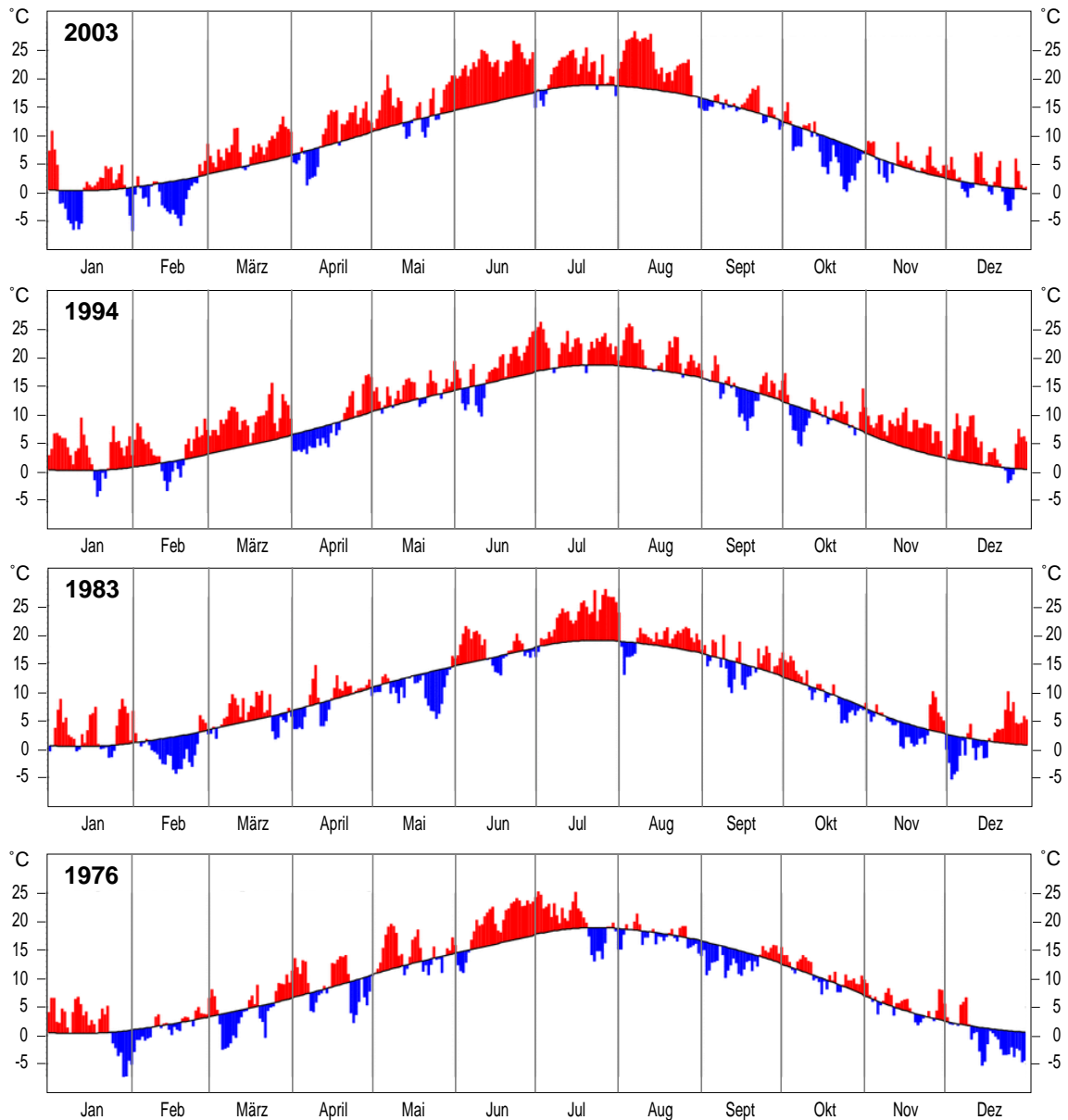


Abbildung 11 (diese und nächste Seite): Verlauf der Tagessmittel-Temperatur der Messstation Neuchâtel für einige Jahre mit ausgeprägten sommerlichen Hitzewellen, im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990 (schwarze Linie). Da Tageswerte nicht homogenisiert vorliegen, ist bei einem derartigen Vergleich darauf zu achten, dass die verwendete Messstation im Laufe der Zeit keine gravierenden Standortänderungen erfuhr.

einem extrem geringen Erwartungswert eingetreten. Basierend auf den warmen Sommern 1990 bis 2002, und unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten bei der statistischen Analyse, wurde für die Temperaturabweichung des Sommers 2003 eine Wiederkehrperiode von 9000 Jahren ermittelt (Schär et al., 2004; vgl. Abbildung 10, untere Grafik). Vor rund einem halben Jahrhundert ergab

eine ähnliche Analyse für den Sommer 1947, auf der Berechnungsgrundlage der Periode 1864 bis 1946, eine Wiederkehrperiode von 6100 Jahren (Kuhn, 1948). Der Vergleich mehrerer Jahre mit ausgeprägten sommerlichen Hitzewellen macht deutlich, dass die beiden Jahre 2003 und 1947 ein auffallend ähnliches Muster mit stark positiven Temperaturabweichungen zeigen, welche in dieser Häufung

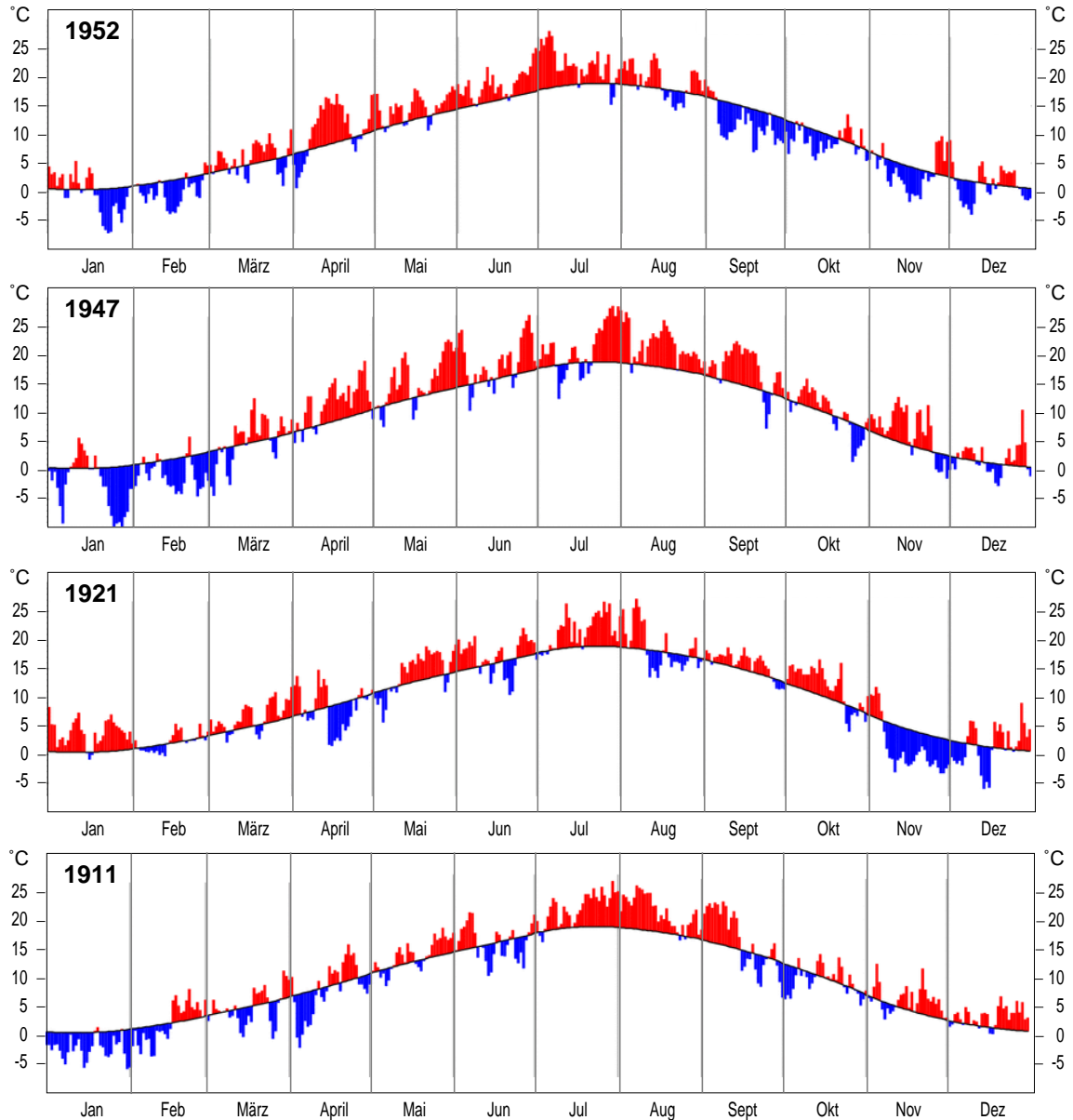


Abbildung 11, Fortsetzung: Verlauf der Tagesmittel-Temperatur der Messstation Neuchâtel für einige Jahre mit ausgesprochenen sommerlichen Hitzewellen, im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990 (schwarze Linie).

sonst nicht zu beobachten sind (Abbildung 11). So wird plausibel, dass Abklärungen zur Wiederkehrperiode der sommerlichen Extremtemperaturen von 2003 und 1947 zu enorm hohen Werten führen. Das Wesentliche solcher statistischer Analysen sind jedoch nicht die Zahlenwerte selber; vielmehr dokumentieren sie die extrem geringe Eintretenswahrscheinlichkeit der betrachteten Ereignisse. In

diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Hitzewellen 2003 zufällig genau mit Kalendermonaten (Juni und August) zusammenfielen, wodurch das Extreme in den Monatsmittel-Temperaturen zusätzlich gefördert wurde. In anderen Jahren stellte sich die extremste Hitze am Übergang von zwei Monaten ein, so zum Beispiel 1952 oder auch 1947 (Abbildung 11). Durch die Aufteilung der Hitze-

welle auf zwei Monate ergibt sich bei der Betrachtung von Monatsmittel-Temperaturen selbstverständlich eine gewisse Abschwächung des Ereignisses.

Der extrem geringe Erwartungswert für Sommertemperaturen wie 2003 oder 1947 schliesst nicht aus, dass in der Schweiz möglicherweise ähnliche Verhältnisse in weiter zurückliegenden Jahrhunderten ausserhalb der Messperiode aufgetreten sind (Schär et al., 2004). Auskunft zu aussergewöhnlichen Hitze- und Dürresommern in weiter zurückliegenden Jahrhunderten geben Zusammenstellungen und klimahistorische Auswertung schriftlicher Überlieferungen (Brügger, 1882; Pfister, 1999). Beispiele sind die Sommer 1473, 1540 oder auch 1746. Typisch für alle drei Fälle sind Berichte, wonach als Folge der extremen Trockenheit und Hitze auf der Alpennordseite Wälder sich selbst entzündeten und verbrannten. Ebenso wird davon berichtet, dass die meisten zur Trinkwasserversorgung dringend benötigten Brunnen versiegten, und Bäche weitherum austrockneten. Im Sommer 1473 soll vielerorts über 12 Wochen hinweg kein Niederschlag gefallen sein. Aus Wassermangel musste offenbar sogar das Vieh von den Alpen geholt werden (Brügger, 1882).

Von ganz spezieller Ausprägung war das Jahr 1540. Die ungewöhnliche Wärme setzte bereits im Februar ein und soll bis in den Dezember hinein angedauert haben. Während des Sommers 1540 führte der Rhein offenbar so wenig Wasser, dass man an einigen Stellen zu Fuss hindurchwaten konnte. Gemäss klimahistorischer Analysen brachte das Jahr 1540 in der Schweiz die längste Dürreperiode der letzten 700 Jahre (Pfister, 1999).

Gesamteuropäisch betrachtet war der Sommer 2003 offenbar bei weitem der heisseste in den vergangenen 500 Jahren. Dies ist das Resultat einer Ana-

lyse verschiedener Datenquellen und deren Zusammenführung zu einem europäischen Temperatur-Datensatz ab dem Jahr 1500 (Luterbacher et al., 2004). Verwendet wurden instrumentelle Messungen, rekonstruierte Meereis- und Temperaturindizes hergeleitet aus historischen Aufzeichnungen, Rekonstruktionen der Temperatur anhand von Eisbohrkernen aus Grönland sowie anhand von Baumringanalysen aus Skandinavien und Sibirien. In der Analyse wird zudem darauf hingewiesen, dass bezüglich der Sommertemperaturen die 10-Jahresperiode 1994-2003 mit grosser Wahrscheinlichkeit die heisseste seit 1500 war.

Wärmstes Sommerhalbjahr seit Messbeginn

In der Temperaturentwicklung des Sommerhalbjahres ab 1864 fiel bisher vor allem die markante Warmphase zur Mitte des 20. Jahrhunderts auf. Dominant trat dabei die extreme Wärme des Sommerhalbjahres von 1947 hervor (Abbildung 12). Nach der anschliessenden markanten Abkühlungsphase zeigte das Sommerhalbjahr nach 1980 abermals einen schnellen Wechsel zu deutlich höheren Temperaturen. Mit der extremen Wärme des Sommerhalbjahres 2003 wurde der alte Rekord

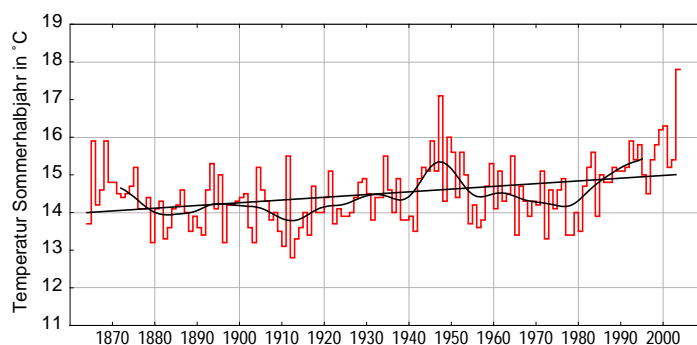


Abbildung 12: Langjährige Temperaturentwicklung des Sommerhalbjahres in den Niederungen der Alpennordseite (Mittel der Messstationen Basel, Bern, Genf und Zürich). Angegeben sind die Werte von Jahr zu Jahr, das Mittel über 20 Jahre (Gauss Tiefpass-Filter) sowie der lineare Trend (schwarze Trendlinie). Der lineare Trend der Erwärmung beträgt für die dargestellte Messreihe des Mittellandes $+0.7\text{ }^{\circ}\text{C pro 100 Jahre}$.

aus dem Jahr 1947 in der ganzen Schweiz nun deutlich überboten (Abbildung 12). Das Sommerhalbjahr 2003 war verbreitet 3.0 bis 3.5 °C wärmer als normal und zum Teil bis 1.4 °C wärmer als jenes von 1947 (MeteoSchweiz, 2003 c).

Der Erwärmungstrend der Sommerhalbjahre zwischen 1864 und 2003 liegt auf der Alpennordseite bei +0.7 °C pro 100 Jahre, auf der Alpensüdseite bei +0.4 °C pro 100 Jahre. Diese Trends sind etwa halb so gross wie jene der Winterhalbjahre.

Extreme Trockenheit

Die Trockenheit im Jahr 2003 war nicht nur ein Phänomen des Sommers. Bereits im Februar machte sich eine ungewöhnliche Niederschlagsarmut bemerkbar, welche auch in den folgenden Monaten praktisch unvermindert anhielt. Einzig im Oktober erhielten weite Gebiete der Schweiz deutlich überdurchschnittliche Niederschlagsmengen.

Von der Trockenheit besonders stark betroffen war das erste Halbjahr 2003 (Monate Januar bis Juni). In den Niederungen der Alpennordseite (Mittel der homogenen Niederschlagsmessreihen Genf, Basel, Bern und Zürich) zeigten ab Beginn des 20. Jahrhunderts nur die ersten Halbjahre 1921, 1929 und 1944 ebenso tiefe oder etwas geringere Niederschlagssummen, während das erste Halbjahr 1976 massiv trockener war (Abbildung 13). Auffallend ist, dass in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (1864-1900) ausgeprägte Trockenheit im ersten Halbjahr recht häufig in Erscheinung trat (Abbildung 13).

Bezüglich des Sommerhalbjahres datiert die bisher mit Abstand extremste Trockenheit

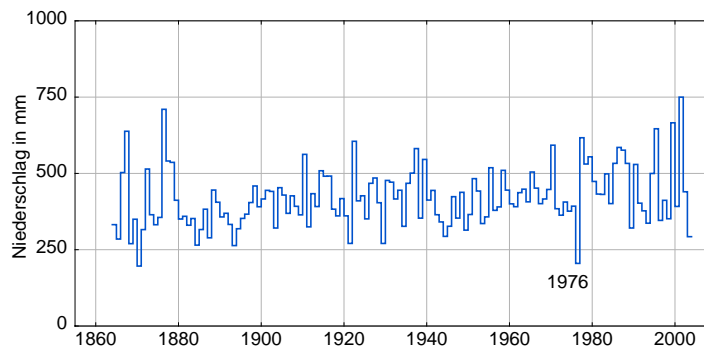


Abbildung 13: Niederschlagssummen des ersten Halbjahres (Januar bis Juni) 1864-2003 in den Niederungen der Alpennordseite, gemittelt über die Messstationen Basel, Bern, Genf und Zürich.

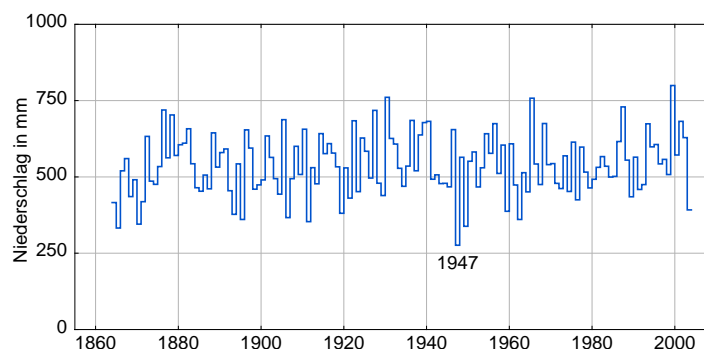


Abbildung 14: Niederschlagssummen des Sommerhalbjahres (April bis September) 1864-2003 in den Niederungen der Alpennordseite, gemittelt über die Messstationen Basel, Bern, Genf und Zürich.

nördlich der Alpen aus dem Jahr 1947 (Abbildung 14), was insbesondere der Landwirtschaft grosse Probleme bereitete (Schorer, 1992). Allerdings zeigte sich damals die vorauslaufende Niederschlagsarmut etwas weniger akzentuiert als im Jahr 2003, war doch der März 1947 ausgesprochen nass (MZA, 1948). Zwischen April und September 1947 fielen im westlichen und nördlichen Flachland weniger als 300 mm Regen (Abbildungen 15a und b). Normal sind im zentralen Mittelland im Sommerhalbjahr Summen um 600 mm, an der Nordgrenze der Schweiz (Basel, Schaffhausen) solche von 450 bis 550 mm. Auch entlang des Alpennordhangs war es damals verbreitet viel trockener als im Sommerhalbjahr 2003 (Abbildungen 15a und b). Normal sind hier

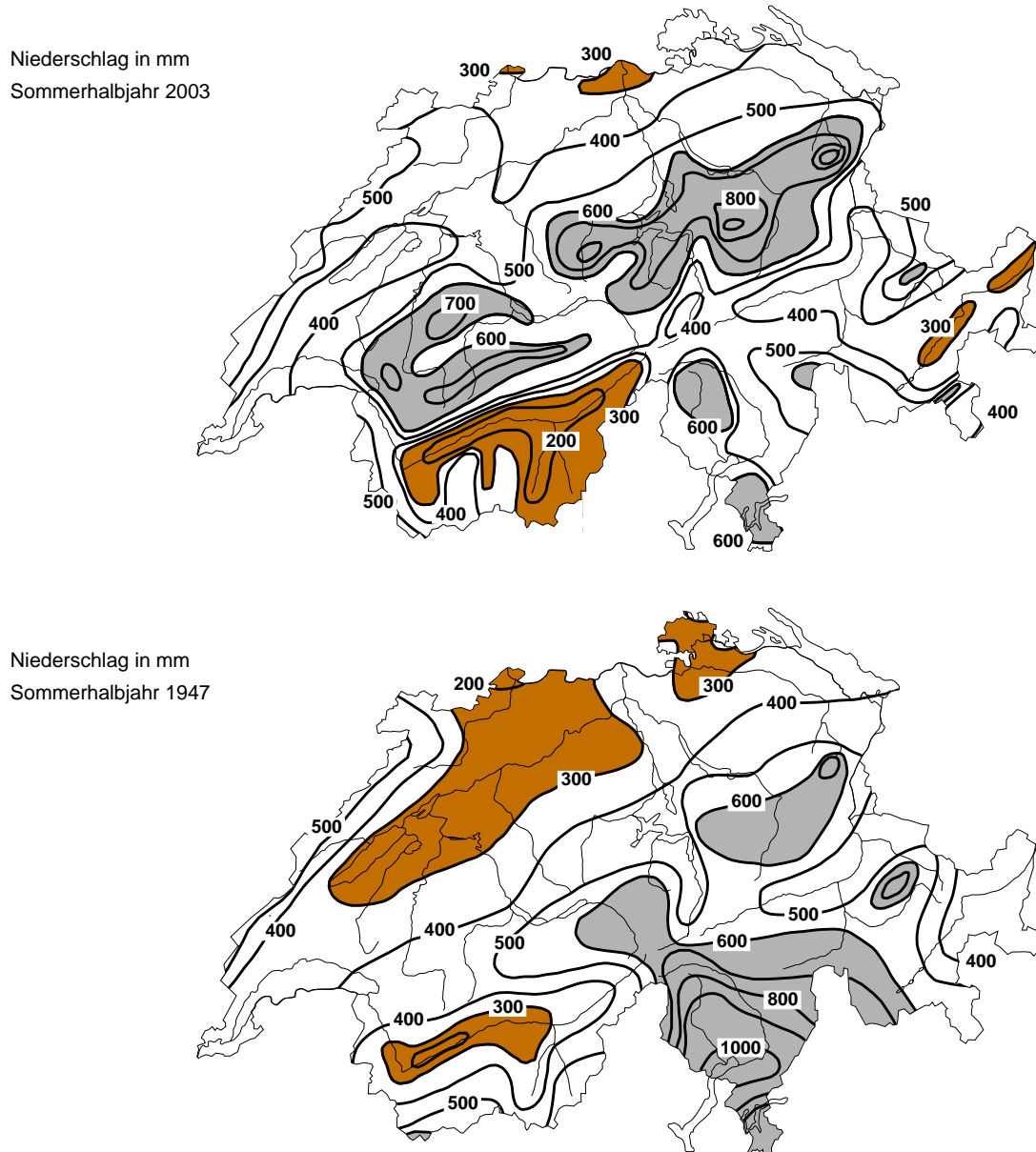


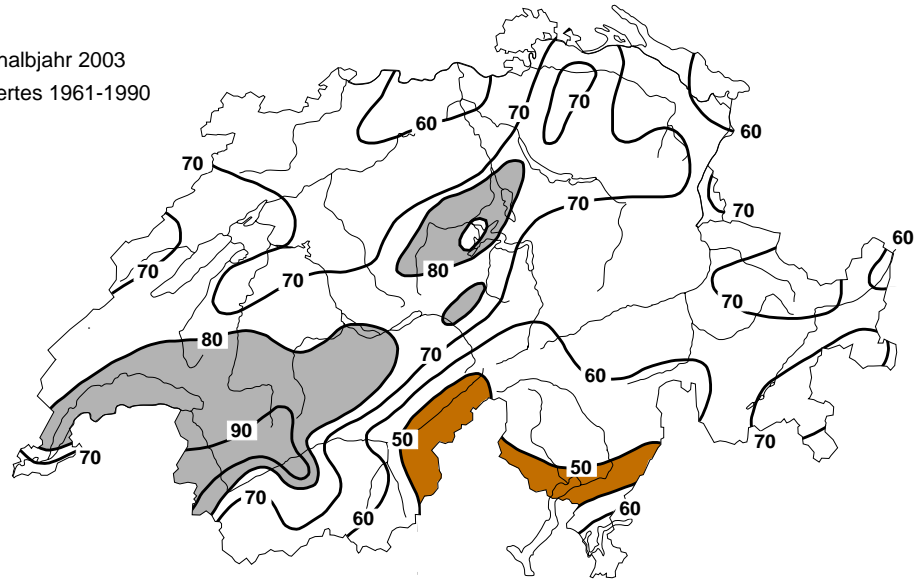
Abbildung 15a: Niederschlagssummen in mm im Sommerhalbjahr 2003 (oben) im Vergleich zum extrem trockenen Sommerhalbjahr 1947 (unten). Gebiete mit weniger als 300 mm sind braun, solche mit mehr als 600 mm grau eingefärbt.

Niederschlagssummen zwischen 700 mm und 1050 mm. Deutlich weniger Niederschlag als 1947 fiel im Sommerhalbjahr 2003 hingegen im oberen Wallis, im Gotthardgebiet, im Tessin sowie im Bündnerland. Insgesamt ist festzustellen (Abbildung 15b), dass die ausgeprägte Niederschlagsarmut im Sommerhalbjahr 2003 zwar einen weit grösseren Teil der

Schweiz betraf als 1947, das Kerngebiet mit extremem Niederschlagsmangel im Sommerhalbjahr 1947 jedoch ausgedehnter war .

Das Problem der Trockenheit darf selbstverständlich nicht auf die Niederschlagssummen reduziert werden. Gerade im Sommer können durch wenige kräftige Gewitterregen insgesamt durchaus normale Monatssummen

Niederschlag Sommerhalbjahr 2003
in Prozent des Normwertes 1961-1990



Niederschlag Sommerhalbjahr 1947
in Prozent des Normwertes 1961-1990

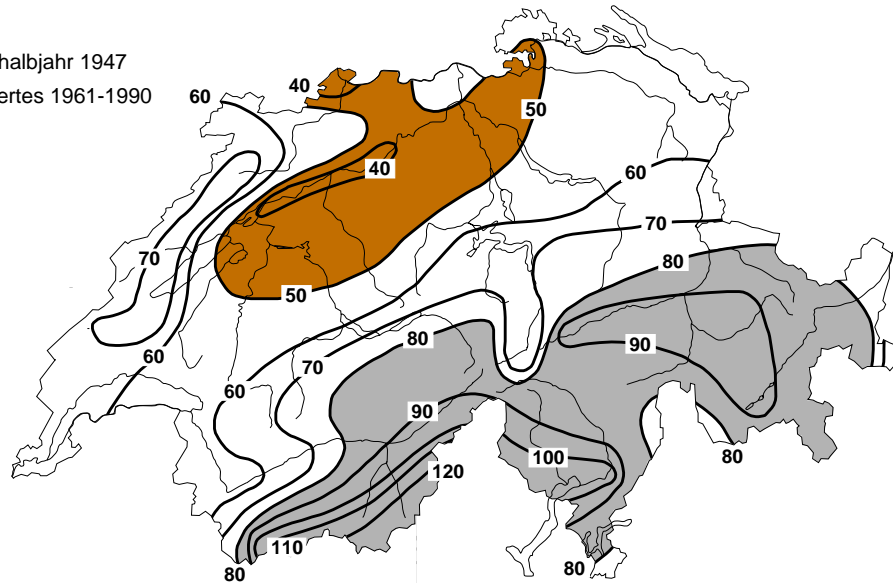


Abbildung 15b: Niederschlag in Prozent der normalen Niederschlagsmenge (Normwert 1961-1990) im Sommerhalbjahr 2003 (oben) im Vergleich zum extrem trockenen Sommerhalbjahr 1947 (unten). Gebiete mit nur 50 Prozent oder weniger sind braun, solche mit 80 Prozent oder mehr eingefärbt.

zusammenkommen. Für die während einer ausgeprägten Trockenperiode speziell leidende Landwirtschaft sind solche einmaligen, in kurzer Zeit fallende Regengüsse jedoch wenig hilfreich, da der ausgetrocknete Boden das Regenwasser kaum aufzunehmen vermag. Es fliesst zum grossen Teil oberflächlich ab und ist damit für die Landwirtschaft verloren. Die Wasserknappheit verschärfte sich, wenn als Fol-

ge der extremen Situation die Pegelstände der Bäche und Flüsse sehr niedrig sind und die Entnahme von Bewässerungswasser nicht in ausreichendem Masse möglich ist. Ein besseres Mass für Trockenheit als die Niederschlagssumme ist deshalb, zumindest im Mittelland, der Wasserstand respektive der Abfluss in kleineren und mittleren Bächen und Flüssen (Schädler, 2003).

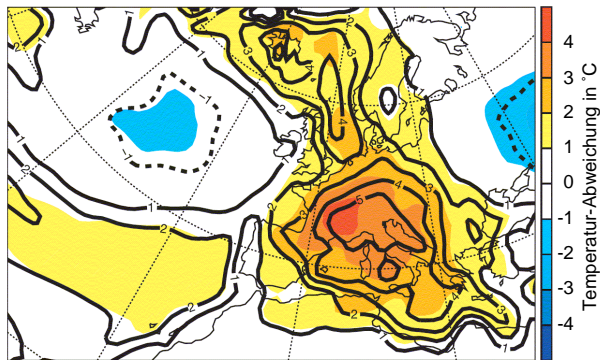


Abbildung 16a: Abweichung der Sommer-Temperatur 2003 in Europa (Mittel Juni bis August) im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990. Eingefärbt sind die Abweichungen in °C, die schwarzen Linien wiedergeben die normalisierten Standard-Abweichungen bezogen auf die 30-Jahr Standard-Abweichung. Die Angaben beziehen sich alle auf Messungen 2 m über dem Boden. (Aus: Schär et al., 2004; MeteoSchweiz, 2004.)

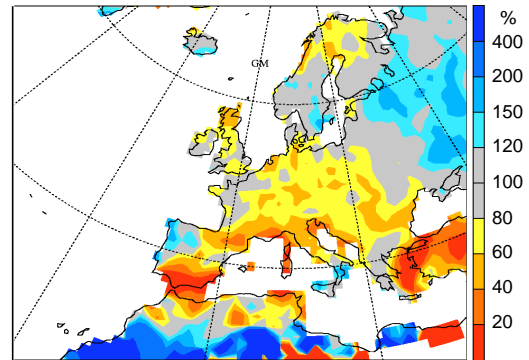


Abbildung 16b: Sommer-Niederschläge 2003 (Summe Juni bis August) in Europa in Prozent des langjährigen Mittels 1961-1990. Die Karte basiert auf dem Datensatz des Global Precipitation Climatology Centre (GPCC, lokalisiert beim Deutschen Wetterdienst). Karte erstellt durch M. Liniger, MeteoSchweiz.

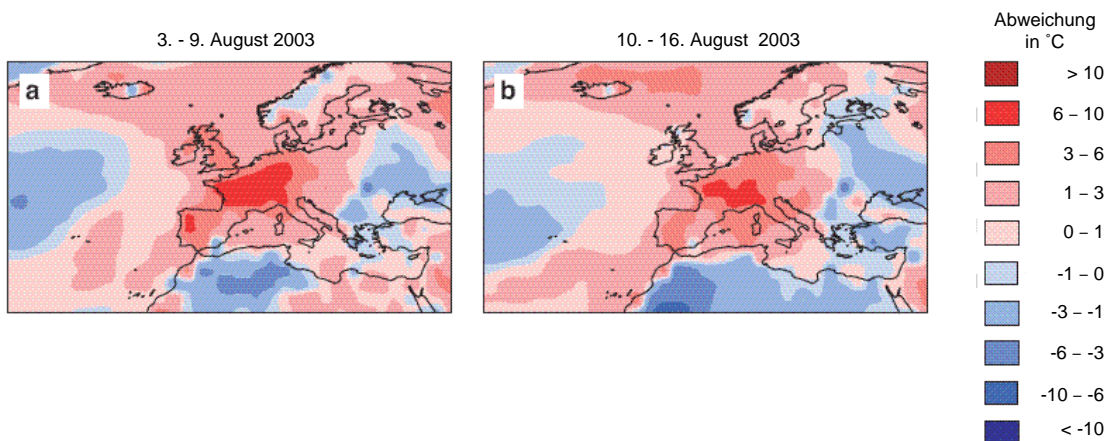


Abbildung 17: Abweichung der Temperatur in Europa und Nordafrika für die ersten beiden Augustwochen 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1958-2001 (ERA-40 Referenzklima). Die Angaben beziehen sich auf Messungen 2 m über dem Boden. Beachtenswert sind die deutlich zu kühlen Regionen in Osteuropa und Nordafrika sowie auf dem Atlantik. (Aus: Grazzini et al., 2003.)

Die sommerliche Trockenheit verursachte in ganz Europa schwere Schäden in der Landwirtschaft. Von Versicherungsseite werden sie auf insgesamt 10.7 Milliarden Euro (16.7 Milliarden Schweizer Franken) geschätzt (Swiss Re, 2004). Betroffen waren vor allem die Staaten Frankreich, Italien, Deutschland, Spanien, die Schweiz, Österreich, Slowenien, Belgien und die Slowakei. In der Schweiz belaufen sich die Schäden durch Trockenheit gemäss einer ersten Schätzung des Bundes-

amtes für Landwirtschaft (BLW) vom September 2003 auf rund 350 Millionen Schweizer Franken (BLW, mündliche Mitteilung).

Die Hauptschadengebiete decken sich mit den Hitze- und Trockenheits-Muster über Europa während des Sommers 2003 (Abbildungen 16 und 17). Im Mittel über den ganzen Sommer lag das Hitzezentrum über dem südlichen Frankreich. Das Gebiet mit extremer Hitze dehnte sich vor allem über West-, Zentral- sowie Südeuropa aus. Hier sind grossflä-

chig nur 60 bis 80 Prozent, regional auch nur 40 bis 60 Prozent der normalen Sommerniederschläge gefallen (Abbildung 16 b).

Als markanter Gegensatz dazu zeigten das östliche Europa und Nordafrika während der ersten beiden Augustwochen 2003, zum Zeitpunkt der grössten Hitze in Europa, deutlich zu kühle Temperaturen (Abbildung 17). Auch das nördliche Europa befand sich im Sommer 2003 zum grossen Teil ausserhalb der extremen Hitze und Trockenheit.

Massiver Witterungs- umschlag im Oktober

Nachdem im Laufe der zweiten Septemberhälfte in der Nordschweiz vereinzelt nochmals die Hitzegrenze von 30 °C erreicht wurde, folgte im Oktober ein abrupter Übergang zu ausgeprägt winterlichen Bedingungen (vgl. Abbildung 3). Nur knapp einen Monat nach dem letzten Hitzetag wurde im Mittelland der erste Eistag (Temperaturen ganztags unter dem Gefrierpunkt) registriert. Erneut hat damit ein Witterungswechsel von typisch kontinentalem Klimacharakter stattgefunden.

Die schnell fortschreitende Abkühlung durch wiederholte Polarlufteinbrüche führte in der zweiten Monatshälfte auf der Alpennordseite verbreitet zu Schneefällen bis ins Flachland, wobei sich hier zum Teil sogar erst-

mals seit rund drei Jahrzehnten eine Oktoberschneedecke zu bilden vermochte (MeteoSchweiz, 2003 d).

Interessant ist, dass sich bereits vor Jahresfrist ein ungewöhnlich früher Wintereinbruch ereignete. In der zweiten Septemberhälfte 2002 wurden im östlichen Mittelland Tages-Höchstwerte zwischen 2 und 4 °C gemessen, sowie Schneefall bis gegen 600 m ü.M. hinunter beobachtet. Eine derart tiefe Schneefallgrenze im September trat letztmals im Jahr 1931 auf (MeteoSchweiz, 2003 a).

Der ungewöhnlich kalte Oktober 2003 zeigt zwei Eigenheiten (Abbildung 18): Einerseits folgte er nur zwei Jahre nach dem extrem warmen Oktober 2001, dem an den meisten Messstandorten bisher wärmsten Oktober seit Beginn der regelmässigen Messungen (MeteoSchweiz, 2001). Augenfälliger kann das enorme Potenzial der klimatischen Variabilität in der Schweiz wohl kaum zum Ausdruck kommen. Andererseits ist die Kälte des Oktobers 2003 absolut untypisch für das Oktoberklima der letzten rund 30 Jahre. In der Periode ab 1976 gehören sehr kalte Monatsmittel nicht zum Temperaturregime des Oktobers. Davor waren kalte Oktobertemperaturen hingegen eine recht häufige Erscheinung.

Ausser im Tessin und im Oberwallis brachte der Oktober in allen Gebieten der Schweiz erstmals seit November 2002 grosse Niederschlagsmengen. Das Tessin und die Bündner Südtäler erhielten dann im November und Dezember überdurchschnittliche Mengen.

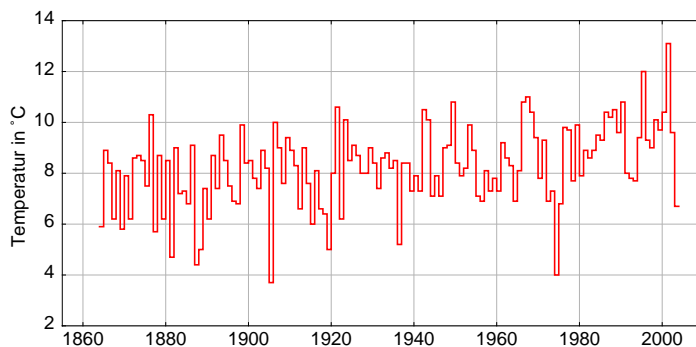


Abbildung 18: Verlauf der Oktober-Monatsmittel-Temperatur 1864 bis 2003 für die Station Bern. In Bern erreichte der Oktober 2003 ein Monatsmittel von 6.7 °C und war damit um 2.2 °C kälter als normal.

Mildes Jahresende

Die Kälte des Oktobers wich deutlich zu milden Novembertemperaturen. Der Dezember war im Mittel ebenfalls etwas zu mild, doch wurde das Temperaturregime von markanten Schwankungen bestimmt. Vor allem aber zeigte sich der Dezember im sonst zu dieser Jah-

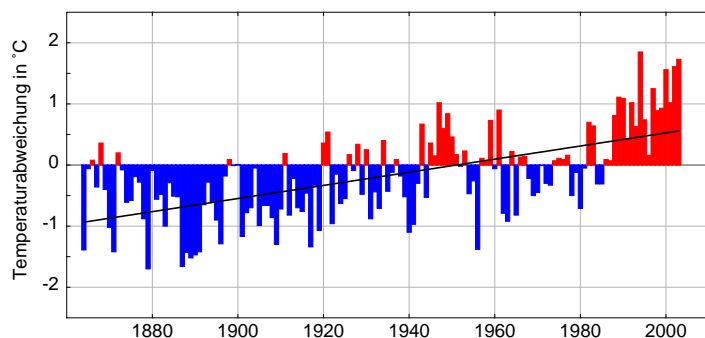


Abbildung 19: Jährliche Abweichung der Temperatur in der Schweiz von der Jahresnorm 1961-1990. Die zu warmen Jahre sind rot, die zu kalten Jahre blau angegeben. Der lineare Trend der Temperatur zwischen 1864 und 2003 beträgt +1.1 Grad Celsius pro 100 Jahre (schwarze Linie). Als Datengrundlage dienen ausschliesslich homogene Temperaturreihen (Begert et al, 2003; Begert et al, 2004).

reszeit meist nebelgeplagten Flachland der Alpennordseite ungewöhnlich sonnig.

Nachdem das Jahr 2003 mit einer kaum zu überbietenden Vielfalt von Ungewöhnlichem und Extremem aufwartete, verlief der Winter 2003/2004 wenig auffallend. Sehr zufriedenstellend entwickelten sich die Schneeverhältnisse, so dass über die Weihnachtszeit auch tief gelegene Wintersportanlagen den Betrieb aufnehmen konnten (Meteo-Schweiz, 2003 e). Für die Jahreszeit etwas zu mild, aber doch recht winterlich, endete ein denkwürdiges Witterungsjahr, welches über die ganze Schweiz gemittelt (Begert et al., 2004) zum

zweitwärmsten seit Aufnahme der systematischen Messungen wurde (Abbildung 19). Die seit Ende der 1980er Jahre andauernde Serie sehr warmer Jahre setzte sich dadurch mit unverminderter Intensität fort.

Für die gesamte 140-jährige Messperiode zwischen 1864 und 2003 berechnet sich, gemittelt über die ganze Schweiz, ein linearer Trend von +1.1 °C pro 100 Jahre, was einer Gesamterwärmung von 1.5 °C entspricht.

Literatur

- Begert, M., G. Seiz, Th. Schlegel, M. Musa, G. Baudraz, M. Moesch, 2003: Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990. Schlussbericht des Projekts NORM90. MeteoSchweiz, Zürich.
- Begert, M., T. Schlegel, W. Kirchhofer, 2004: Homogeneous temperature und precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *Int. Journal of Climatology*, submitted.
- Brügger C.G., 1882: Beiträge zur Naturchronik der Schweiz, insbesondere der Rhätischen Alpen. I.-IV. Folge, Chur.
- Grazzini F., L. Ferranti, F. Lalaurette and F. Vitart, 2003: The exceptional warm anomalies of summer 2003. *ECMWF Newsletter* No. 99, Autumn/Winter 2003.
- Kuhn M., 1948: Die Dürre des Sommers 1947. Klimatologische Untersuchung. *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1947*, vierundachtzigster Jahrgang, Zürich: 8-18.
- Luterbacher J., D. Dietrich, E. Xoplaki, M. Grojean, H. Wanner, 2004: European seasonal temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science* Vol. 303: 1499-1503.
- MeteoSchweiz, 2002: *Annalen der MeteoSchweiz 2001*. MeteoSchweiz, Zürich.
- MeteoSchweiz, 2003 a: *Annalen der MeteoSchweiz 2002*. MeteoSchweiz, Zürich.
- MeteoSchweiz, 2003 b: *Witterungsbericht MeteoSchweiz*, August 2003. MeteoSchweiz, Zürich.
- MeteoSchweiz, 2003 c: *Witterungsbericht MeteoSchweiz*, September 2003. MeteoSchweiz, Zürich.
- MeteoSchweiz, 2003 d: *Witterungsbericht MeteoSchweiz*, Oktober 2003. MeteoSchweiz, Zürich.
- MeteoSchweiz, 2003 e: *Witterungsbericht MeteoSchweiz*, Dezember 2003. MeteoSchweiz, Zürich.
- MeteoSchweiz, 2004: *Annalen der MeteoSchweiz 2003*. MeteoSchweiz, Zürich.
- MZA, 1948: *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1947*. 84. Jahrgang, Zürich 1948.
- Pfister C., 1999: *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen*. Verlag Paul Haupt, Bern.
- Schädler B., 2003: *Trockenheit*. In: OcCC (Hrsg.), 2003: *Extremereignisse und Klimaänderung*. Bern.
- Schär, C., P.L. Vidale, D. Lüthi, C. Frei, C. Häberli, M.A. Liniger & C. Appenzeller, 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427: 332-336.
- Schorer M., 1992: *Extreme Trockensommer in der Schweiz und ihre Folgen für Natur und Wirtschaft*. *Geographica Bernensia*, Band G40, Geographisches Institut Universität Bern.
- Swiss Re, 2004: *Natur- und Man-made-Katastrophen im Jahr 2003*. *sigma* Nr. 1/2004.
- Zraggen L., 2004: *Der heisse Sommer 2003*. *Arbeitsbericht der MeteoSchweiz*. In Vorbereitung.



Arbeitsberichte der MeteoSchweiz

Kürzlich erschienen:

- 199** Frei T, Dössegger R, Galli G, Ruffieux D: 2002, Konzept Messsysteme 2010 von MeteoSchweiz, 100pp, 32 Fr.
- 198** Kaufmann P: 2002, Swiss Model Simulations for Extreme Rainfall Events on the South Side of the Alps, 40pp, 20 Fr.
- 197** WRC Davos (Ed): 2001, IPC - IX, 25.9. -13.10.2000, Davos, Switzerland, 100pp, 32 Fr.
- 196** Hächler P et al.: 1999, Der Föhnfall vom April 1993, 139pp , 40 Fr.
- 195** Urfer Ch, Vogt R.; 1999, Die Niederschlagsverhältnisse in Basel 1964-1998, 43pp, 40 Fr.
- 194** Courvoisier HW: 1998, Statistik der 24-stündigen Starkniederschläge in der Schweiz 1901 - 1996, 20pp, 11 Fr.
- 193** Defila C, Vonderach G: 1998, Todesfälle und Wetterlagen in Schaffhausen, 72pp, 25 Fr.
- 192** Maurer H: 1997, Frostprognose in der Schweiz: neue Methode mit automatischen Stationen, 38pp, 16 Fr.
- 191** Schönbächler M: 1996, Objektive Kontrolle der Textprognose SMA OPKO, 31pp, 14 Fr.
- 190** Brändli J: 1996, Statistische Auswertungen von täglichen und monatlichen Verdunstungswerten an 22 Standorten der Schweiz, 52pp, 19 Fr.
- 189** Schneiter D: 1994, SMI contribution to ETEX project in 1994, 24 Fr.
- 188** Fröhlich C. : 1996, Internationaler Pyrheliometervergleich Comparison IPC VIII 25 September - 13 October 1995 Results and Symposium, 35 Fr.
- 187** Calame F. : 1996, Evolution de la température de l'air et de la phénologie d'espèces végétales entre 1952 et 1992 dans la région genevoise et sur le Plateau Suisse, 19pp, 11 Fr.
- 186** Spinedi F., et al. : 1995, Le alluvioni del 1993 sul versante subalpino, 42pp, 20 Fr.
- 185** Held E : 1995, Radarmessung im Niederschlag und der Einfluss der Orographie, 98pp, 33 Fr.
- 184** Schüepp M: 1995, Uebersicht über die Beiträge zur Klimatologie des Alpengebietes von Dr. E. Am-bühl; mit Kommentaren zum aktuellen Forschungsstand im Gebiet der Temperaturverhältnisse in den letzten zwei Jahrhunderten, 24pp, 15 Fr.
- 183** Heimo A., et al.: 1995, RASTA, Radiometer for Automatic Stations , 24pp, 15 Fr.
- 182** Schüepp M: 1995, VIVIAN (Sturmperiode Februar 1990), 45pp, 21 Fr.
- 181** Hächler P., Wolf D, 1995, Konzept Netze 93, 68pp, 24 Fr.



Veröffentlichungen der MeteoSchweiz

Kürzlich erschienen:

- 67** Begert M.; Seiz G.; Schlegel T.; Musa M; Baudraz G. und Moesch M: 2003, Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990, Schlussbericht des Projektes NORM90, 170pp, 40 Fr.
- 66** Schär Christoph, Binder Peter, Richner Hans, Eds.: 2003, International Conference on Alpine Meteorology and MAP Meeting 2003, Extended Abstracts volumes A and B, 580pp., 100 Fr.
- 65** Stübi R.: 2002, SONDEX / OZEX campaigns of dual ozone sondes flights: Report on the data analysis, 78pp., 27 Fr.
- 64** Bolliger M: 2002, On the characteristics of heavy precipitation systems observed by Meteosat-6 during the MAP-SOP, 116pp., 36 Fr.
- 63** Favaro G, Jeannet P, Stübi R : 2002, Re-evaluation and trend analysis of the Payerne ozone sounding, 99pp, 33 Fr.
- 62** Bettems JM: 2001, EUCOS impact study using the limited-area non-hydrostatic NWP model in operational use at MeteoSwiss, 17pp, 12 Fr.
- 61** Richner H, et al.: 1999, Grundlagen aerologischer Messungen speziell mittels der Schweizer Sonde SRS 400, 140pp, 42 Fr.
- 60** Gisler O: 1999, Zu r Methodik einer Beschreibung der Entwicklung des linearen Trends der Lufttemperatur über der Schweiz im Zeitabschnitt von 1864 bis 1990, 125pp, 36 Fr.
- 59** Bettems JM: 1999, The impact of hypothetical wind profiler networks on numerical weather prediction in the Alpine region, 65pp, 25 Fr.
- 58** Baudenbacher, M: 1997, Homogenisierung langer Klimareihen, dargelegt am Beispiel der Lufttemperatur, 181pp, 50 Fr.
- 57** Bosshard, W: 1996, Homogenisierung klimatologischer Zeitreihen, dargelegt am Beispiel der relativen Sonnenscheindauer, 136pp, 38 Fr.
- 56** Schraff, C: 1996, Data Assimilation and Mesoscale Weather Prediction: A Study with a Forecast Model for the Alpine Region, 138pp, 38 Fr.
- 55** Wolfensberger, H: 1994, Chronik der Totalisatoren, Handbuch zu den Niederschlags-Totalisatoren, 390pp, 78 Fr.
- 54** Fankhauser, G A: 1993, Einfluss der Witterung auf den Ertrag und die Qualität von Zuckerrübenkulturen, 116pp, 36 Fr.
- 53** de Montmollin A. : 1993, Comparaisons de différentes méthodes de calcul de la température journalière dans leurs influences sur les longues séries d'observations, 144pp, 41 Fr.
- 52** Brändli J. : 1993, Niederschlag, Verdunstung und Wasserbilanz der Station Zürich SMA von 1901-1990, 109pp, 34 Fr.
- 51** Binder P. 1992, Aspects of precipitation simulation in numerical weather prediction - Towards an operational mesoscale NWP model, 148pp, 42 Fr.
- 50** Defila C. 1991, Pflanzenphänologie der Schweiz, 238pp, 62 Fr.