

2.1. Temperaturextreme

Patricia Jungo

Die warmen und kalten Temperaturextreme haben sich im Verlauf des 20. Jahrhunderts in allen Jahreszeiten erhöht. In hohen Lagen war eine markante Zunahme der warmen Extreme im Winter zu beobachten. In den tiefen Lagen sind die kalten Extreme etwas weniger häufig vorgekommen. Auch im 21. Jahrhundert dürften die Temperaturen von warmen und kalten Extremen mit der erwarteten Klimaerwärmung ansteigen.

Einleitung

Langzeitliche Veränderungen der bodennahen Temperaturen können vielfältige Auswirkungen auf Ökosysteme (speziell auf Pflanzen¹), den Bodenwasserhaushalt, Gletscher und Permafrost haben (vgl. Kapitel 2.8.). Dabei sind nicht nur die Veränderungen in den mittleren Temperaturen sondern auch das Vorkommen von Temperaturextremen zentral. Neben den Auswirkungen auf die erwähnten Bereiche können extreme Warm- und Kaltperioden Langzeitschäden an Ökosystemen und landwirtschaftlichen Kulturen anrichten oder gar gesundheitliche Risiken für Mensch und Tier darstellen. Extreme Temperaturen können auf verschiedene Arten wahrgenommen werden. Massgebend sind ihre Dauer und die regionale Ausdehnung. Die extremsten Formen sind Hitze- und Kältewellen, die weite Landesteile erfassen. Man denke an den eisigen Winter 1962/63 oder den Hitzesommer 1947.² Bei der Untersuchung von Trends und möglichen Änderungen in der Zukunft sind Temperaturextreme mit solch langen Wiederkehrperioden jedoch wenig aussagekräftig (vgl. Kapitel 1.4.). In diesem Kapitel wird deshalb die

Entwicklung von „gemässigten“ Temperaturextremen diskutiert, nämlich die 10% wärmsten und 10% kältesten Maximum- und Minimumwerte einer Jahreszeit. Zur Vereinfachung können die Maximumtemperaturen auf den Tag und die Minimumtemperaturen auf die Nacht bezogen werden.

Die bodennahen Temperaturen in der Schweiz unterliegen starken jahreszeitlichen Schwankungen und, bedingt durch das sehr unterschiedliche Gelände, starken regionalen und lokalen Einflüssen. Hier unterscheiden wir grob zwischen alpinen Regionen oberhalb 1500 m und den tiefen Regionen unterhalb 800 m nördlich der Alpen. Die alpine Region ist besonders wichtig, weil es in diesen Höhen Ökosysteme gibt, die gut ans lokale Klima angepasst sind und deshalb empfindlich auf Veränderungen reagieren könnten. Zudem sind die Temperaturmessungen in diesen abgeschiedenen Gebieten weniger von nicht-natürlichen Einwirkungen (z.B. der Urbanisierung) beeinflusst.³

Beobachtete Trends im 20. Jahrhundert

Im 20. Jahrhundert fand sowohl in alpinen als auch in tiefen Regionen in allen Jahreszeiten eine

Erwärmung der warmen sowie der kalten Extreme statt. Seit 1900 wurden die wärmsten Tage, die wärmsten Nächte sowie die kältesten Tage und die kältesten Nächte je nach Jahreszeit zwischen 0 und 3,3°C wärmer.⁴

Zusätzlich veränderte sich das Vorkommen von warmen und kalten Extremen. Im Jahresvergleich haben die kalten Extreme vor allem in den Wintermonaten abgenommen.⁵ Insbesondere in den 1990er



Jahren war im Winter, Frühling und Sommer die Häufigkeit warmer Extreme deutlich höher und die Zahl kalter Extreme deutlich niedriger als im Durchschnitt der 90 Jahre zuvor. Die markanteste Veränderung fand bei den warmen Extremen im Winter in alpinen Regionen statt (Abbildung 22). In den 1990er Jahren zählte man durchschnittlich 16 warme Tage und 17 warme Nächte, während in vorhergehenden, vergleichbar langen Zeitspannen nur immer zwischen 1 und 9 warme Tage und Nächte gezählt wurden.

In den tieferen Regionen beruht die Erwärmung eher darauf, dass die kalten Extreme etwas weniger häufig vorkommen. Im Schweizer Mittelland wurden in den 1990er Jahren 50 Frosttage weniger gezählt als im ersten Jahrzehnt des Jahrhunderts (vgl. Kapitel 2.2.).⁶

Einflussfaktoren der Klimaänderung

Eine Klimaänderung kann sich über verschiedene Prozessketten auf die Temperaturen auswirken. An erster Stelle steht der direkte Einfluss des erhöhten Treibhauseffekts als Folge der Zunahme in der Treibhausgaskonzentration, der eine Erwärmung bewirkt. Die bodennahen Temperaturen werden aber auch von dynamischen Prozessen gesteuert, wobei die grossräumige Verteilung der Drucksysteme die Herkunft der Luftmassen bestimmt. So besteht in der Schweiz ein enger Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Wetterlagen⁷ und der Häufigkeit warmer oder kalter Temperaturextreme (vgl. Kapitel 1.3.). Zum Beispiel wird die vergleichsweise geringe Häufigkeit von kalten Wintertagen während der 1990er Jahre als Folge einer Zunahme von Hochdruck- und Westwindlagen auf Kosten der kalten Bisenlagen verstanden. Dieser Wandel scheint in enger Beziehung zu stehen mit Veränderungen in der atmosphärischen Strömung über dem Nordatlantik und der damit beobachteten Zunahme im Index der Nordatlantischen Oszillation (NAO-Index).⁸ Ob diese Strömungsänderungen eine Folge der globalen Klima-

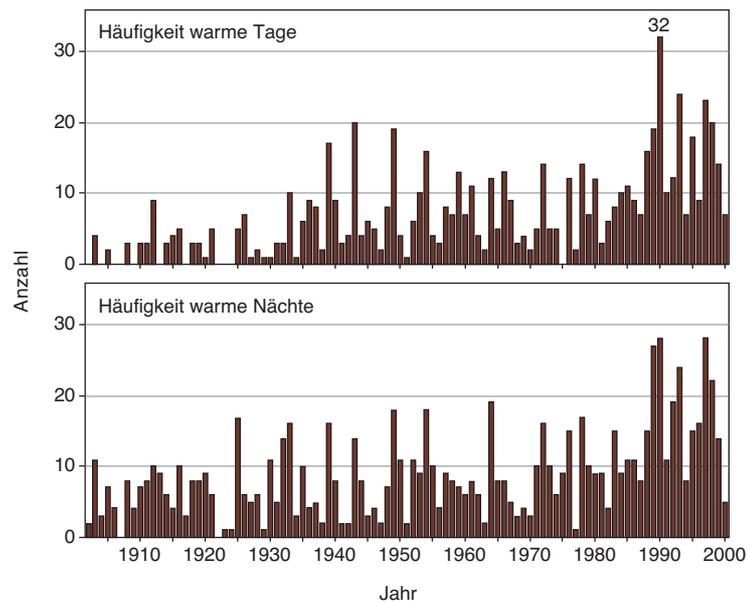


Abbildung 22: Anzahl warme Temperaturextreme 1902–2000 während der Wintermonate in alpinen Regionen (oberhalb 1500 m). Der Schwellenwert wurde als 90. Perzentile der Maximumtemperaturen (Tag) und der Minimumtemperaturen (Nacht) der klimatologischen Referenzperiode 1961–1990 definiert.⁴ D.h., als Schwellenwert wurde nicht der höchste Maximum- oder Minimumwert der Referenzperiode gewählt, 10% der gemessenen Maximum- bzw. Minimumtemperaturen liegen über diesem Schwellenwert.

änderung oder Ausdruck einer speziellen Phase der natürlichen Klimavariabilität sind, ist zurzeit noch unklar.

Neben dem Treibhauseffekt und den dynamischen Einflüssen spielen auch lokale Bodenbedingungen und die Wolkenbedeckung eine Rolle: Zum Beispiel modifiziert die Schneedecke den Strahlungshaushalt und die unter einer Erwärmung erwartete Reduktion in der winterlichen Schneebedeckung könnte damit zu einer regionalen Verstärkung der Erwärmung führen. Dieser Prozess dürfte vor allem für winterliche Temperaturextreme relevant sein.

Einfluss der Klimaänderung

Die erwartete Erwärmung der mittleren Temperaturen im Laufe des 21. Jahrhunderts ist mit grosser Wahrscheinlichkeit mit einer Erhöhung der Temperaturextreme in Europa verknüpft. Eine Analyse der in einem globalen Klimamodell simulierten 20-jährlichen Temperaturextreme für das Ende des 21. Jahrhunderts zeigt einen allgemeinen Anstieg der Temperaturminima und -maxima.⁹ Bei den Minima liegen die Änderungen gegenüber dem heutigen Klima je nach Region zum Teil über 5° und bei den Maxima zwischen 1 und 4°. Die regionalen

Muster zeigen, dass die kalten Extreme vor allem in Gebieten höher werden, wo die Schneedecke abnimmt, und die warmen Extreme vor allem in Gebieten, wo die sommerliche Bodenfeuchte abnimmt. Für den Alpenraum ist ein Szenario mit abnehmender Bodenfeuchte sehr unsicher, aber eine Reduktion der Periode mit Schneedecke im Winter ist plausibel. Interessanterweise sind die simulierten Erwärmungen der Extreme grösser als diejenigen der Mittel.¹⁰ Auch wenn die Interpretation der Modellergebnisse für die kalten Extreme im Alpenraum eine gewisse Sensitivität nahe legt, sollten die erwähnten Zahlenwerte vorsichtig gewertet werden. Änderungen in der grossskaligen Strömung werden eine wichtige Komponente zur regionalen Änderung in Temperaturextremen beitragen. In diesem Punkt gelten die heute vorliegenden Modellrechnungen aber als sehr unsicher.

- 1 Defila C. and B. Clot, Phytophenological trends in Switzerland, *Int. Journal of Biometeorology*, 45, 208–211, 2001.
- 2 Pfister C., *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen 1496–1995*, Haupt Verlag, Bern, 304 S., 1999.
- 3 Beniston M. and M. Rebetez, Regional behavior of minimum temperatures in Switzerland for the period 1979–1993, *Theor. Appl. Climatol.*, 53, 231–243, 1996.
- 4 Jungo P., 20th century minimum and maximum temperature variations analysed on a regional scale in Switzerland – statistical analyses on observational data, Ph.D. Thesis No. 1365, University of Fribourg, Switzerland, 221 p., 2001.
- 5 Rebetez M., Changes in daily and nightly day-to-day temperature variability during the twentieth century for two stations in Switzerland, *Theor. Appl. Climatol.*, 69, 13–21, 2001.
- 6 Heino R., R. Brazdil, E. Forland, H. Tuomenvirta, H. Alexandersson, M. Beniston, C. Pfister, M. Rebetez, G. Rosenhag, S. Rösner, and J. Wibig, Progress in the study of climatic extremes in northern and Central Europe, *Climatic Change*, 42, 151–181, 1999.
- 7 Schüepp M., *Klimatologie der Schweiz*, Band III, in: Beiheft zu den *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt*, Zürich, 89 S., 1978.
- 8 Wanner H., R. Rickli, E. Salvisberg, C. Schmutz, and M. Schüepp, Global climate change and variability and its influence on Alpine climate – concepts and observations, *Theor. Appl. Climatol.*, 58, 221–243, 1997.
- 9 Kharin V. V. and F. W. Zwiers, Changes in the extremes in an ensemble of transient climate simulations with a coupled Atmosphere-Ocean GCM, *J. Climate*, 13, 3760–3788, 2000.
- 10 Gregory J. M. and J. F. B. Mitchell, Simulation of daily variability of surface temperature and precipitation in the current and 2xCO₂ climates of the UKMO climate model, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 121, 1451–1476, 1995.