DIE HÄUFIGKEIT VON STARK-NIEDERSCHLÄGEN SEIT 1864

In vielen Weltregionen ist Wassermangel das Hauptproblem. In anderen hingegen, und darunter fällt auch die Schweiz, birgt zuviel Wasser das grösste regelmässig wiederkehrende Naturgefahrenpotential. Auslöser dieser Gefahrensituationen sind Starkniederschläge, das heisst grosse, innerhalb kurzer Zeit niedergehende Niederschlagsmengen, sei es in Form von Regen oder auch in Form von Schnee. Die Häufigkeit von Starkniederschlägen ist deshalb ein ganz wesentliches Element in der Klimaentwicklung der Schweiz.

Die Erfassung von Starkniederschlägen

Untersuchungen zur langfristigen Häufigkeit von Starkniederschlägen sind immer mit der prinzipiellen methodischen Frage konfrontiert, wie ein Starkniederschlag überhaupt zu definieren ist. Wird der Schwellenwert der Niederschlagsmenge zu hoch angelegt, zum Beispiel im schadensverursachenden Bereich, werden die Ereignisse derart selten, dass Häufigkeitsänderungen kaum mehr sichtbar sind. Liegt der Schwellenwert zu tief, bewegt sich die Untersuchung im Bereich der allgemeinen Niederschlagstätigkeit, welche aber bereits aus den jahreszeitlichen Abklärungen hervorgeht. Ein bewährter Schwellenwert ist eine Niederschlagsmenge von 70 mm und mehr innerhalb eines Tages (Courvoisier, 1998). Bei der Wahl des engen Zeitraums von nur einem Tag (24 Stunden) entsteht nun aber das Problem, dass ein Starkniederschlag nicht erfasst wird, wenn er über den Messtermin (morgens um 07:00 Uhr) hinweg andauert, aber weder vor noch nach dem Messtermin 70 mm liefert. Auf diese Weise können auch Ereignisse mit Niederschlagsmengen von deutlich über 100 mm innerhalb von 24 Stunden, was einem sehr starken Ereignis entspricht, von der Untersuchung ausgeschlossen bleiben. Um dieses Problem zu umgehen, beruhen die anschliessenden Auswertungen auf Niederschlagsereignissen mit Mengen von mindestens 70 mm innerhalb von 48 Stunden. Als negativer methodischer Effekt führt die Erstreckung des Erfassungszeitraums auf zwei Tage dazu, dass mitunter auch zwei kleinere Ereignisse im Abstand eines Tages mit insgesamt 70 mm als Starkniederschlag in die Untersuchung eingehen.

Niederschlagsmessreihen mit Beginn im Jahr 1900 sind in grosser Anzahl zur Auswertung verfügbar. Dieser umfangreiche Datensatz war auch jüngst Gegenstand von Starkniederschlagsanalysen (z.B. Courvoisier, 1998; Frei and Schär, 2001). Niederschlagsmessreihen ab

1864 sind in weit geringerer Anzahl für die Auswertung zugänglich. Sie schliessen aber die bekannten, an Unwettern reichen Jahre in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein und bergen deshalb wichtige klimatologische Information.

Da an einer einzelnen Station starke Niederschlagsereignisse in der Regel zu selten sind, um daraus Tendenzen bezüglich der Änderung in der Häufigkeit ablesen zu können, müssen meist mehrere Stationen für die Auswertung zusammengefasst werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass während der gesamten Auswerteperiode alle Stationen verfügbar sind. Andernfalls ergeben sich Häufigkeitsänderungen auf Grund der Änderung der Zahl der Stationen. Weiter sind Ereignisse, welche gleichzeitig an mehreren Stationen registriert wurden, nur einmal zu zählen.

Eine für diesen Zweck genügend grosse Anzahl von Messreihen ab 1864 ist nur in den Niederungen der Alpennordseite verfügbar (Abbildung 11). Zu Beginn der Auswerteperiode sind

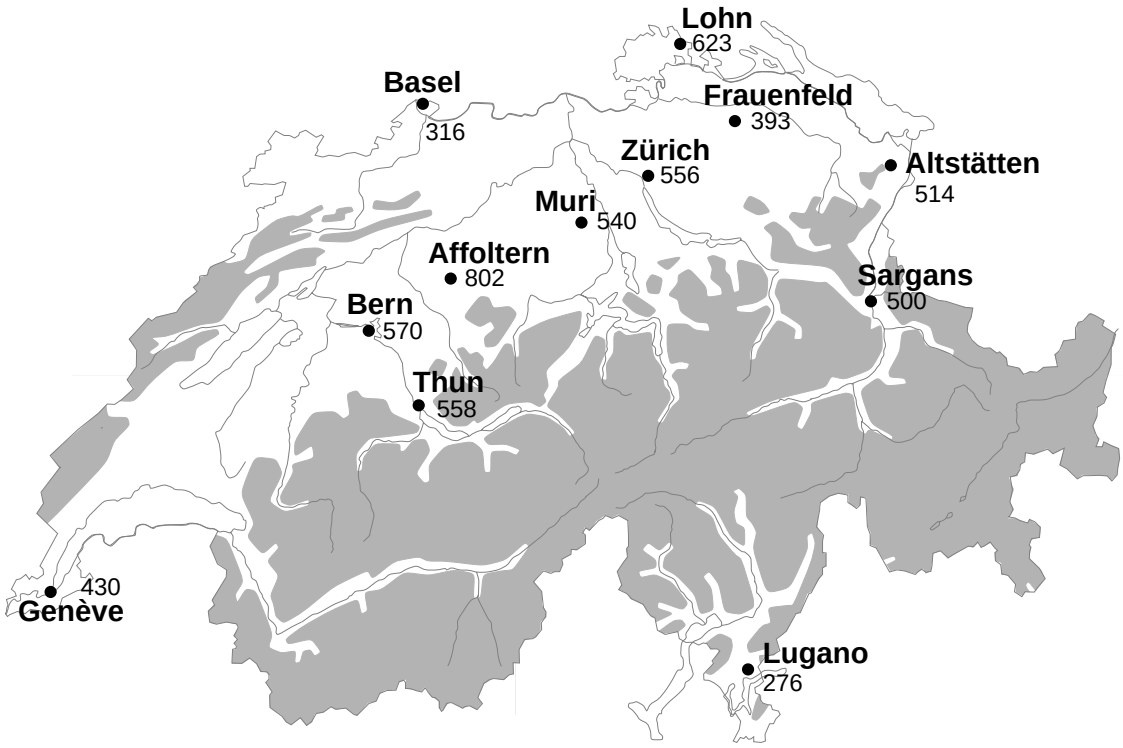


Abbildung 11: Verfügbare Niederschlags-Messreihen in den Niederungen der Alpennord- und der Alpensüdseite mit Tageswerten ab 1864 (Thun ab 1875). Höhenlagen über 1000 m ü.M. sind grau hinterlegt. Zu jeder Station ist die Höhe in m ü.M. angegeben.

allerdings in einzelnen dieser Messreihen kürzere Unterbrüche vorhanden. Die wegen ihrem lückenlosen Verlauf wichtige Messreihe von Thun beginnt zudem erst im Jahr 1875.

Auf der Alpensüdseite mit generell höheren Niederschlagsmengen stellt sich die Situation einfacher dar. Bereits aus den Aufzeichnungen der einzigen ab 1864 verfügbaren Station Lu-

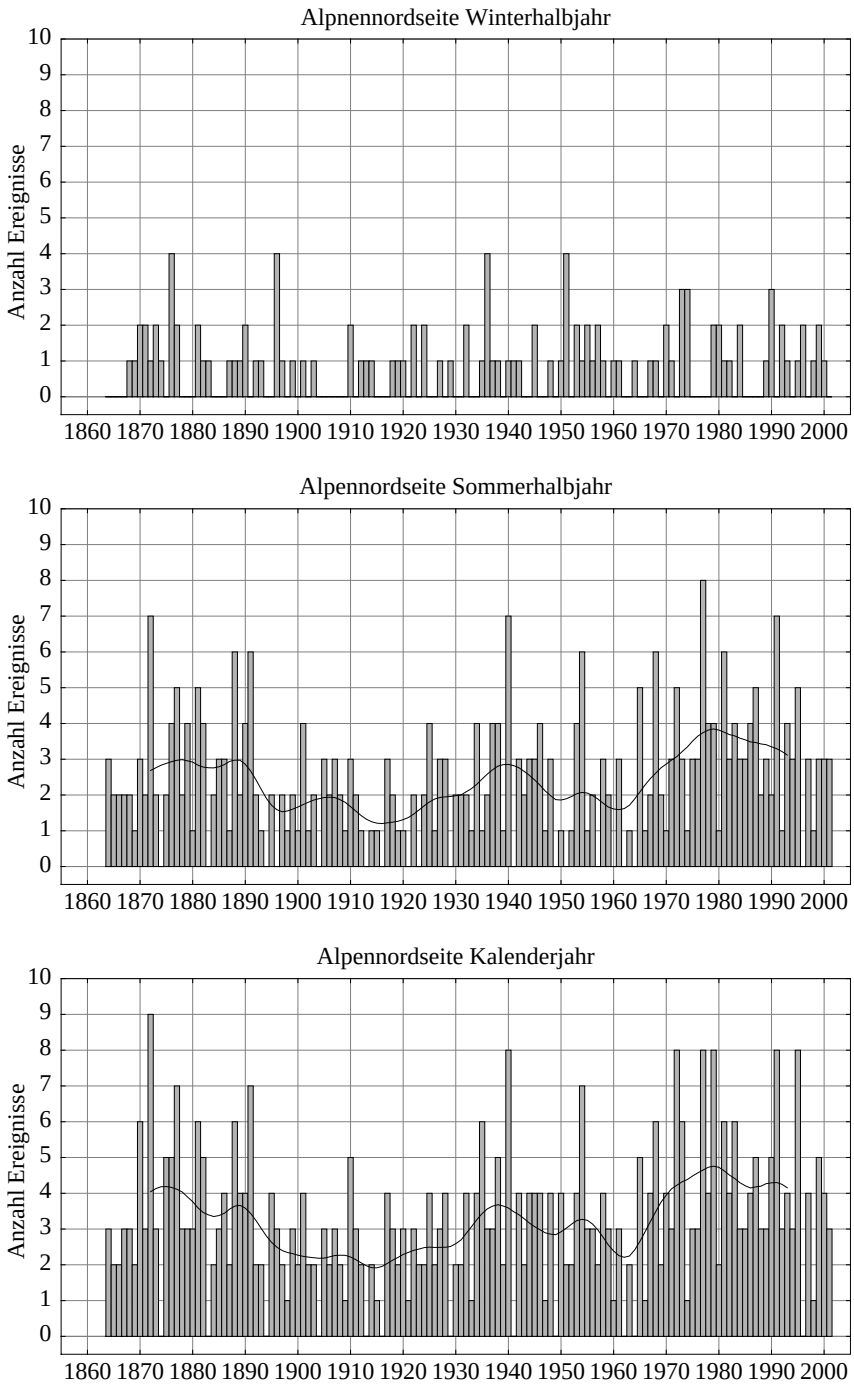


Abbildung 12 : Anzahl von Starkniederschlägen (ab 70 mm/2 Tage) 1864 bis 2001 im Winterhalbjahr (oben), im Sommerhalbjahr (Mitte) und im Kalenderjahr (unten) in den Niederungen der Alpennordseite. Angegeben sind jeweils die Werte von Jahr zu Jahr sowie - sofern sinnvoll - das Mittel über 20 Jahre.

gano werden langfristige Häufigkeitsänderungen gut sichtbar. Selbstverständlich ist zu berücksichtigen, dass die so ermittelten absoluten Häufigkeiten nicht direkt mit den Häufigkeiten einer grösseren Region vergleichbar sind.

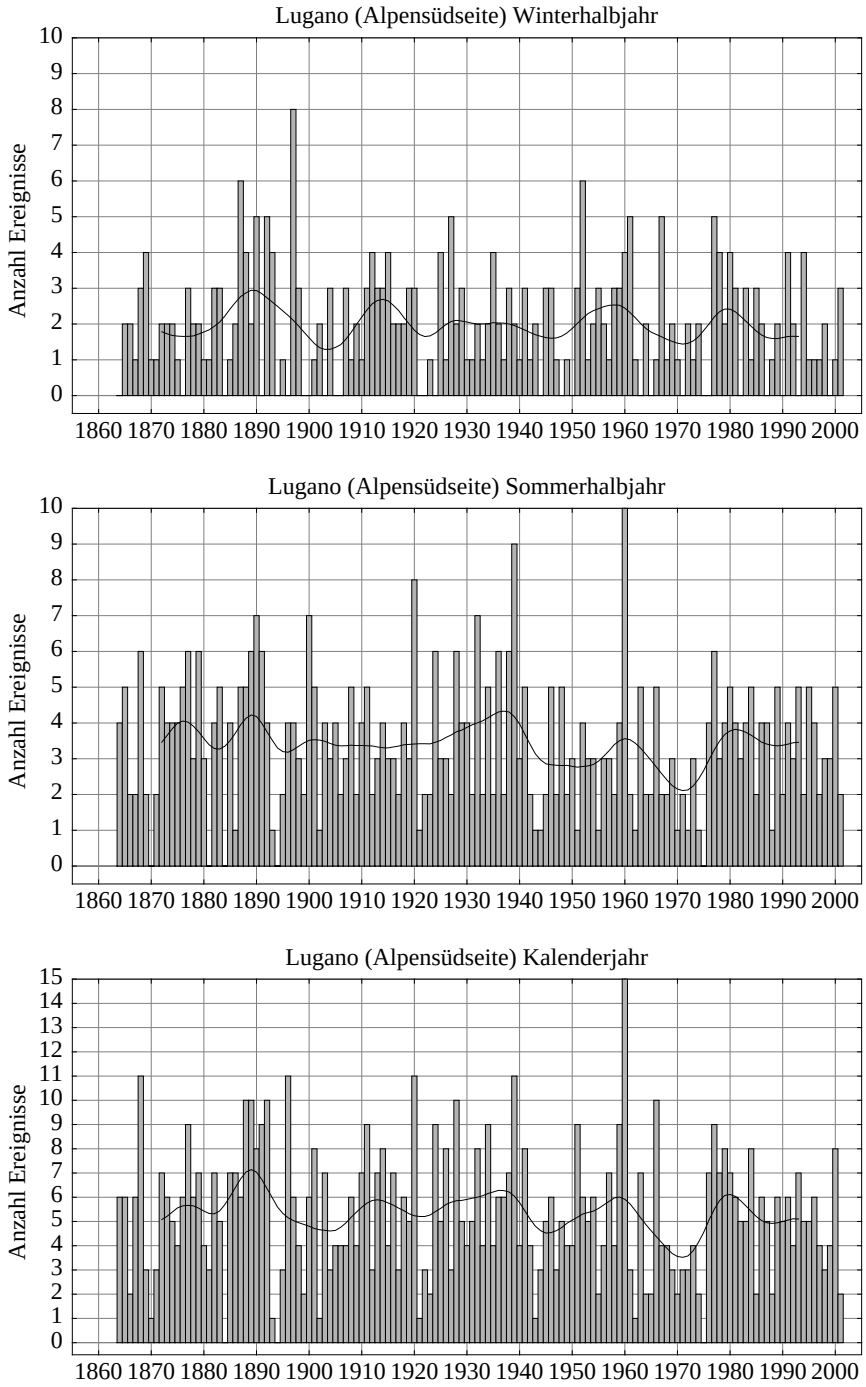


Abbildung 13: Anzahl von Starkniederschlägen (ab 70 mm/2 Tage) 1864 bis 2001 im Winterhalbjahr (oben), im Sommerhalbjahr (Mitte) und im Kalenderjahr (unten) an der Station Lugano auf der Alpensüdseite.
Man beachte die unterschiedliche Skalierung der unteren Grafik (Kalenderjahr).
Angegeben sind jeweils die Werte von Jahr zu Jahr sowie das Mittel über 20 Jahre.

Die langfristigen Tendenzen

Die Auswertung, getrennt nach Halbjahren, macht zunächst einmal deutlich, dass Starkniederschläge in den Niederungen beidseits der Alpen bevorzugt im Sommerhalbjahr fallen (Abbildungen 12 bis 14). Auf Grund der sommerlichen Gewitterlagen, welche oft hohe Niederschlagsmengen in sehr kurzer Zeit liefern, ist dies nicht sonderlich überraschend. In den Niederungen der Alpennordseite spielt das Winterhalbjahr sogar eine ausgesprochen untergeordnete Rolle. Die Jahresübersicht zeichnet dementsprechend weitgehend die Entwicklung des Sommerhalbjahres nach (Abbildung 12). Dieser Befund darf aber keinesfalls darüber hinwegtäuschen, dass im Alpenraum der Schweiz gerade im Winterhalbjahr sowohl in historischer Zeit als auch in der jüngsten Vergangenheit immer wieder extreme Niederschläge mit grossen Schadensfolgen gefallen sind.

In den Niederungen der Alpennordseite sind seit 1864 offensichtlich episodische Häufungen von Starkniederschlägen das typische klimatische Muster. Eine langfristige Tendenz im Sinne eines Trends geht aus der Analyse nicht hervor.

Die Häufung von Starkniederschlägen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, welche unter Berücksichtigung der hier zum Teil fehlenden Daten vermutlich noch etwas expliziter ausfallen dürfte, deckt sich mit historischen Unwetter-Analysen, welche zu jener Zeit eine erhöhte Anzahl von Schaden-Unwettern nachweisen (Pfister, 1999; Röthlisberger, 1991). Dieselben historischen Analysen zeigen im 20. Jahrhundert bis 1975 eine relative Seltenheit von starken Unwettern mit Hochwasserfolgen auf, was ebenfalls mit der hier gezeigten Entwicklung der Starkniederschläge in Einklang steht.

Ziemlich genau 100 Jahre nach dem gehäuften Auftreten von Starkniederschlägen im 19. Jahrhundert setzte Ende der 1970er Jahre auf der Alpennordseite eine weitere ausgeprägte Häufung ein. Sie erscheint wiederum in derselben Zeitperiode, welche mittlerweile schon mehrfach als klimatische Wende aufgefallen war. Die intensivierte Starkniederschlagstätigkeit ab Ende der 1970er Jahre geht auch aus der Untersuchung von Courvoisier (1998) hervor. Ab demselben Zeitpunkt ist auch in der Hochwasserstatistik eine Häufung zu beobachten (Röthlisberger, 1998). Hydrologische Analysen weisen zudem ab 1977 an einigen Flüssen in der Schweiz und in Europa häufiger grosse Tagesabflüsse nach, während von 1972 bis 1976 solche weitgehend fehlten (Overnay et al., 1997). In der Messreihe Lugano auf der Alpensüdseite steigt zu dieser Zeit die Zahl der Starkniederschläge nach einer längeren Ruhephase abrupt auf das vorherige Niveau (Abbildung 13). Diese Änderung ist vor allem im Sommerhalbjahr markant, kommt aber auch im Winterhalbjahr etwas zum Ausdruck. Im Übrigen zeigt sich die langjährige Entwicklung der Starkniederschläge in der Messreihe Lugano sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr von einer sehr monotonen Seite. Auch hier ist keine langfristige Tendenz in der Häufigkeit der Starkniederschläge erkennbar.

Die beiden Starkniederschlags-Häufungen in den Niederungen der Alpennordseite zeigen auffallend unterschiedliche monatliche Verteilungen (Abbildung 14, oben). In der Periode 1871 bis 1900 mit insgesamt 104 Ereignissen erstreckte sich die Saison mit erhöhtem Starkniederschlags-Risiko vor allem über die fünf Monate Juni bis Oktober. Charakteristisch ist das zwei-

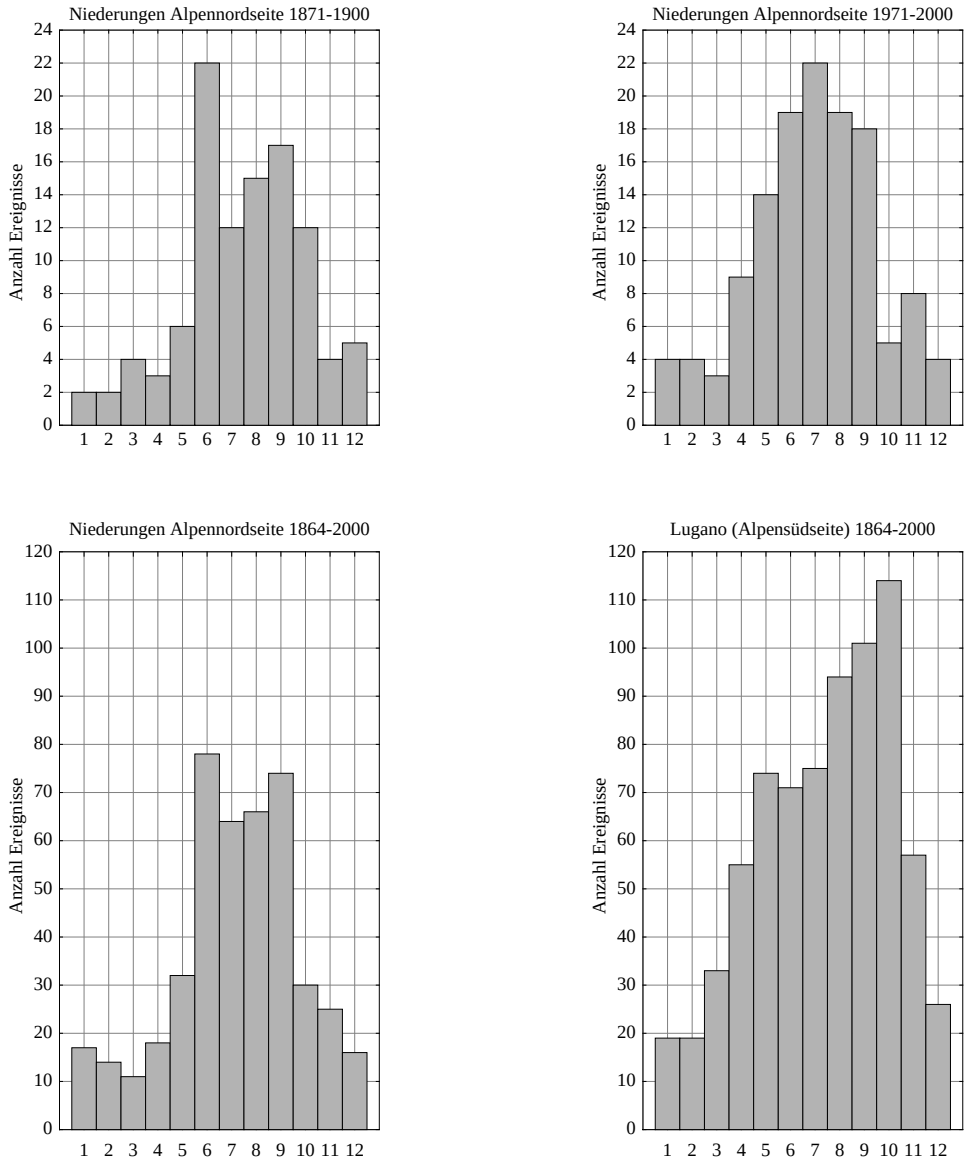


Abbildung 14: Oben: Monatliche Anzahl von Starkniederschlägen (ab 70 mm/2 Tage) in den Niederungen der Alpennordseite in den 30 Jahren von 1871 bis 1900 (links) sowie von 1971 bis 2000 (rechts).
Unten: Monatliche Anzahl von Starkniederschlägen (ab 70 mm/2 Tage) von 1864 bis 2000 in den Niederungen der Alpennordseite (links) sowie an der Station Lugano auf der Alpensüdseite (rechts).

gipflige Aktivitätsmaximum von Juni und September, welches auch über die gesamte Messperiode von 1864 bis 2000 erhalten bleibt (Abbildung 14 unten links).

In der Periode von 1971 bis 2000 mit insgesamt 129 Ereignissen setzte die Saison mit erhöhtem Starkniederschlags-Risiko ein bis zwei Monate früher ein, endete aber auch einen Monat früher. Neu zeigten sich im November vermehrt Starkniederschläge. In den Niederungen der Alpennordseite hat sich damit einerseits im Jahresablauf die Zeit mit erhöhtem Starkniederschlags-Risiko um einen bis zwei Monate verlängert, und andererseits sind gegenüber der Vergleichs-Periode von 1871 bis 1900 deutlich mehr Starkniederschläge gefallen. Dieser zweite Aspekt ist allenfalls etwas zu relativieren, da die Datenreihen von 1864 bis 1878 nicht ganz vollständig sind.

Ganz unterschiedlich zu den Niederungen der Alpennordseite präsentiert sich die monatliche Verteilung der Starkniederschläge an der Station Lugano auf der Alpensüdseite. Verhältnismässig geringe Häufigkeiten zeigen nur die vier Monate Dezember bis März. Im überwiegenden restlichen Teil des Jahres, von April bis November, herrscht hier ein erhöhtes Starkniederschlags-Risiko. Mit der maximalen Häufung im Oktober zeigt sich schliesslich als eindeutiges klimatologisches Muster die bekannte Sensibilität der Alpensüdseite bezüglich herbstlicher Starkniederschläge.

VERÄNDERTES KLIMA

Das globale Klima hat sich verändert. Im 20. Jahrhundert ist die globale Temperatur um +0.6˚C (mit einem Unsicherheitsbereich von +/- 0.2˚C) angestiegen. Die 1990er Jahre waren global das wärmste Jahrzehnt seit Beginn der systematischen Messungen um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Die global bisher höchste Jahresmittel-Temperatur wurde im Jahr 1998 gemessen (IPCC, 2001). Dabei haben sich der Langfristtrend der globalen Erwärmung sowie das sehr starke El Niño-Ereignis von 1997/98 überlagert (WMO, 1999).

In der Schweiz ist im 20. Jahrhundert landesweit gemittelt eine Erwärmung von +1.4 ˚C festzustellen (entspricht geichzeitig dem Trend pro 100 Jahre). Der grösste Anteil daran hatte das Winterhalbjahr mit einer Erwärmung von +1.5 ˚C, während das Sommerhalbjahr um +1.1 ˚C wärmer wurde. Diese Trends sind grösser als in den gesamten verfügbaren 138 Jahren von

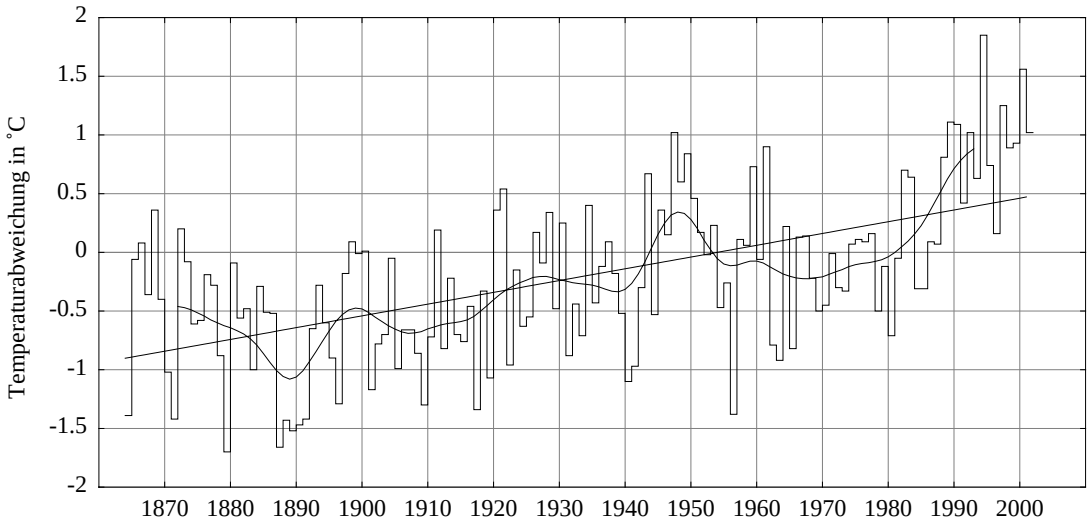


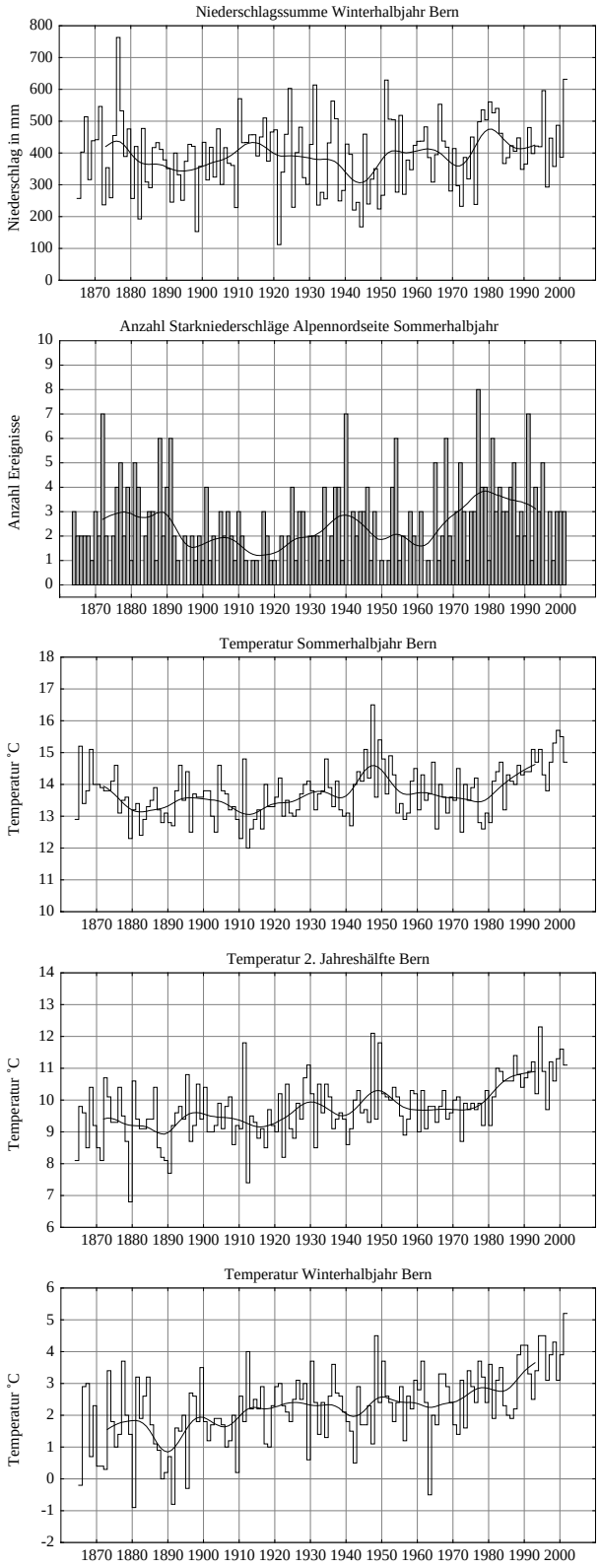
Abbildung 15: Jährliche Abweichung der Temperatur in der Schweiz von der Jahresnorm 1961-1990. Angegeben sind die Abweichungen von Jahr zu Jahr, das Mittel der Abweichung über 20 Jahre sowie der lineare Trend von 1864 bis 2001 (+1.0 ˚C pro 100 Jahre). Die Gesamterwärmung 1864 bis 2001 beträgt +1.4 ˚C. Die Abweichungen von Jahr zu Jahr sind das Mittel aller zwölf homogenen Temperaturreihen in der Schweiz. Man beachte, dass bei dieser über die ganze Schweiz gemittelten Darstellung der beachtliche Unterschied zwischen der nordalpinen und südalpinen Temperaturänderung verwischt wird (vgl. dazu Tabelle 1).

1864 bis 2001. Das liegt daran, dass in der Schweiz ab 1864, wie in den vorangegangenen Kapiteln eingehend beschrieben, zunächst eine recht markante Abkühlungsphase [1] herrschte (Abbildung 15). Die Berechnungen für das 20. Jahrhundert setzen deshalb auf einem tieferen Temperaturniveau ein als jene ab 1864 und führen so zu entsprechend grösseren Trends. Während der gesamten 138jährigen Messperiode von 1864 bis 2001 ergibt sich, gemittelt über die ganze Schweiz, ein Trend von +1.0 ˚C pro 100 Jahre, und damit ein Temperaturanstieg von insgesamt +1.4 ˚C.

Einen entscheidenden Beitrag, nicht nur in der Temperatur-, sondern in der gesamten klimatischen Entwicklung in der Schweiz, brachte der massive Klima-Umschwung ab Ende der 1970er Jahre. In Abbildung 16 sind die verschiedenen Effekte synchron miteinander dargestellt.

1. Die ausgeprägte Kaltphase am Ende des 19. Jahrhunderts geht einher mit dem Ende der sogenannten „Kleinen Eiszeit“, welche zwischen dem 15. Jahrhundert und dem Ende des 19. Jahrhunderts zumindest nordhemisphärisch, allenfalls auch global, deutlich kühlere Temperaturen brachte (IPCC, 2001).

Abbildung 16: Der massive Klima-Umschwung ab Ende der 1970er Jahre. Es handelt sich um einen bedeutenden klimatischen Wandel, welcher in dieser umfassenden Art in der gesamten bisherigen Messperiode nie aufgetreten ist. Diskussion siehe Text.



Zunächst reagierte das Niederschlagsregime mit plötzlich erhöhten Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr und einer deutlich erhöhten Häufigkeit der Starkniederschläge im Sommerhalbjahr. Ab Beginn der 1980er Jahre setzte nach einer länger dauernden Abkühlungsphase ein schneller Wechsel zu einer nachhaltigen Erwärmung der Sommerhalbjahre ein, und die Temperatur der zweiten Jahreshälfte wurde in einem Sprung auf ein deutlich höheres Niveau angehoben. Mitte der 1980er Jahre nahmen regional vorübergehend die Niederschlagsmengen der Sommerhalbjahre zu (in Abbildung 16 nicht enthalten), während die Episode mit erhöhten Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr wieder zu Ende ging. Ende der 1980er Jahre vollzog sich schliesslich die sprungartige und nachhaltige Erwärmung der Winterhalbjahre.

Die Schweiz durchlief ab Ende der 1970er Jahre einen bedeutenden klimatischen Wandel, welcher in dieser umfassenden Art in der gesamten bisherigen Messperiode nie aufgetreten ist. Die Klimaänderung ist für die Schweiz nicht ein Zukunfts-Szenario, sondern bereits eingetretene Realität. Die Untersuchung der Ursachen, welche zu den festgestellen Änderungen und insbesondere zu den aufgezeigten Klima-Sprüngen in den Schweizer Messreihen führten, sind Gegenstand von laufenden Forschungsarbeiten (vgl. z.B. Scherrer and Appenzeller, 2003; Scherrer et al., 2004; Studer et al., 2003).

Die langjährige klimatische Entwicklung in der Schweiz nimmt im Vergleich zum übrigen Alpenraum keine Sonderstellung ein. Eine jüngst durchgeführte Analyse von 97 langen homogenen Temperaturmessreihen aus dem gesamten europäischen Alpengebiet und dessen näherer Umgebung ergab für die Periode zwischen 1890 und 1998 einen Trend von 1.1 ˚C pro 100 Jahre. Wird die gesamte verfügbare Messperiode ab 1760 betrachtet, tragen ebenfalls die Jahre ab etwa 1970 wesentlich zum insgesamt positiven Temperaturtrend bei. Zwischen 1790 und 1890 hingegen ist im Alpenraum eine ausgeprägte Abkühlung feststellbar (Böhm et al., 2001). Die anschliessende alpine Wiedererwärmung zeigt einen weitgehend übereinstimmenden Verlauf mit den hier gezeigten Schweizer Temperaturreihen, und auch der Temperatursprung in den 1980er Jahren ist ein gesamtalpines Phänomen.

Auch auf der gesamteuropäischen Ebene fügen sich die hier diskutierten Klimamessreihen der Schweiz gut in bisherige Analysen der umliegenden Regionen ein, wie ein eben fertiggestellter Vergleich ergab (Begert et al., 2004). Insbesondere macht der Vergleich deutlich, dass die spezifische Temperaturentwicklung auf der Alpensüdseite (Messreihen Lugano und Sils-Maria) in guter Übereinstimmung mit jener von Norditalien steht. Demgegenüber zeigen die langjährigen Niederschlagstrends der beiden Regionen wenig Ähnlichkeit.

Lange Klimamessreihen liefern die grundlegenden Informationen zum langfristigen Klimaverhalten an einem Ort oder in einer Region. Dies allerdings nur dann, wenn sich die Analyse nicht auf den Trend allein beschränkt. Trends sind vorsichtig zu interpretieren. Ohne die gleichzeitige Betrachtung der Änderungen des langjährigen Mittels sind sie nicht geeignet, um die Klimaentwicklung richtig zu erfassen. Im Gegenteil: Wesentliche Elemente im Klimaverlauf

werden durch den Trend sozusagen verwischt. Deshalb muss ein Trend immer sorgfältig auf seine zeitliche Repräsentanz hin geprüft werden. Erst bei Verwendung unterschiedlicher Untersuchungsperioden wird ersichtlich, wie stabil sich ein Trend und vor allem dessen Signifikanz insgesamt verhält.