

Tafel 1.4 Niederschlags-, Temperatur- und Abflussverhältnisse der letzten Jahrhunderte

Einleitung

Die vorliegende Tafel zeigt Rekonstruktionen der Niederschlags- und Lufttemperaturverhältnisse im Raum des zentralen Alpenbogens ab dem Jahr 1659 sowie dokumentierte oder gemessene Pegelstände und Abflussmengen ab 1500 in einigen ausgewählten Einzugsgebieten. In einem methodischen Teil werden Besonderheit und Bedeutung historischer Datenquellen für die Analyse von vergangenem Klima- und Abflussverhältnissen vorgestellt.

Datengrundlagen

Den auf der Doppelseite dargestellten Karten, Zeitreihen und Tabellen liegen statistische Klimarekonstruktionen mittels Hauptkomponentenanalyse und multipler Regression von [8] zugrunde, welche mit Instrumentendaten (HISTALP bzw. CRU TS 2.1 [4,9]) aus dem 20. Jahrhundert kalibriert wurden. Die Rekonstruktionen basieren auf einer Kombination von langen instrumentellen Daten, Klimainformationen aus historischen Schriftquellen und aus natürlichen Archiven (Baumringe, Eisbedingungen, Eisbohrkerne etc.), wobei die Datensätze für Niederschlag und Temperatur voneinander unabhängig sind. Niederschlag ist räumlich sehr heterogen. Er kann deshalb weniger zuverlässig rekonstruiert werden als die Temperatur (2 m über Grund). In der Schweiz gibt es gemessene Temperaturzeitreihen seit 1752 (Genf) und 1754 (Basel); der Niederschlag wird systematisch seit 1863 erfasst (vgl. Tafel 2.1²). Je weiter in die Vergangenheit reichend, desto schmaler wird die für die vorliegende Klimarekonstruktion zur Verfügung stehende Datengrundlage, die Unsicherheit nimmt zu und die Variabilität ab. Die Rekonstruktionen für die Zeit vor 1750 sollten dementsprechend mit Vorsicht behandelt werden.

Die Berechnungen der Zeitreihen beziehen sich wegen der gerasterten Eingangsdaten auf einen etwas grösseren Raum als in den Karten gezeigt (s. Fig. 3). Die Gebietseinteilung basiert auf dem HISTALP-Projekt [4,9]; die Analyse umfasst Teile der dort definierten Regionen Nordwest und Südwest. Sie werden hier Alpennordseite und Alpensüdseite, der ganze Kartenraum der Einfachheit halber Alpenraum genannt.

Die Diagramme der historischen Hoch- und Niedrigwasserereignisse (Fig. 1) wurden mit Hilfe ausgewählter Daten und Literatur (u.a. [1,5,7,10,12,15,17]) sowie der elektronischen Datenbank EuroClimHist [11] erstellt. Die Messwerte lieferte das Bundesamt für Umwelt [3]. Die längste zusammenhängende Wasserstands- bzw. Abflussmessreihe der Schweiz gibt es vom Rhein in Basel (seit 1808). Die Stationsdichte in schweizerischen Einzugsgebieten nimmt ab Beginn des 20. Jahrhunderts zu (vgl. Tafel 5.1²). Alle Messreihen wurden unverändert übernommen, so dass allfällige Unsicherheiten und Inhomogenitäten aus alten Messreihen (z.B. Umrechnung von Pegelständen in Abflüsse, wechselnde Ableserhythmen, sich ändernde Art der Messgeräte usw.) bestehen blieben.

Variationen von Temperatur und Niederschlag

Die Karten in der obersten Reihe zeigen die mittleren Niederschlags- und Temperaturverhältnisse im Zeitraum 1901 bis 1950. Die Wahl dieser Referenzperiode bietet die Vorteile, dass sie in der instrumentellen Zeit liegt und kaum signifikante Niederschlagstrends innerhalb der 50 Jahre aufweist. Allerdings gibt es einige Temperaturtrends. Für die kartografische Darstellung ist eine Interpolation aus den ursprünglichen Rastern (10' • 10' für die Niederschläge, 0.5° • 0.5° für die Temperaturen) mittels Nearest-Neighbour-Methode vorgenommen worden. Die Isolinien und Flächen sind entsprechend zu interpretieren; sie erlauben einen überregionalen Vergleich, aber keine punktgenauen Aussagen über lokale Verhältnisse.

Die zweite Kartenreihe dokumentiert (für das ganze Jahr sowie Winter und Sommer) die mittlere räumliche Verteilung von Temperatur und Niederschlag über jeweils 50 Jahre (erste Periode 1659–1700) als Abweichung gegenüber der Referenzperiode. Je zwei 50-Jahres-Perioden waren eher trocken (1751–1800 und 1851–1900) oder nass (1801–1850 und 1951–2000); die Periode von 1659–1700 zeigt ein ähnliches Muster wie die Referenzperiode.

Wie die Zeitreihen zeigen, waren – verglichen mit den Niederschlagsmengen für das ganze Jahr – die Sommer vor 1800 tendenziell nasser und in der Zeit ab 1950 trockener. Die jüngsten Winter wiederum waren gegenüber der Referenzperiode vor allem auf der Alpennordseite niederschlagsreicher. Gerade in den Niederschlags-Rekonstruktionen nimmt die Schwankungsbreite von etwa 1750 bis 1659 sichtbar ab. In diesen Zeitraum fallende Extremperioden werden daher tendenziell unterschätzt.

Die trockensten und feuchtesten Jahre, Winter und Sommer im zentralen Alpenraum erscheinen in den Tabellen 1 und 2. Die Abweichungen des Niederschlags und der Temperatur von der Referenzperiode sind für einige dieser Jahre in den untersten Kartenreihen als Einzelkarten dargestellt.

Aus den Karten und auch den Zeitreihen lässt sich herauslesen, dass es bis 1900 überwiegend kälter war als in der Referenzperiode. Dies gilt vor allem für die Alpennordseite sowie die Jahres- und Sommermittelwerte, während für die Alpensüdseite und die Wintermittelwerte vergleichsweise höhere Temperaturen rekonstruiert wurden. Die kältesten Jahre im Alpenraum finden sich generell um 1700 und um 1880. Ab etwa 1900 ist ein markanter Temperaturanstieg zu erkennen. Extreme Warmphasen erscheinen – ausser im Winter – um die Mitte des 20. Jahrhunderts und in den letzten Jahrzehnten.

Historische Hoch- und Niedrigwasserereignisse

Für den Begriff «Historische Hochwasser» existieren verschiedene Definitionen. Zum einen kann man darunter Ereignisse verstehen, die vor Beginn der systematischen Abflussmessung aufgetreten sind. Eine zweite Definition betrachtet «Historische Hochwasser» als sehr aussergewöhnliche oder sehr seltene Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von 100 oder mehr Jahren [5]. In dieser Tafel wird die erste Sichtweise verwendet.

Die historischen und die instrumentellen Daten – als Grundlage der Figur 1 – enthalten unterschiedliche Informationen: Messungen betreffen die Abflussmenge oder den Wasserstand, während die Beschreibungen der Ereignisse sich zu einem grossen Teil auf Schäden beziehen. Beides kann nicht unmittelbar miteinander in Verbindung gebracht werden [14]. Aus diesem Grund sind die Perioden in den Diagrammen deutlich getrennt worden. So lassen sich zeitliche Entwicklungen bezüglich Häufigkeiten und Intensitäten abschätzen und die Einbettung von modernen Ereignissen in den historischen Zusammenhang ist gegeben. Die Darstellung der historischen Hochwasser in Figur 1 erfolgte in zwei Stufen bezüglich Schadensintensität: moderat oder schwer. Die belegten Niedrigwasser werden nur aufgelistet, aber nicht nach Ausmass unterschieden. Stehen Messreihen zur Verfügung, ist ein Niedrigwasser nur dann verzeichnet, wenn das kleinste 7-Tagesmittel des entsprechenden Jahres das 5 %-Quantil der Messreihe unterschreitet.

Bei solchen Einschätzungen sind auch die zunehmenden menschlichen Eingriffe in das Gewässersystem sowie sich ändernde gesellschaftliche Wahrnehmungen zu beachten. Das Beispiel Zürichsee zeigt offensichtlich, wie durch Korrekturen, Regulierungen und Kraftwerkbau der Seespiegel seit Messbeginn ausgeglichen wurde und seit etwa 1950 stabil gehalten wird. Ein Hochwasserstand, wie er am Zürichsee 1999 erreicht wurde, lag vor 150 Jahren noch in einem normalen Bereich. Vorsichtig zu interpretieren sind ausserdem Verschiebungen in der Saisonalität der Ereignisse. Die Anzahl der Hochwasser an den dargestellten Fliessgewässern scheint vor allem im Herbst abgenommen, im Sommer jedoch zugenommen zu haben.

Die für die Diagramme verwendeten Informationen beruhen auf instrumentellen Messungen oder unterschiedlichsten historischen Quellen. Die Ausschnitte in der Figur 2 zeigen mögliche Informationsquellen: Frühe systematische Messdaten wurden von der hydrometrischen Abteilung des eidgenössischen Oberbauinspektorates erfasst. Gezeigt werden die niedrigsten Wasserstände

des Lago Maggiore von 1867 bis 1896. Vor der amtlichen Erfassung wurden Einzelereignisse vielfach mittels Hoch- und Niedrigwassermarken festgehalten. Eine bekannte Marke steht am Oberen Rheinweg in Basel. Der Zürcher Theologe Wolfgang Haller führte in den Jahren 1545–1576 ein Wettertagebuch. Solche Journale enthalten historisch qualitative Daten; sie liefern kontinuierliche Klimadaten, die oftmals auch quantifizierbar sind [10]. Der letzte Ausschnitt zeigt den Metzgerstein in Zürich. Vor seiner Sprengung im Jahr 1823 stand er bei Niedrigwasser frei. Auf ihm soll im Februar 1585 ein ausschweifender Umtrunk stattgefunden haben.

Entsprechend den Datengrundlagen, den Verarbeitungsmethoden und der Qualität der Resultate können verschiedene Datentypen unterschieden werden (Tab. 3). Die hier gezeigte Charakterisierung wurde vorgenommen in Anlehnung an Autoren wie [2,5,6,10,12,16].

Atmosphärische Zirkulation, Niederschlag, Hoch- und Niedrigwasser

Aus den verschiedenen genannten Gründen ist es schwierig, direkte Zusammenhänge zwischen Ereignishäufigkeit und klimatischen Bedingungen herzustellen, umso mehr, als der Alpenraum grosse klimatische Variabilitäten aufweist. Auf multidekadischer Ebene (z.B. für die Karten der 50-Jahres-Perioden) wird dazu mit dem Ansatz von sich ändernden Zirkulationsmustern gearbeitet [8,13,14,16].

Extreme klimatische Verhältnisse in einem Einzeljahr können Hinweise geben auf die Vorgeschichte eines Ereignisses, z.B. bezüglich Schneespeicherung, Bodensättigung, Grundwasser- und Seepegelstände. Nasse Jahre sind aber nicht immer überschwemmungsreich, d.h. aus hohen Niederschlagsmittelwerten kann nicht direkt auf extreme Hochwasserspitzen geschlossen werden: Das wohl feuchteste Jahr im gesamten Untersuchungsraum war 1977. Es war ein schadenreiches Jahr, aber kein extremes Katastrophenjahr. Für 1720, das feuchteste Jahr im Teilgebiet der Alpennordseite, sind Hochwasser an Reuss und Aare belegt, währenddessen das niederschlagsreichste Jahr der Alpensüdseite, 1960, kein Hochwasserjahr war [12].

Aussergewöhnliche mittlere saisonale Verhältnisse bestimmen die Disposition für Extremereignisse schon eher: Nach einem jeweils extrem nassen Sommer verzeichnete man beispielsweise im Herbst 1852 grosse Hochwasser an Rhein, Alpenrhein, Aare und Reuss und im Herbst 1890 am Alpenrhein und im Tessin.

Die Zusammenhänge zwischen niederschlagsarmen Perioden und Niedrigwasser sind offensichtlicher. Für alle in den Karten gezeigten Trockenjahre oder -jahreszeiten gibt es Niedrigwassermeldungen. So waren zum Beispiel die Gewässer auf belegten Tiefständen: im Juni 1949 der Rhein in Basel, im August 1706 der Zürichsee, im Winter 1779 der Rhein oder im Januar 1858 wiederum der Rhein und der Zürichsee.

Literatur

- [1] **Ambrosetti, W. et al. (1994):** La piena del Lago Maggiore nell'autunno 1993: un evento di portata secolare. Istituto italiano di idrobiologia, Verbania Pallanza.
- [2] **Brazdil, R. et al. (2005):** Historical climatology in Europe – The state of the art. In: *Climatic Change* 70(3):363–430, Dordrecht.
- [3] **Bundesamt für Umwelt BAFU (2009):** Hydrologische Daten: www.hydrodaten.admin.ch
- [4] **Efthymiadis, D. et al. (2006):** Construction of a 10-min-gridded precipitation data set for the Greater Alpine Region for 1800–2003. In: *J. Geophys. Res.* Vol. 111(D1), Washington.
- [5] **Gees, A. (1997):** Analyse historischer und seltener Hochwasser in der Schweiz: Bedeutung für das Bemessungshochwasser. Diss. Geographisches Institut der Universität Bern.
- [6] **Glaser, R. (2008):** Klimageschichte Mitteleuropas: 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Darmstadt.
- [7] **Hügli, A. (2007):** Aarewasser: 500 Jahre Hochwasserschutz zwischen Thun und Bern. Bern.
- [8] **Luterbacher, J. et al. (2004):** European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500. In: *Science* 303(5663):1499–1503, Washington.
- [9] **Mitchell, T.D., Jones, P.D. (2005):** An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. In: *Int. J. Climatol.* 25(6):693–712, Chichester.
- [10] **Pfister, C. (1999):** Wetternachhersage: 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496–1995). Bern.
- [11] **Pfister, C. et al. (2008):** Euro-Climhist. A Data-Base on past Weather and Climate in Europe and its Human Dimension. Historisches Institut der Universität Bern.
- [12] **Röthlisberger, G. (1991):** Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft Birmensdorf.
- [13] **Schmocker-Fackel, P., Naef, F. (2010):** More frequent flooding? Changes in flood frequency in Switzerland since 1850. In: *Journal of Hydrology*, 3, Amsterdam.
- [14] **Sturm, K. et al. (2001):** Floods in Central Europe since AD 1500 and their Relation to the Atmospheric Circulation. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen* 148 (6):18–27, Gotha.
- [15] **Vischer, D. (2003):** Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz: von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert. Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Bern.
- [16] **Wanner, H. (2004):** Dynamic and socioeconomic aspects of historical floods in Central Europe. In: *Erdkunde* 58, no. 1:1–16, Bonn.
- [17] **Weingartner, R., Pfister, C. (2007):** Wie ausserordentlich war das Niederwasser im Winter 2005/06? Eine hydrologisch-historische Betrachtung des Rheinabflusses in Basel. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 51, Heft 1:22–26, Koblenz.
- [18] **Wetter, O., Pfister, C., Weingartner, R. (in Vorbereitung):** Hydrological floods over the last 740 years in the Upper Rhine basin.