

Überschwemmungen und Niedrigwasser im Einzugsgebiet des Rheins 1500–2000

Christian Pfister (Bern)

1 QUELLEN ZUR HISTORISCHEN HYDROLOGIE

Die Öffentlichkeit nimmt von Naturkräften nur dann Notiz, wenn diese die tägliche Routine stören und sich selber auf die Agenda setzen, sei es in Form einer länger anhaltenden extremen Wetterlage oder einer Katastrophe. In solchen Fällen haben die zuständigen Wissenschaften das Ereignis in einen grösseren Zusammenhang einzuordnen. Dies setzt eine Rückschau voraus, die sich in der Regel auf Aufzeichnungen in historischen Dokumenten stützt. Generell gilt: Je extremer eine Naturkatastrophe, desto zahlreicher und ausführlicher sind die Aufzeichnungen darüber und umso besser stützen und ergänzen sich diese gegenseitig. Die extremsten Naturkatastrophen der Vergangenheit, an deren genauerer Kenntnis die Gesellschaft ein besonderes Interesse hat, lassen sich damit anhand von Beobachtungen aus historischen Dokumenten relativ zuverlässig rekonstruieren. Im Rahmen der Historischen Klimatologie ist die historische Hochwasserforschung heute gut etabliert (BRAZDIL et al., 2005).

Berichte über Hochwasser sind seit dem Mittelalter in Chroniken, vom späten 15. Jahrhundert an zudem in Witterungstagebüchern und Akten, vom späten 17. Jahrhundert auch in Messjournalen übermittelt. Die meisten Beobachter versuchten, die Grössenordnung einer Überschwemmung mit entsprechenden älteren Ereignissen zu vergleichen. Diese waren Teil der Lokaltradition, im kollektiven Gedächtnis präsent und als Vergleichsmaßstab abrufbar. Dabei bezogen die Chronisten ihre Höhenangaben nach Möglichkeit auf Merkmale an Brücken und Gebäuden, die bereits ihren Vorgängern als Maßstab gedient hatten. So lesen wir unter dem Jahr 1511: «Uff sant Marien Magdalenen tag [1. Aug.] [...]wuchs der Ryn so hefftig, das man

besorgte, es wurde geschehen, wie 31 jar darvor [d. h. 1480] in der wassergrossi ouch beschach. [geschah] [...] Und gieng der Ryn an der Schifffluten pfyler, da der ercker an stat, das man den schilt nit sechen mocht; und werte [dauerte] wol 10 tag an einander, das er [der Rhein] underwylten fiel und denn wider wuchs» (BERNOULLI, 1902). Anhand des mit einem Erker und einem Schild geschmückten Pfeilers der Basler Rheinbrücke lässt sich abschätzen, dass der Strom am 22. Juli 1511 etwa so hoch stand wie am 13. Juni 1876 (PFISTER, 1999). Vom 16. Jahrhundert an wurde die Grösse von Hochwasser nicht nur beschrieben, sondern durch Hochwassermarken an Brücken und Häusern im Stadtbild visualisiert. Die meisten Hochwassermarken sind im 20. Jahrhundert zusammen mit den alten Gebäuden zerstört worden (PFISTER, 1999; GLASER und STANGL, 2004; DEUTSCH, 2004). Erhalten geblieben sind beispielsweise die Marken am Schönbeinhaus in Basel (vgl. Abb. 1).

Für Vergleiche von historischen Hochwassermarken mit instrumentell dokumentierten Wasserständen muss abgeklärt werden, ob sich Gebäude gesenkt haben oder ob sich das Profil des Flussbetts verändert hat. So tiefte sich der Rhein in Basel nach der Korrektur des Oberrheins durch den Ingenieur Gottfried Tulla stärker ein (TÜMMERS, 1999). Von 1808 an liegen tägliche Pegelmessungen vor, die von 1908 durch Abflussmessungen ergänzt wurden (GHEZZI, 1926; RIMA, 1962), so dass Querbezüge zu den Hochwassermarken und den Beschreibungen hergestellt werden können.

Die Erinnerung an extrem niedrige Wasserstände ist ebenfalls anhand von Marken im Gelände dokumentiert worden. Als Projektionsfläche dienten Steinblöcke im Bett von Flüssen und Seen, die bei Niedrigwasser trocken fielen. Zur Erinnerung pflegten die Anwohner die Jahreszahl des Ereignisses in die Blöcke einzumeisseln

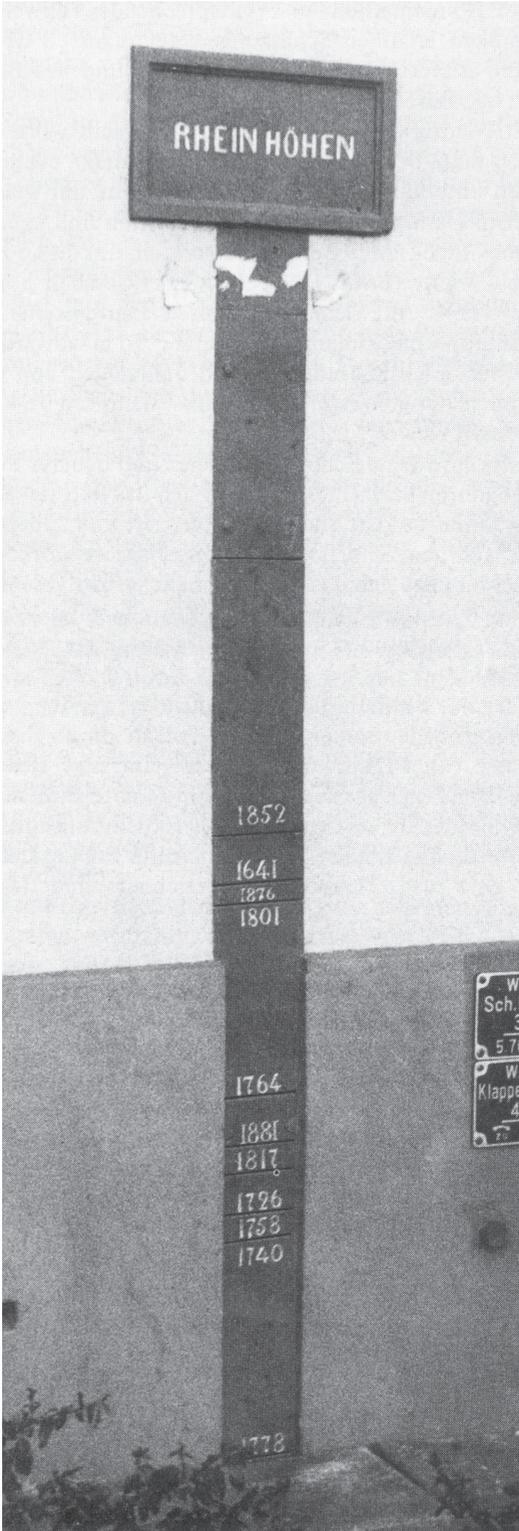


Abb. 1. Hochwassermarken am Schönbeinhaus Oberer Rheinweg 93 in Klein Basel (PFISTER, 1999).

(vgl. Abb. 5). Im Unterschied zu Überschwemmungen sind Niedrigwasser jedoch bisher kaum klimageschichtlich untersucht worden.

2 HOCHWASSER

Die schwersten Hochwasser des Rheins lassen sich im Rahmen eines knappen Überblicks am ehesten anhand der Verhältnisse in Basel charakterisieren. Als Kriterium wird die Höhe des Flusses genommen, die anhand eines Quervergleichs von Berichten, Hochwassermarken und Abflussmessungen, die sich dachziegelartig überlappen, mit einiger Zuverlässigkeit ermittelt werden kann (PFISTER, 1998; PPFISTER, 1999). Die Reihe «Basel» integriert die oft recht heterogenen Verhältnisse in den einzelnen Teilen des Einzugsgebiets und ist für diese somit nicht unbedingt repräsentativ (KAN, 1995; AEBISCHER, 1997).

Bei den Ursachen eines Hochwasserereignisses ist zwischen Disposition und Auslösung zu unterscheiden. Die Disposition umschreibt die Voraussetzungen, die vor dem Eintritt des Ereignisses bestehen. Hochwasserfördernd sind lange Niederschlagsperioden, die zu einer Sättigung der Böden führen, ferner die Akkumulation grosser Schneemassen im Mittelland oder in den Bergen. Ob ein Ereignis bei günstiger Disposition tatsächlich eintritt, ist vom Auslöser abhängig. Die Beziehung zwischen Niederschlag, Schneeschmelze und Abfluss ist nichtlinear, komplex und von einer Vielzahl von Einflüssen abhängig. Letztlich ist jedes Hochwasser das Ergebnis eines Geschehens, das in seinem Verlauf zwar einmaligen Charakter trägt, aber in der Konstellation seiner Ursachen doch gewisse Regelmässigkeiten zeigt (GREBNER und RICHTER, 1991).

Seit 1500 sind über 50 Hochwasser nachgewiesen, die auf Grund der Höhe des Rheins in Basel als extrem oder schwer eingestuft werden können. Vom Zeitpunkt ihres Eintretens, ihrem räumlichen Schwerpunkt und von ihren Ursachen her lassen sie sich grob drei Kategorien zuweisen (Tab. 1–3), wobei extreme Ereignisse fett hervorgehoben sind. Anschliessend an die

Tab. 1. Extreme und schwere Hochwasser des Rheins (Basel) im Sommerhalbjahr mit Schwerpunkt im Mittelland. **Fett:** extreme Ereignisse (PFISTER, 1998; PFISTER, 1999).

16. Jh.	1511 (1. Aug.) , 1515 (Aug.), 1542 (16. Aug.), 1560 (Juni/Juli), 1566 (Mai–Juli) , 1577 (Juni/Juli), 1584 (Juli), 1585 (Juli)
17. Jh.	1609 (Juni), 1629 (Juli), 1640 (Juni/Juli), 1664 (Aug.), 1673 (Juni) , 1679 (19. Juli)
18. Jh.	1716 (Juli), 1720 (Juni–Aug.), 1770 (Aug.), 1817 (Juni, Juli)
19. Jh.	1817 (6. Juli) , 1851 (Juli/August), 1853 (Juli), 1855 (Juli)
20. Jh.	1953 (27. Juni), 1972 (18. Juli), 1994 (25. Mai)

Tab. 2. Extreme und schwere Hochwasser des Rheins (Basel) in den Wintermonaten mit Schwerpunkt im Mittelland. **Fett:** extreme Ereignisse (PFISTER, 1998; PFISTER, 1999).

16. Jh.	1506 (Dez.), 1570 (12. Dez.) , 1589 (Dez.)
17. Jh.	1618 (Febr.), 1651 (Dez.)
18. Jh.	1711 (Febr.) , 1740 (20. Dez.), 1755 (Dez.)
19. Jh.	1801 (31. Dez.) , 1882 (Dez.)
20. Jh.	1918 (24. Dez.), 1972 (23. Nov.)

Tab. 3. Hochwasser im Sommerhalbjahr mit Schwerpunkt am Alpennordhang. **Fett:** extreme Ereignisse.

16. Jh.	1529 (14. Juli), 1585 (26. Aug.), 1595 (14. Juni)
17. Jh.	1618 (14. Sept.), 1640 (Sept.)
18. Jh.	1720 (9. Juni), 1733 (15. Sept.), 1758 (26. Juli) , 1762 (10. Juli) , 1764 (22. Aug.)
19. Jh.	1852 (17. Sept.) , 1876 (13. Juni) , 1881 (2. Sept.), 1890 (2. Sept.)
20. Jh.	1910 (16. Juni) , 1999 (12. Mai)

Tabellen wird jeweils ein extremes Hochwasser für jede der drei Kategorien vorgestellt.

Hochwasser im Sommerhalbjahr mit Schwerpunkt im Mittelland sind auf starke, vorwiegend westwindbedingte Niederschläge im Mittelland bei gleichzeitiger ergiebiger Schneeschmelze in den Bergen zurückzuführen. In der «Kleinen Eiszeit» stellten sich diese Bedingungen meist anfangs Juli, in sehr kalten Hochsommern (1511, 1542, 1770, 1821) erst im August, in den 1990er Jahren schon im Mai ein. Weitaus die meisten Hochwasser dieses Typs sind in den Sommermonaten mit einer deutlichen Spitze im Juli nachgewiesen: Besonders ergiebig war die Schneeschmelze, gemessen an der Dauer der Hochwasserwelle in Basel und jener des Hochstandes des Bodensees, in den Jahren **1566** (PFISTER, 1999; PFISTER, 2005), 1770 sowie 1817 und 1999 (PFISTER und SCHMID, 2000), vermutlich auch 1629.

2.1 Die Überschwemmung vom Sommer 1566

Im Einzugsgebiet des Rheins war die Überschwemmung im Sommer 1566 die gewaltigste in den letzten fünf Jahrhunderten: Der Winter 1565/66 gehört zu den schneereichsten seit 1500. Im Voralpen- und Alpengebiet ertranken die Kühe buchstäblich im Schnee, als man sie von einem Heustall zum anderen führen wollte, und der Schnee war auch zu tief, um Heu mit Schlitten heranzuführen. Für das auf 1000 bis 1600 m gelegene Hügelland des Schwarzwaldes sind Schneehöhen von 3 m überliefert. Vergleichbare Schneemengen sind seither nur vom Winter 1998/99 bekannt. Die Wetterlage im Lawinenwinter 1999 (Februar) zeigt grosse Ähnlichkeit mit jener vom Februar 1566 (PFISTER, 2005).

Als Ursache erwähnt der Berner Chronist Johannes Haller die ausserordentlich ergiebige Schneeschmelze, während der Luzerner Naturforscher und Staatsmann Renward Cysat dagegen «überflüssig ragenwetter» im Juni, also anhaltende Niederschläge, hervorhebt. Johann Gottlieb Schrämlin schreibt in seiner Thuner Chronik, die Flüsse seien im Juni «durch

starke Regengüsse und die grosse Masse des geschmolzenen Schnees angeschwollen», so wie diese auch bei der schweren Überschwemmung vom 15. Mai 1999 der Fall war. Dagegen trat der Thunersee 1566 nicht über die Ufer, weil Simme und Kander, die weitaus bedeutendsten Wasserlieferanten, vor dem Kanderdurchstich von 1714 noch nicht in den See flossen. In Luzern stand der Vierwaldstättersee dreissig Tage lang nur eine Handbreit unterhalb der Kappellenbrücke, im Dorf Brunnen verkehrten Kähne von einem Haus zum anderen, und von Flüelen aus konnte man, wie beim Hochwasser 1987, mit Nachen mehr als einen Kilometer weit gegen Altdorf rudern. In Lindau stand der Bodensee, wie KOBELT (1926) anhand einer Hochwassermarkenachse nachweist, nahe dem Rekordstand vom Juni 1817. In Basel flutete der Rhein ungefähr sechs Wochen lang anderthalb Fuss (ca. 45 cm) unterhalb des niedrigeren Jochs der Brücke. Das Wasser beschädigte die Brücke so schwer, dass diese im folgenden Jahr unter hohen Kosten repariert werden musste. Dies deutet darauf hin, dass die Fluten höher reichten als bei den anhand von Pegeln geschätzten Abflussspitzen vom September 1852 und vom Juni 1876 (PFISTER, 2005). Als «Jahrtausendereignis» gilt die Flut von 1342 (BORK und HERMANN, 1988).

Winterliche Hochwasser sind auf anhaltende, vorwiegend westwindbedingte Niederschläge zurückzuführen, die oft mit der Schmelzung erheblicher Schneemassen im Mittelland einhergingen (PFISTER, 1999).

2.2 Die Überschwemmung vom 1. Dezember 1651

Wie Abt Gallus II. berichtet, fiel in der Nacht vom 21. auf den 22. November in St. Gallen (670 m) tiefer Schnee, der (im Tal?) durch den Föhn aber wieder schmolz. Am 29. November setzte warmer Regen ein, der auch am folgenden Tag anhielt. Die warmen Winde und der Regen dürften den Schnee bis in höheren Lagen geschmolzen haben, wodurch die vom Regen- und Schmelzwasser angeschwollenen Flüsse über die Ufer traten. In der Ostschweiz schwemmten sie viele Brücken weg. In Bern stieg die Aare nach den Beobachtungen von Berchtold so stark an, dass Bewohner in den tiefer gelegenen Teilen des Matte-Quartiers (wie 1910 und 1999) mit Kähnen evakuiert werden mussten. Die Ebene westlich der Stadt Solothurn war nach dem Bericht des solothurnischen Stadtschreibers Franz Haffner drei Tage lang alles «einem See oder Meer gleich» (PFISTER, 1985).

Nachdem bereits die ganze Vorstadt von Solothurn im Wasser stand, verkeilte sich in der Nacht zum 1. Dezember eine grosse Menge Schwemmholz an der Aarebrücke, was den Fluss seitlich in die Stadt ausbrechen liess. In höchster Not gelobte die Burgerschaft, auf diesen Tag jeweils eine Messe lesen zu lassen, worauf zwei Joche der Brücke barsten, das Holz weggeschwemmt wurde und das Wasser in der Stadt fiel (vgl. Abb. 2).

Anhand einer Hochwassermarkenachse am ehemaligen Zunfthaus zu Schiffleuten hat MOSER (1984) errechnet,



Abb. 2. Ex Voto-Bild in der Spitalkirche Solothurn.

dass die Aare damals um 6,6 Meter über dem Pegelnullpunkt stand.

Am Schönbeinhaus fehlt eine Hochwassermarken für dieses Ereignis. Andererseits ist eine extreme Überschwemmung für 1641 eingetragen, die in den Quellen nicht nachgewiesen ist. Dies führt zur Vermutung, dass hier ein Kopierfehler des Steinhauers (1641 anstatt 1651) vorliegt.

Überschwemmungen am Alpennordhang ergeben sich, wenn – ausgehend von einem Tief über dem Golf von Genua oder über der Adria – warmfeuchte Luftmassen aus dem Mittelmeerraum im Gegenuhrzeigersinn zur Alpennordseite geführt werden und sie dort durch eine kalte Nordströmung gegen die Alpen gelenkt werden. Diese Lage dürfte den meisten herbstlichen Überschwemmungen zu Grunde gelegen haben; sie ist aber auch für Ereignisse im Früh- und Hochsommer nachgewiesen (z. B. 13. Juni 1876 (PFISTER, 1999), 16. Juni 1910 (PFISTER und SCHMID, 2000)). Mit Blick auf die Hochwassermarken am Schönbeinhaus wird ein weiterer Kopierfehler des Steinhauers vermutet: In dieser Zusammenstellung fehlt nämlich die Überschwemmung vom 10. Juli 1762 (KRAPF, 1900). Andererseits findet sich eine Hochwassermarken unter dem Jahr 1726, für das sich keine entsprechenden Belege in den Quellen finden.

2.3 Mittelbünden unter der Sintflut (3./4. September 1890)

Ende August 1890 floss sehr kalte Luft zum Alpennordrand, während vom Mittelmeer her warmfeuchte Luft gegen die Alpen geführt wurde. Der Schwerpunkt des Niederschlagsgebiets lag wahrscheinlich über den östlichen Zentralalpen und über dem Rheintal. In Reichenau wurden 555 l/m², in Engelberg und auf dem San Bernardino 505 l/m² und in Altstätten SG 411 l/m² Niederschlag gemessen. Das sind Werte, die seither nie mehr registriert worden sind. Diese Niederschläge sind in Bezug auf die Menge derart selten, dass die dadurch entstandenen Hochwasserabflüsse und Erdschlipfe als natürliche Folge zu betrachten sind (PFISTER, 1999). Neben dem bündnerischen Rheingebiet war das Gebiet um Chur und das St. Galler Rheintal schwer betroffen (RÖTHLISBERGER, 1991, 1998).

2.4 Hochstände des Bodensees seit 1800

Abschliessend sollen alle extremen Überschwemmungen anhand der Hochwasser des Bodensees (anhand des Pegels in Lindau) (Abb. 3) und der Überschwemmungen in Basel in ihrem zeitlichen Verlauf betrachtet werden.

Das maximale Hochwasservolumen vom Sommer 1817 ist auf eine doppelte Schnee-



Abb. 3. Hochwasserstände des Bodensees 1800–2000. Die Säulen kombinieren die maximale Höhe des Seespiegels mit der Dauer der Überschwemmung und vermitteln so einen Eindruck von der Grösse der Hochwasservolumina.

schmelze in den Alpen nach dem «Jahr ohne Sommer» (1816) zurückzuführen (PFISTER und SCHMID, 2000). Auffällig ist die unregelmässige Verteilung der Überschwemmungen in Form von Paketen (1816–1823, 1849–1855, 1876–1877), zwischen denen längere Perioden ohne Hochwasser liegen (besonders 1910–1999).

Die Basler wurden bis um 1880 im Durchschnitt alle 9,5 Jahre von den Fluten des Rheins heimgesucht (vgl. PFISTER, 1999: Fig. 4.4.): Dann verlangsamte sich der Rhythmus der schweren Überschwemmungen. Die Interpretation dieser Entwicklung ist schwierig, weil die abflussbildenden Prozesse durch gegenläufige Eingriffe beeinflusst wurden: So haben die Regulierung der Alpenrandseen, der Bau von Kraftwerken und Aufforstungen die Entstehung schwerer Hochwasser tendenziell vermindert, während die Urbanisierung und die Verdichtung der Böden durch den Einsatz landwirtschaftlicher Grossmaschinen die Abflüsse beschleunigt haben (PFISTER, 1999). Für die Zukunft ist mit einer grösseren Häufigkeit von winterlichen Überschwemmungen zu rechnen (FREI et al., 2000).

3 NIEDRIGWASSER

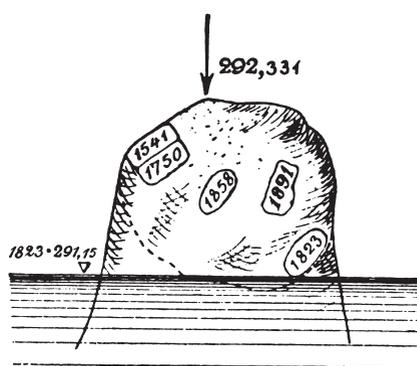
Niedrigwassermarken waren auf dem Laufenstein bei Laufenburg eingemeisselt. Das Städtchen Laufenburg liegt ca. 35 km östlich von Basel, und zwar nach der Einmündung der Aare in den Rhein. Die dortigen hydrologischen Voraussetzungen sind mit jenen in Basel somit weitgehend vergleichbar. Der Laufenstein lag bei Niedrigwasser von $< 300 \text{ m}^3/\text{sec}$ trocken (Abb. 4). Die Höhenlage des Laufensteins wurde kurz vor 1900 durch den Ingenieur Heinrich Walter vermessen. WALTER (1901), der über die Stromschnellen von Laufenburg dissertierte, hat in diesem Rahmen die auf dem Stein eingemeisselten Jahreszahlen der Nachwelt überliefert. Dies, kurz bevor der Laufenstein im Zusammenhang mit dem Bau des Kraftwerks Laufenburg in den Jahren 1908–1912 gesprengt wurde (N.N., 1983). WALTER (1901) entzifferte 10 Jahreszahlen, die auf dem Stein eingekerbt



Abb. 4. Bei extremem Niedrigwasser kam der Laufenstein im Flussbett zum Vorschein. Er wurde im Zusammenhang mit dem Bau des Kraftwerks Laufenburg 1908–1912 gesprengt.

waren: 1541, 1692, 1750, 1764, 1797, 1823, 1848, 1858, 1891 und 1893 (Abb. 5).

Dies dürfte ein schwieriges Unterfangen gewesen sein, das mit vielen Unsicherheiten verbunden war. Eine Überprüfung anhand der vorliegenden Berichte über Niedrigwasser in PFISTER (1985) und CHAMPION (1864) ergab, dass die Jahrzahl 1764 eher als 1714, die Jahrzahl 1797 als 1767, die Jahrzahl 1692 wohl als 1672 zu lesen ist. Anhand dieser Evidenz



Coten der Marken ü. M. :

1541 = 292,25;	1858 = 292,03
1750 = 292,25;	1891 = 291,87
1823 = 291,15;	1893 = 292,30.

Quelle: WALTER, 1901

Abb. 5. Zehn schwer entzifferbare Jahreszahlen waren auf dem Laufenstein eingekerbt. Sie umfassen die Periode 1541–1893.

konnte der Monat ermittelt werden, in dem der Laufenstein trocken gelegen haben mag. Für die Zeit ab 1808 ergab sich diese Möglichkeit einer Datierung anhand der erwähnten langen Pegelreihe; zusätzlich konnten die Abflüsse bestimmt werden, die zu einer Trockenlegung des Laufensteins führten (Tab. 4).

Tab. 4. Extreme Niedrigwasser des Rheins bei Laufenburg auf Grund der Angaben auf dem Laufenstein und zusätzlicher Evidenz.

Narrative Evidenz	Winter 1541, 1672? (März), 1714? (Jan.), 1750 (Febr.), 1767? (Jan.)
Tägliche Pegelmessungen Basel	1848 (26. Jan.), 1848 (27. Jan.), 1858 (28. Febr.), 1891 (16. Febr.), 1893 (Dez.)

Die provisorischen Ergebnisse der laufenden Forschungen in diesem Bereich werden im Folgenden wie folgt resümiert: Extreme Niedrigwasser wurden praktisch ausschliesslich in den Monaten Januar bis März registriert. In der Regel treten solche Situationen nach vier sehr niederschlagsarmen Monaten ein.

In der mit Pegelmessungen dokumentierten Periode 1808 bis 1893 entsprechen die Angaben auf dem Laufenstein täglichen Minima von $< 300 \text{ m}^3/\text{sec}$. Die Minima sind jedoch innerhalb der Kalibrationsperiode (1808 bis 1910) nicht vollständig.

Abfluss-Minima von $< 300 \text{ m}^3/\text{sec}$ sind seit 1910 nicht mehr dokumentiert. Dies wird als Folge der zunehmenden winterlichen Niederschläge im 20. Jahrhundert betrachtet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich Niedrigwasser durch eine Verbindung von narrativen Berichten, Niedrigwassermarken auf Steinblöcken und täglichen Pegelmessungen sehr wohl rekonstruieren lassen. Weitere Forschungen werden zeigen müssen, ob und in welcher Weise sich extreme Niedrigwasserstände in Grosswetterlagen abbilden.

(Über Extremwasser s. auch VISCHER, in diesem Werk).

4 NACHTRAG: DIE SINTFLUT VON ENDE AUGUST 2005

Kurz vor Drucklegung dieses Bandes wurden weite Gebiete der Schweiz vom bisher schwersten Hochwasser seit 1800 überflutet: Damit diese Katastrophe in die Geschichte der Hochwasser des Rheins eingeordnet werden kann, ist diese zusätzliche Druckseite für einen Nachtrag zur Verfügung gestellt worden. Die vorliegenden Überlegungen haben – allein von der begrenzten Verfügbarkeit der benötigten Daten her – provisorischen Charakter und dürfen durch spätere Untersuchungen überholt und präzisiert werden.

Auslöser der Katastrophe war ein Tiefdruckgebiet vom Typ «Fünf-b». Dieses Kürzel bezeichnet einen Wirbel, der durch einen Kaltluftvorstoss nach Südwesten in den Golf von Genua abgedrängt wird, von wo er nach Osten weiterzieht. Wie Satellitenbilder zeigen, lag das Tief Norbert am 21. August über der nördlichen Adria. Warm-feuchte Mittelmeerluft floss zwischen dem 21. und dem 23. August vom Balkan nach Nordwesten zur Alpennordseite. Dort traf sie mit einer kalten Nordströmung zusammen, die sich nach Süden ablenkte. Im Gebiet zwischen dem Simmental und dem Walensee strömte dieses Luftgemisch gegen die Alpen, wodurch gewaltige Regenmengen frei gesetzt wurden. So prasselten in Meiringen binnen 48 Stunden $205 \text{ Liter}/\text{m}^2$ nieder, mehr als üblicherweise im ganzen Monat August. Da die Böden von vorangehenden Niederschlägen bereits gesättigt waren, floss ein Grossteil dieses Wassers durch Bäche und Flüsse zu Tale: Die Aare führte zeitweise $360 \text{ m}^3/\text{sec}$, die Lutschine über $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ in den Brienersee. Dies bei einem maximal möglichen Abfluss von $250 \text{ m}^3/\text{sec}$. Thuner- und Brienersee stiegen deshalb über alle bisher bekannten Höchststände hinaus, der Sarnersee um ganze 97 cm. Die wassergesättigten Hänge gerieten vielerorts ins Rutschen. Die reissenden Gewässer führten grosse Mengen an Schwemmholz mit sich. Dieses staute sich an Brücken und Engstellen und liess die Fluten seitlich austreten. Der enorme Schwemmholz-

anfall kann nicht nur der mangelnden Pflege der Wälder angelastet werden; sind doch ähnliche Beschreibungen auch aus Zeiten bekannt, wo Brennholz teuer und die Wälder entsprechend «aufgeräumt» waren (vgl. Abb. 2). Engelberg wurde von der Umwelt abgeschnitten, die Bahnverbindungen ins Simmental, nach Interlaken, in die Lütschinentäler und über den Brünig wurden unterbrochen. Teile von Interlaken und Luzern sowie das Mattequartier in Bern standen tief im Wasser, verwüstet wurden namentlich Oey, Lütschental, Brienz, Meiringen sowie fluss- und seenahe Gebiete in den Kantonen Uri, Ob- und Nidwalden.

Vom Zeitpunkt und von der räumlichen Lage der Schadengebiete her ist die Katastrophe am ehesten mit dem Hochwasser vom 18. September 1852 vergleichbar. Damals schwoll der Rhein in Basel zum Höchststand der vergangenen 500 Jahre an. Die Wassermassen stammten jedoch zumeist von den Flüssen im Mittelland, das in seiner ganzen Länge vom Bodensee bis nach Genf von Überschwemmungen betroffen war. Die Fluten wurden damals von «anhaltenden Südwestwinden» begleitet. Der Meteorologe Ralph Rickli vermutet als Ursache eine langgestreckte von Südwest nach Nordost durch das Mittelland verlaufende, quasi stationäre Kaltfront mit offenem Warmluftsektor.

Im Unterschied zu 1852 stieg der Rhein in Basel bei der Katastrophe vom August 2005 nicht zu einem Höchststand an, weil die Alpenrandseen und die seit dem späten 19. Jahrhundert durch die Juragewässerkorrektur verbundenen drei Jurarandseen die Flutwelle abmilderten. Die Kosten des Desasters werden mit 2,5 Milliarden Franken beziffert. Damit ist es bei weitem das kostspieligste in den letzten 200 Jahren. Die Schäden von Privaten sind grösstenteils durch Gebäude- und Mobiliarversicherungen gedeckt, in Härtefällen springt die Glückskette ein. Dagegen müssen die Schäden an der Infrastruktur – rund 550 Millionen – von den Steuerzahlenden getragen werden. Die meisten Klimamodelle stimmen dahingehend überein, dass als Folge des verstärkten Treibhauseffekts in Zukunft häufiger mit solchen Extremen zu rechnen ist.

5 LITERATUR

AEBISCHER, H. 1997. Räumlich-zeitliche Analyse der Rhein-Hochwasser im 20. Jahrhundert. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Universität Bern.

BERNOULLI, A. 1902. Die Anonyme Chronik der Mailänderkriege 1507–1516. In: «Basler Chroniken», Bd. 6. Basel.

BRAZDIL, R., PFISTER, C., WANNER, H., VON STORCH, H. & LUTERBACHER, J. 2005. Historical Climatology in Europe – The State of the Art. *Climatic Change* 70, 363–430.

BORK, H.-R. & HERMANN, A. 1988. Bodenerosion und Umwelt – Verlauf, Ursachen und Folgen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Bodenerosion; Bodenerosionsprozesse; Modelle und Simulationen. Braunschweig.

CHAMPION, M. 1864: Les inondations en France depuis le VI^e siècle jusqu'à nos jours. 6 Bde. Paris.

DEUTSCH, M. 2004. «...und konnte sich keiner an solche Fluthen erinne.» – Zur Untersuchung schwerer historischer Hochwasser der Saale im Zeitraum von 1500 bis 1900. In: «Wasserhistorische Forschungen. Schwerpunkt Hochwasserschutz/Elbe», C. OHLIG (Hg.), pp. 117–141. Siegburg (Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft (DWhG) e. V., Bd. 4).

FREI, C., DAVIES, H., GURTZ, J. & SCHÄR, C. 2000. Climate dynamics and extreme precipitation and flood events in Central Europe. *Integrated Assessment*, 281–299.

GHEZZI, C. 1926. Die Abflussverhältnisse des Rheins in Basel. Mitteilungen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft 9. Bern.

GLASER, R. & STANGL, H. 2004. Climate and Floods in Germany since AD 1000: Data, Methods, Results and Consequences. *Surveys in Geophysics*, 1–26.

GREBNER, D. & RICHTER, K.G. 1991. Gebietsniederschlag: Ereignisanalysen 1987 und Abhängigkeitscharakteristiken. In: «Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Ergebnisse der Untersuchungen», Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4, Zürich, pp. 23–40.

KAN, K. 1995. Die höchsten in der Schweiz beobachteten Abflussmengen bis 1990. Eine Untersuchung der zeitlich-räumlichen Variabilität. In: «Publikation Gewässerkunde», Geographisches Institut

- der Universität Bern, Gruppe für Hydrologie, Band 169, Bern.
- KOBELT, K. 1926. Die Regulierung des Bodensees. Hochwasserschutz, Kraftnutzung und Schifffahrt. Bern.
- KRAPF, P. 1900. Geschichte des Rheins zwischen dem Bodensee und Ragaz. Schriften des Vereins für die Geschichte des Bodensees 29, 119–222.
- MOSER, W. 1984. Aarepegel, Meereshöhe und Hochwassermarken in der Stadt Solothurn. Jurablätter 1984, 157–169.
- N.N. 1983. 75 Jahre Kraftwerke Laufenburg 1908–1983. Aarau.
- PFISTER, C. 1985. Witterungsdatei CLIMHIST. Schweiz 1525–1863. Bern (METEOTEST).
- PFISTER, C. 1998. Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen 1496–1995. Unter Mitarbeit von Daniel Brändli. Schlussbericht zum Projekt 4031-33198 des NFP 31. Zürich (VdF).
- PFISTER, C. 1999. Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen 1496–1995. Haupt, Bern.
- PFISTER, C. 2004. Von Goldau nach Gondo. Naturkatastrophen als nationale Mobilisierungsereignisse. In: «Katastrophen und ihre Bewältigung», C. PFISTER & S. SUMMERMATTER (Hgg.), pp. 53–78. Haupt, Bern.
- PFISTER, C. 2005. Die Überschwemmung von 1566. In: Berns mächtige Zeit. Das 16. und 17. Jahrhundert neu entdeckt, HOLENSTEIN (Hg.). Bern (im Druck).
- PFISTER, C. & SCHMID, F. 2000. Historische Analogfälle. In: «Hochwasser 1999. Analyse der Ereignisse», Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) (Hg.), Bern, 121–126.
- RIMA, A. 1962. Sulle oscillazioni periodiche dei deflussi del Reno a Basilea St. Alban (1808–1957). Rivista Tecnica della Svizzera italiana 5, 1–12.
- RÖTHLISBERGER, G. 1991. Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL 330. Birmenstorf.
- RÖTHLISBERGER, G. 1998. Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL 346. Birmenstorf.
- TÜMMERS, H. J. 1999. Der Rhein. München.
- WALTER, H. 1901. Über die Stromschnelle von Laufenburg. Diss. phil. II. Zürich.

Prof. Dr. C. Pfister, Historisches Institut, Abteilung WSU, Unitobler, CH-3000 Bern 9,
E-Mail: pfister@hist.unibe.ch