Internationales Symposion
INTERPRAEVENT 1992 - BERN
Tagungspublikation, Band 1, Seite 105 - 116

HISTORISCHE HOCHWASSER IN DER SCHWEIZ - URSACHEN UND JAHRESZEITLICHE VERTEILUNG

Historic floods in Switzerland - Causes and seasonal distribution

Gerhard Röthlisberger und Hans M. Keller

Zusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit 119 historischen Hochwassern der Schweiz aus der Zeit von 1401 bis 1990. Es wurden insbesondere Ursachen und jahreszeitliche Verteilung sowie die Häufung und Schadendichte von katastrophalen Ueberschwemmungen untersucht. Das Ziel war, Trends und mögliche Zusammenhänge aufzuspüren und zu erklären. Die 119 extremen Unwetter beschränken sich auf Ereignisse, die durch Gewitter, Dauerregen oder Schneeschmelze verursacht wurden. Sie werden gegliedert nach Häufigkeiten innerhalb der verschiedenen Klimaphasen, nach Ursachen und nach Jahreszeiten. Flutwellen, welche primär durch Rutschungen, Bergstürze oder Gletscherausbrüche verursacht wurden sowie weniger schwere Hochwasserereignisse werden nicht berücksichtigt.

Es wird versucht, Trends und Zusammenhänge im schweizerischen Unwettergeschehen während der letzten 590 Jahren aufzuzeigen und auf aktuelle Fragen über einen möglichen Einfluss von Klima und Wittterung auf Hochwasserhäufungen eine Antwort zu finden.

Summary

This paper analyses 119 historic floods in Switzerland which occurred between 1401 and 1990. Causes and seasonal distributions as well as clusters of frequent occurrence were of special interest. The aim was to find interrelationships and trends. Only floods caused by snowmelt, thunderstorms or those due to longlasting heavy rains were included in the study. Frequencies, causes and seasonal distributions were compared with the climatic phases.

Eventhough some indications for trends and relationships are mentioned, it remains difficult to show trends of flood occurrence during the last 590 years in Switzerland. Also no conclusive answers can be given to the question of the influence of the climate on clusters of frequent flood occurrence.

1. Einleitung

Die Häufung extremer Hochwasser seit Mitte der 70er Jahre war Anlass, Informationen über historische Hochwasser in der Schweiz zusammenzutragen (PFISTER UND HAECHLER, 1990; RÖTHLISBERGER, 1991). Um rezente Hoch-

wasser besser in den Zusammenhang mit früheren Ereignissen stellen zu können, werden speziell die Ursachen, soweit sie bekannt sind sowie die jahreszeitliche Verteilung betrachtet. Damit sollen Rückschlüsse auf mögliche klimatische Veränderungen gezogen werden. Als Ursachen stehen in dieser Arbeit Gewitter, Starkniederschläge, Dauerregen sowie Schneeschmelze im Vordergrund. Vor dem 15. Jahrhundert ist das uns zur Verfügung stehende Quellenmaterial dürftig und mangelhaft. Es fehlen oft genauere Angaben über jahreszeitliches Auftreten, Ursachen und Schadenorte der verheerenden Hochwasser. Ausserdem sind die Aufzeichnungen aus historischen Quellen sehr heterogen und uneinheitlich und somit nur bedingt vergleichbar mit dem umfassenden Quellenmaterial aus neueren Zeiten. Ab dem 18. Jahrhundert ist die Aussagekraft und Ausführlichkeit der historischen Quellen bedeutend grösser und die Anzahl beschriebener Ereignisse deutlich höher als im 15. bis 17. Jahrhundert. Dies sollte bei den folgenden Interpretationen berücksichtigt werden. Mit dem Ziel, möglichst differenzierte Aussagen über Veränderungen in Ursache und jahreszeitlichem Vorkommen der Hochwasser zu machen, werden folgende Einschränkungen vorgenommen:

- Hochwasser in der heutigen Schweiz vom 15. Jh. bis 1990.
- Von den über 1700 in der Dokumentation von ROETHLISBERGER (1991) zur Verfügung stehenden Hochwasser werden nur 119 schwere bis katastrophale Ereignisse in diese Untersuchung einbezogen.
- Datum und Ursache müssen bekannt sein.
- Die regionale Verteilung, die Folgeschäden und die Kosten für deren Behebung spielen in diesem Beitrag eine untergeordnete Rolle.
- Flutwellen oder Murgänge, die durch Rutschungen, Bergstürze und Gletscherausbrüche verursacht wurden, sind nicht berücksichtigt.

Da sowohl jahreszeitliche Verteilung wie Ursachen keineswegs gleichmässig über die Jahrhunderte verteilt sind, kommt der Variabilität im Zusammenhang mit den Klimaschwankungen grosse Bedeutung zu. Allerdings liegen bei diesen Analysen historischer, extremer Hochwasser keine vollständigen Zeitreihen zur statistisch sauberen Auswertung vor.

2. Methoden und Datenerfassung

Damit die historisch erwähnten Ereignisse konsequent erfasst werden können, werden sie mit Hilfe der nachstehend aufgeführten Kriterien bewertet und in Klassen eingeteilt. Die Grenzen zwischen diesen Klassen sind fließend und widerspiegeln den persönlichen Blickwinkel des Erstautors.

2.1 Ausmass und Schadenstärke

- leichte bis mittelschwere Schäden, zumeist wenig bedeutend und lokal begrenzt. Die Sachschäden pro Ereignis würden sich nach dem heutigen Geldwert auf unter SFr.2 Mio belaufen. Die Bewertung in Schweizerfran-

ken gilt für die heutige Situation und Sicht (Vergleichbarkeit zerstörter Objekte, überschwemmter Flächen, erwirtschaftbarem Aufwand, Todesopfern u.a.). Aus Platzgründen wurde auf diese Kategorie nicht näher eingegangen.

- schwere **(s)** Schäden und bedeutende Ereignisse mit Sachschäden von schätzungsweise 2 - 20 Mio SFr. nach heutigem Geldwert. Lokal können Gebiete unter anderem auch sehr schwer betroffen worden sein.
- sehr schwere **(ss)** beziehungsweise bedeutende und grosse Schadenereignisse. Die Sachschäden pro Ereignis würden sich im Rahmen von 20 bis 100 Mio SFr. bewegen. Lokal können einzelne Regionen auch katastrophal betroffen worden sein. In der Regel sind Menschenleben zu beklagen.
- katastrophale **(k)** Schäden von Grossereignissen, meist über viele Kantone hinweg, mit Todesopfern und enormen Sachschäden in der Höhe von schätzungsweise über 100 Mio SFr. nach heutigem Geldwert.

2.2 Ursachen

Die schadenauslösenden Ursachen werden in folgende drei Gruppen zusammengefasst:

- Gewitter, meist kurze intensive Regengüsse, Platzregen, Wolkenbrüche, sowie 'sintflutartige' Niederschläge.
- starker Dauerregen, zumeist mehrere Tage anhaltende schwere Regenfälle, 'langwieriges Regenwetter' sowie nasse Witterung.
- Schneeschmelze, zumeist verbunden mit anhaltenden Niederschlägen oder Starkregen.

2.3 Jahreszeitliche Verteilung (siehe auch Abbildung 4)

Die Monate werden im Allgemeinen folgenden Jahreszeiten zugeteilt: Frühjahrsmonate sind März bis Mai, Sommermonate Juni bis August, Herbstmonate September bis November sowie die Wintermonate Dezember bis Februar. Für längerdauernde Ereignisse mit überlappenden Saisonzeiten gelten folgende Einteilungen: Frühjahr ab Mitte März bis Mitte Juni, Sommer ab ca. Mitte Juni bis Mitte September, Herbst ab ca. Mitte September bis Mitte Dezember und Winter ab ca. Mitte Dezember bis Mitte März.

3. Klimaphasen

1401 bis etwa 1524

Variables Klima mit einer Reihe von kalten und 'unsteten' Jahren, unterbrochen von milden und 'wohlfeilen' Phasen (SCHALLER-DONAUER, 1937)

1525 bis etwa 1565

Die mit Mass und Zahl erfassbare Klimageschichte der Schweiz beginnt erst um 1525 mit einer Warmphase von vier warmen und trockenen Jahrzehnten (PFISTER, 1984). Die Temperaturen bewegten sich auf dem Niveau der Periode 1901 - 60. Die Sommermonate waren etwas wärmer und trockener als heute, die Winter etwas kühler aber auch trockener. Eine durchgehende Schneebedeckung im tieferen Mittelland fehlte. Damit könnte die Selten-

heit katastrophaler Ueberschwemmungen erklärt werden.

Ungefähr 1566 bis 1601

Ab etwa 1560/65 verschlechterte sich das Klima zusehends. Die Temperaturen sanken in allen Jahreszeiten signifikant. Mitteleuropa wurde wiederholt durch arktische Luftmassen überflutet. Der Zürichsee überfror zwischen 1561 - 1573 viermal. Am augenfälligsten waren die Vorstösse der Alpengletscher. Die Sommermonate wurden kühler und feuchter als heute. Auch die Winter- und Frühjahresmonate verzeichnen eine spürbare Zunahme der Kälte bei etwa gleichbleibenden Niederschlägen. Die Verhältnisse in den Herbstmonaten veränderten sich kaum.

1602 bis 1629

Diese Periode zeichnete sich durch eine grosse Variabilität des Klimas aus: extrem warme oder kalte beziehungsweise trockene oder nasse Zeiten hielten sich nahezu die Waage. Die Mittelwerte täuschen eine Rückkehr zu 'normalen' Verhältnissen nur vor. Das Charakteristische dieser Periode war somit nicht der Mittelwert sondern die Variabilität. Die sommerliche Kalt- und Feuchtphase dauerte an, allerdings weniger ausgeprägt.

1630 bis 1687

Kennzeichen dieser Trockenperiode ist der signifikante Abkühlungstrend und die Niederschlagsarmut der Winter - und Frühjahresmonate. Hervorstechendstes Merkmal ist jedoch weniger die Kälte als eher die Trockenheit sowie eine gewisse 'Normalisierung' des Witterungscharakters mit selten werdenden Anomalien.

1688 bis 1701

Höhepunkt der 'Kleinen Eiszeit': Ganz Europa wurde von einem einmaligen Temperatursturz heimgesucht, vermutlich infolge temporärer Abschwächung der Sonneneinstrahlung (PFISTER, 1984).

1702 bis 1730

Es setzte eine anhaltende Wiedererwärmung zu allen Jahreszeiten ein. Die Variabilität der Temperaturen und der Niederschläge im Sommer vergrösserte sich in einem Wechsel von heiss-dürren zu kalt-nassen Sommern.

1731 bis 1811

Diese Periode zeigte kontinentale Tendenzen: Kalte, trockene Winter- und Frühlingsmonate kontrastierten häufig mit kurzen, warm-feuchten Sommern und kühlen Herbsten, speziell in den Jahren 1755 - 1790. Die Sommertemperaturen waren etwas über dem Niveau des 20. Jahrhunderts.

1812 bis 1860

Diese Phase wird als Kaltperiode eingestuft. Die Jahrestemperaturen blieben weit unter dem Mittel des 20. Jahrhunderts. In Basel waren nur zehn von 49 Jahren so warm wie heute. In den Wintern dauerten Kälte und Trockenheit fort, wobei Extreme seltener wurden. Unfreundliche, im Gebirge schneereiche Sommer traten 1812-1817, 1829-1833 und 1851-1854 in Form von geschlossenen Serien auf. Das Niederschlagsgeschehen gliederte sich in eine 'Trockenphase'(1810 - 1830) und eine 'Feuchtphase' (1840-1860). In den Alpen stiessen die Gletscher um 1810-1820 und erneut um

1850 vor. Auffallend ist die Häufung von katastrophalen Ueberschwemmungen in den 1830er Jahren.

1861 bis 1900

Die kühle Periode dauerte fast bis Ende des 19. Jahrhunderts an. Die Sommer wurden zwar wieder etwas wärmer, blieben aber bis 1880 niederschlagsarm. Die Wintermonate verzeichneten erst gegen Ende des Jahrhunderts eine deutliche Zunahme der Temperaturen und der Niederschläge. Auffallend ist die Häufung von schweren und katatrophalen Ueberschwemmungen in den Jahren 1868 bis 1876.

1901 bis ca. 1960

Diese Periode wird als moderne 'Warmzeit' bezeichnet, wobei zwischen 1943 und 1952 der Höhepunkt und Wärmegipfel erreicht wurde. Auch die Frühjahres- und Sommermonate weisen nun einen positiven Trend auf, nachdem schon die Wintermonate gegen Ende des letzten Jahrhunderts wärmer wurden. Auffallend ist die Seltenheit von schweren Unwetterereignissen ab Anfang der 40er Jahre bis anfangs der 70er Jahre, was mit dem Höhepunkt des Wärmegipfels erklärt werden könnte.

1961 bis ca. 1974

Der seit der zweiten Jahrhunderthälfte beobachtete kurzfristige Temperaturrückgang deckt sich mit der Entwicklung in Europa und der gesamten nördlichen Hemisphäre (Abkühlung im hohen Norden und Vorstoss der polaren Wassermassen nach Süden). Ob damit das Klimaoptimum des 20. Jahrhunderts sein Ende gefunden hat und eine Rückkehr zu den Verhältnissen der 'Kleinen Eiszeit' zu erwarten ist, kann nicht vorausgesagt werden.

Ab etwa 1975

Anthropogene, in ihrer Auswirkung schwer einzuschätzende Einflüsse - wie Abholzen der tropischen Wälder, Bevölkerungsexplosion, Luftverschmutzung - könnten immer stärker in den Gang der Klimageschichte eingreifen und sie empfindlich stören und verändern (Treibhauseffekt ?).

Tabelle 1: Die wesentlichen Klimaphasen von 1401 bis 1990

Jahr	Charakteristiken	Jahr	Charakteristiken
1401-1524	Variables Klima	1731-1811	Kontinentalklima
1525-1565	Warmphase	1812-1860	Kaltperiode
1566-1601	Klimaverschlechterung	1861-1900	Kühle Periode
1602-1629	Variables Klima	1901-1960	Moderne Warmzeit
1630-1687	Trockenperiode	1961-1974	Temperaturrückgang
1688-1701	'Kleine Eiszeit'	1975-1990	Erwärmung durch
1702-1730	Wiedererwärmung		Treibhauseffekt (?)

Seit etwa Mitte des vergangenen Jahrhunderts werden Temperaturen weltweit und regelmässig gemessen. 1990 war das bislang wärmste Jahr (JONES, 1990). Damit setzt sich der seit Beginn der 80er Jahre beobachtete Trend

zu einem wärmeren Klima fort. Die Dekade war im Mittel 0,2 °C wärmer als die Periode 1950 bis 1980. Auch die erste Hälfte des Jahres 1991 war genau so warm wie 1990. Für eine geringfügige Abkühlung in der zweiten Jahreshälfte sorgte, gemäss PARKER (1991), der in diesem Jahrhundert grösste Vulkanausbruch auf den Philippinen. Der Trend zur Erwärmung hält also an.

4. Ergebnisse

4.1 Schadenstärke und -dichte

Wegen der recht unterschiedlichen Dichte und heterogener Aussagekraft des Quellenmaterials (rapide Zunahme der Aufzeichnungen erst ab etwa dem 18. Jh.) sind Vergleiche über die Jahrhunderte fast unmöglich und schwer zu interpretieren. Nimmt man hingegen die einzelnen Klimaphasen anstelle der Jahrhunderte - und gewichtet die Ereignisse nach Stärke (Tabelle 2) und Zeitspanne der Phasen - so ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild (Abbildung 1).

Tabelle 2: Die Gewichtung der Ereignisse nach Stärke

Stärke	Gewichtung	Anzahl Ereignisse	Punkte
katastrophal, **k**	1	28	28
sehr schwer, **ss**	2/3	76	51
schwer, **s**	1/3	15	5
Total (100%)		119	84

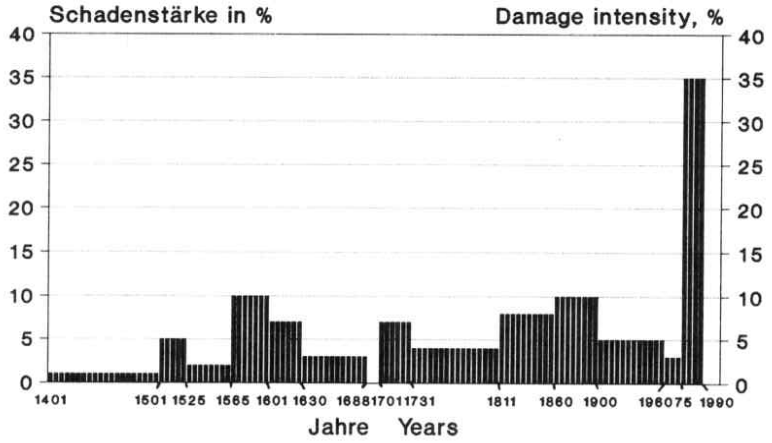


Abbildung 1: 119 historische Hochwasser in der Schweiz: Schadenstärken und Klimaphasen; nach Stärke (siehe Tab. 2) und Dauer der Klimaphase gewichtet. *119 historic floods in Switzerland: damage intensity and climate phases; all events are weighted as shown in Table 2 as well as according to the duration of the climate phase.*

- In der Phase der **Klimaverschlechterung** von etwa 1566 bis 1601 ist trotz unzureichendem Quellenmaterial eine hohe Schadendichte fest zustellen. Das gleiche gilt für die **kalt-kühlen** Perioden um etwa 1812 bis 1900. Einen Dichterekord stellen die Jahre 1975 bis 1990 dar. Ist dies eine Folge des Treibhauseffektes und/oder der Fülle des Quellenmaterials?
- Weniger häufig bis selten sind Hochwasser während der **Wärmephasen** 1525 bis 1565 und 1901 bis 1960 resp. bis 1974 sowie während der **Trockenperiode** 1630 bis 1687 und in der Phase des Kontinentalklimas 1731 bis 1811. Aufzeichnungen über schwere Hochwasser während der 'Kleinen Eiszeit' 1688 bis 1701 fehlen. Jedenfalls sind keine solchen in den Chroniken erwähnt. Eine Mittelstellung nehmen die Phasen der 'Variabilität' 1602 bis 1629 und der 'Wiedererwärmung' 1702 bis 1730 ein.

4.2 Ursachen

Betrachtet man die Ursachen der 119 Hochwasser insgesamt, so geht deutlich hervor, dass die Gruppe 'Gewitter' mit einem Anteil von 56% die dominante Rolle im Unwettergeschehen spielt (Abbildung 2). Die andern beiden Gruppen 'Dauerregen' und 'Schneeschmelze' sind knapp zu je einem Viertel verantwortlich für schwere Hochwasser. Es sei hier auch eingeräumt, dass die Ursachen etlicher Hochwasser nicht eindeutig festgelegt werden konnten.

Klimaphasen mit einer starken Dominanz der Ursachengruppe 'Gewitter' fallen vorwiegend in die warmen Perioden resp. in Perioden mit warmen Sommern. Diese sind: Warmphase (1525 - 1565); Kontinentalklima (1731-

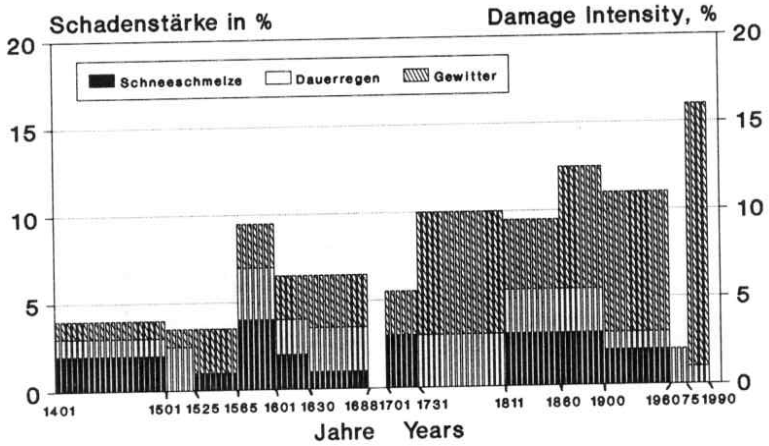


Abbildung 2: 119 historische Hochwasser in der Schweiz: Ursachen und Klimaphasen, gleichwertig gewichtet.
119 historic floods in Switzerland: Causes and climate phases; all events are given equal weight.

1811); Moderne Warmzeit (1901-1960) und ab 1975 (Klimaänderung durch Treibhauseffekt ?).

Klimaphasen mit einer ausgewogenen Vertretung aller drei Ursachengruppen finden sich vorwiegend in Perioden mit kalten, trockenen und variablen Tendenzen. Es sind dies die Perioden der Klimaverschlechterung resp. der Variabilität (1401-1524 und 1525-1565 resp. bis 1629), die Trockenperiode (1630-1687), die Periode der Wiedererwärmung (1702-1730) sowie die kalt-kühlen Phasen von 1812 bis 1900.

Ueber die Periode von 1401 bis 1524 kann anhand der wenigen historisch erfassten Hochwasser jedoch wenig ausgesagt werden. In der 'Kleinen Eiszeit' von 1688 bis 1701 konnten überhaupt keine katastrophalen Hochwasser eruiert werden.

4.3 Saisonale Verteilung

Aus den Untersuchungen über die saisonale Verteilung geht hervor, dass katastrophale Hochwasser zu allen Jahreszeiten vorkommen können. Die Eintreffenswahrscheinlichkeit in einer bestimmten Saison ist jedoch unterschiedlich. Wie zu erwarten konzentrieren sich die meisten Ereignisse auf die Sommermonate Juni bis August. Auch die Herbstmonate weisen einen recht hohen Anteil auf, speziell im 19. und 20. Jahrhundert.

Abbildung 3 zeigt diesen Sachverhalt aufgegliedert nach Klimaphasen:

- Eine starke Dominanz der Sommermonate erkennen wir in den Perioden der Klimaverschlechterung (1566-1601), des Kontinentalklimas (1731-1811), der kühl-kalten Phase von 1812 bis 1900 sowie in der Warmzeit (ab 1901), speziell in den Jahren 1975 - 1990. In den übrigen Klimaphasen ist die Dominanz weniger ausgeprägt.

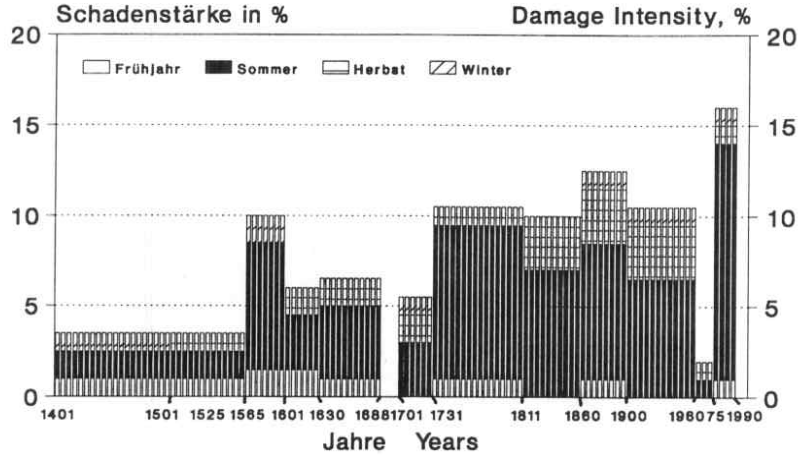


Abbildung 3: 119 historische Hochwasser in der Schweiz: Saisonale Verteilung und Klimaphasen, gleichwertig gewichtet.
119 historic floods in Switzerland: seasonal distribution and climate phases; all events are given equal weight.

- Die Herbstmonate fallen durch einen relativ hohen Anteil bei der kühlkalten Phase und der modernen Warmzeit (bis ca. 1960) auf. In neuester Zeit ist dieser Anteil jedoch wieder stark gesunken.
- Die Frühjahresmonate wiesen in den Klimaphasen vor der 'Kleinen Eiszeit' (vor 1688) kontinuierlich Hochwasserereignisse auf, treten aber seither - analog den Wintermonaten - nur noch sporadisch auf.

4.4 Monatliche Verteilung

Zur Verfeinerung der Aussagen wurde neben der Saison auch die Verteilung der 119 Hochwasser über die 12 Monate untersucht: Ist der genaue Monat unbekannt, also nur die Saison, werden den jeweiligen drei Monaten dieser Saison je 1/3 des Ereignisses angerechnet. Erstreckt sich ein Ereignis über 2 Monate, werden die beiden Monate je zur Hälfte gewichtet.

Der Monat August, gefolgt vom Juli und Juni, weisen insgesamt die meisten Hochwasserereignisse auf (siehe Abbildung 4). Demgegenüber zeigen die Monate Januar bis April sowie der Dezember die geringsten Anteile. Betrachtet man aber die ganze Zeitspanne von 1401 bis 1990, so stellt man recht unterschiedliche Verteilungen fest: Der Monat August ist im 15. und 17. Jahrhundert unbedeutend, im 19. und 20. Jahrhundert dagegen stark vorherrschend. Juni und Juli sind analog der gesamten Verteilung während der ganzen Zeit seit 1401 etwa gleich stark vertreten. Interessant ist der September, der - abgesehen vom ereignisarmen 15. Jahrhundert - in der ganzen Zeitspanne einen recht hohen Anteil einnimmt, speziell im 19. und 20. Jahrhundert. Recht aufschlussreich ist auch der Monat Mai (Schwerpunkt im 16. und 17. Jahrhundert) und der November mit einem Anteil von insgesamt 4%.

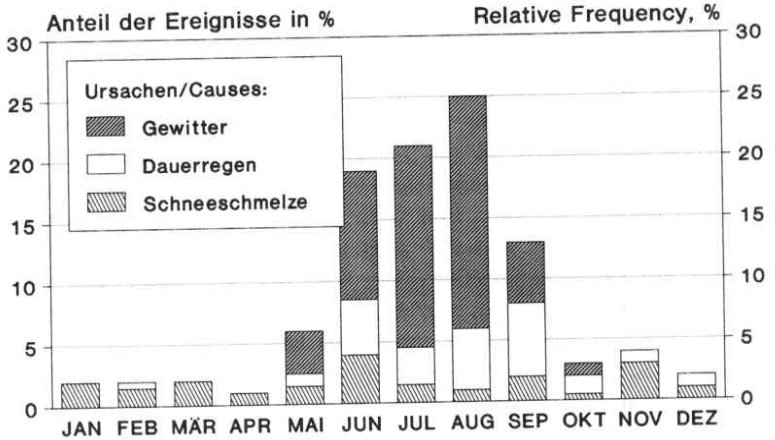


Abbildung 4: 119 historische Hochwasser in der Schweiz: Ursachen und monatliche Verteilung, gleichwertig gewichtet.
119 historic floods in Switzerland: causes and monthly distribution; all events are given equal weight.

Generell und mit vielen Ausnahmen lassen sich klimatisch folgende Tendenzen herauslesen: In Klimaphasen mit warmem und kontinentalem Klima ereignen sich Hochwasser vorwiegend in den wärmeren Monaten Mai bis September mit Höhepunkten im Juli und August.In kühlen und klimaverschlechternden Phasen treten vermehrt auch in den übrigen, kühlen Monaten verheerende Hochwasser auf. Ausnahmen bilden die Kaltperioden (1812-1860), wo in den Winter- und Frühjahresmonaten keine Grossereignisse registriert wurden (trockene und kalte Winter) sowie das warme 20. Jahrhundert mit Hochwassern auch im November, Januar und Februar. Die Trockenperiode von 1630 bis 1687 zeigt vorwiegend Sommerereignisse, was etwa unsern heutigen Erfahrungen entspricht. Eine grosse Variabilität weist der Monat August auf: Von 1401 bis 1730 spielt er in allen Klimaphasen - mit Ausnahme der Jahre 1566-1601 (Klimaverschlechterung) - eine eher unbedeutende Rolle. Ab 1731 bis heute, also in Zeiten des Kontinentalklimas sowie in kalten und warmen Phasen, wird der August jedoch zum dominanten Monat im Hochwassergeschehen.

5. Häufung von Hochwasserereignissen

Hier werden folgende aktuelle Fragen gestellt:

- Sind Häufungen, also überdurchschnittlich hohes Eintreten von Hochwasserereignissen, im Laufe der Jahrhunderte überhaupt vorgekommen? Sind sie trendmässig erkennbar?
- Besteht allenfalls ein Zusammenhang zwischen Häufungen und den jeweils vorherrschenden Klimaphasen?
- Zeichnen sich auch Veränderungen bei den Ursachen und der jahreszeitlichen Verteilung ab?
- Was sind mögliche Gründe?

Eine uralte Bauernregel besagt:'Kräht der Hahn auf dem Mist, so ändert sich das Wetter oder es bleibt wie es ist'. Dieser Regel folgend würde sich auch das Unwettergeschehen an keine starren Regeln halten. Dennoch zeigen sich deutlich gewisse Konzentrationen und Schwerpunkte im Unwettergeschehen der Schweiz in den vergangenen 5 Jahrhunderten (Abbildung 5): Häufungen von schweren und katastrophalen Hochwassern stellt man in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts, Mitte des 18. Jahrhunderts sowie im 19. Jh. und in neuester Zeit ab Mitte der 1970er Jahre fest. Vergleicht man diese Hochwasser-Häufungen mit den jeweiligen Klimaphasen, so ist kein Zusammenhang erkennbar. Es scheint also, dass solche Häufungen in allen Klimaphasen vorkommen können.

Umgekehrt trifft man 'ruhige' Phasen im 15. und 16. Jahrhundert (etwa wegen mangelndem Chronikmaterial?), während der 'Kleinen Eiszeit' und im Uebergang vom Kontinentalklima zur Kaltperiode an.

'Normale' Phasen treten in wärmeren Klimaperioden auf, so etwa in den Perioden der Wiedererwärmung und in der Modernen Warmzeit von 1901 bis 1974 (mit 'Lücken' in den 50er und 60er Jahren). 'Normale' Phasen sind auch im Klima der Variabilität und der Trockenperiode des 17. Jahrhun-

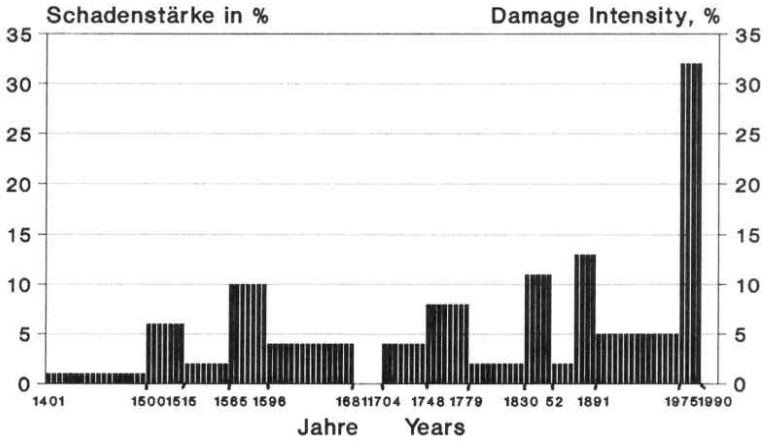


Abbildung 5: 119 historische Hochwasser in der Schweiz: Das Auftreten von Häufungen, nach Stärke (siehe Tab. 2) und Dauer der Periode gewichtet; *119 historic floods: Clusters of occurrence; all events are weighted as shown in Table 2 as well as according to the duration of the clusters.*

derts zu finden.

Zusammenfassend können obige Vergleiche so interpretiert werden, dass im Prinzip keine generellen Zusammenhänge bestehen zwischen Hochwasser-Häufungen und den jeweis vorherrschenden Klimaperioden.

6. Schlussbetrachtung

Für unsere Betrachtungen darf angenommen werden, dass Klima, Geologie, Topographie und somit auch Niederschlag, Abfluss, Erosion und Geschiebetransport 'naturgegebene' Grössen sind, und dass daher Ursachen und Abläufe von Katastrophen sich ähnlich verhalten.

Die Untersuchung zeigt, dass Klima und Wetter seit jeher starken Schwankungen unterworfen waren. Kalte, warme, trockene oder nasse Jahreszeiten werden seit den ersten Aufzeichnungen vor fast 1000 Jahren immer wieder registriert. Sie sind also keineswegs eine neue Erscheinung unserer Zeit.

Auch bei den Ursachen und saisonalen Verteilungen sowie bei Häufungen und ruhigen Phasen zeichnen sich im Hochwassergeschehen Veränderungen im Laufe der Zeit ab. Eine allgemein gültige Regel konnte jedoch nicht gefunden werden, es sei denn, dass sich das Unwettergeschehen an keine starre Regel hält.

Waren früher die Menschen schutzlos den Naturgefahren ausgeliefert, so versuchen wir heute, durch bauliche Aktivitäten das Schadenpotential in Grenzen zu halten. Dies gelingt uns aber - wie die kostspieligen Ueberschwemmungen der letzten Jahre zeigen- schlecht. Denn unter dem wachsenden Druck der Bevölkerungszunahme besiedeln und bewirtschaften wir immer

mehr gefährdete Gebiete und geraten dadurch in Konflikt mit den uns bedrohenden Naturvorgängen. Die abflussmässig oft ungünstigen Eingriffe des Menschen in die Landschaft (Begradigungen und Korrektionen der Flusssysteme, Verschwinden von natürlichen Wasserrückhaltegebiete, Versiegelung und Verdichtung der Böden usw.) richten sich gegen die gesetzmässigen Abläufe und Prozesse der Natur. Die Verdoppelung der Bevölkerung seit 1868, der steigende Lebensstandard und die Investitionen in die Infrastruktur (Industrie, Landwirtschaft, Verkehr) haben das Schadenpotential und somit die Schadenempfindlichkeit gegenüber Naturereignissen massiv erhöht.

Laut der Ursachenanalyse der Hochwasser 1987 (EVED und EDI, 1991) trägt der Mensch an dem Hochwasser des Katastrophensommers 1987 keine Schuld. Waldsterben, Planierung von Skipisten oder Bodenverdichtung und -versiegelung fallen als Ursache nicht in Betracht. Das Ausmass der Milliardenschäden in den Talebenen ist eindeutig die Folge menschlicher Besiedlung in gefährdeten Räumen.

Die Probleme bleiben ungelöst und die Meinungen, wie sie angegangen werden sollen, gehen auseinander.

'Früher luden sich die Menschen durch angeblich 'unsittliches' Benehmen den Zorn der Götter auf ihre Häupter, heute durch technische Masslosigkeit. Es wäre interessant zu philosophieren, was die Götter mehr erbost. (C.M. pers.com.)

7. Literatur

EVED (Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Wasserwirtschaft);EDI (Eidg. Departement des Innern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie) 1991: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Schlussbericht resp. Ergebnisse der Untersuchungen. Bern, Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale. 47, resp. 192 S.

Jones, P. 1990: Das heisseste Jahr seit 120 Jahren. Tagesanzeiger, Zürich, 27.Oktober 1990.

Parker, D. 1991: 1991 war besonders warm. Aargauer Volksblatt AV, Baden, 19.November 1991.

Pfister, C., 1984:Klimageschichte der Schweiz 1525-1860.Academia helvetica. Bern/Stuttgart, Haupt.Bd.I,184 S.Bd.II: 163 S.

Pfister,C.; Hächler,S.,1990:Hochwasserkatastrophen im schweizerischen Alpenraum seit dem 14. Jahrhundert. Bern, Historisches Institut Universität Bern; Bundesamt f. Wasserwirtschaft, 66S.

Röthlisberger,G.,1991:Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Ber. Eidgenöss.Forschungsanst. Wald, Schnee, Landschaft 330: 122 S.

Schaller-Donauer,A.1937: Chronik der Naturereignisse im Urnerland 1000-1800. Gotthard Post.Altdorf,Gamma.114 S.

Anschrift der Verfasser:
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
CH-8903 Birmensdorf