

2.7. Hochwasser

Armin Petrascheck

Niederschlag, Temperatur und Zustand des Einzugsgebiets spielen bei der Hochwasserbildung zusammen. Bei extremen Hochwassern werden die langjährigen Hochwasserspitzen deutlich übertroffen. Im 20. Jahrhundert zeigen die Hochwasserspitzen in der Schweiz keine einheitliche Zu- oder Abnahme. Die Klimaänderung kann aber die Hochwasserbildung durch die Temperaturerhöhung, Veränderungen beim Niederschlag und Veränderungen im Einzugsgebiet beeinflussen. In Gebieten des Mittellands, in denen heute schon Winterhochwasser auftreten, ist eine Zunahme der Hochwassergefahr wahrscheinlich. Bei hochalpinen Einzugsgebieten sind abflusserhöhende sowie -mindernde Faktoren zu beachten, so dass Veränderungen der Hochwassergefahr schwer vorhersagbar sind.

Einleitung und Definition

Hochwasser ist eine deutlich über dem Mittelwert liegende Abflussmenge. Ausgehend von den jährlichen Höchstwerten werden in der Hydrologie den Spitzenabflussmengen verschiedene Wahrscheinlichkeiten (Wiederkehrperioden) zugeordnet, so dass man von einem 10- oder 100-jährlichen Hochwasser (HQ10 oder HQ100) spricht. Ein HQ100 ist zwar ein seltenes Ereignis, aber nur dann ein Schadenereignis, wenn die Abflussmenge markant grösser als die meisten bisher beobachteten Werte ist. So zeigt der Vergleich der Hochwasserspitzen der Albula bei Tiefencastel und des Rheins bei Domat/Ems (Abbildung 39), dass die natürliche Variation zu beachten ist. Beim Rhein steigt bei einem 100-jährlichen Ereignis gegenüber einem 10-jährlichen Ereignis die Abflussmenge um 40% und der Wasserstand um 1.5 m. Im Gegensatz dazu ist ein 100-jährliches Ereignis der Albula nur um 20% grösser als ein 10-jährliches und der Wasserstand nur 25 cm höher.

Die Angabe der Wahrscheinlichkeit ist aus vielerlei Gründen notwendig, enthält aber keine Aussage über die Grösse der Abflussmenge und ihre Bedeutung für die Umwelt und den Menschen. Aus der Sicht der natürlichen Umwelt interessieren die Abflüsse, bei denen der Geschiebetrieb einsetzt, Auen benetzt werden oder das Flussbett

verändert wird. Dies sind in der Regel relativ häufige Ereignisse mit Wiederkehrperioden kleiner als 2 bis 10 Jahre. Sie verursachen meistens keine Schäden und werden deshalb kaum beachtet – das Ökosystem und auch der Mensch haben sich diesen relativ häufigen Ereignissen angepasst. Aus der Sicht des Menschen interessieren Abflüsse, bei denen der Fluss sein Bett verlässt und in genutzte Gebiete eindringt.

Extremereignisse übertreffen bisher beobachtete Hochwasser meist deutlich. Beispielsweise war der Abfluss der Urner Reuss 1987 mehr als 50% grösser als in den vorangehenden 90 Jahren. Noch extremer war die Situation beim Hochwasser der Langeten in Lotzwil im November 1975 (Abbildung 40), bei dem sämtliche Hochwasserspitzen seit 1924 um ein Mehrfaches übertroffen wurden. Solche Ereignisse formen das Gewässersystem um und überfluten Flächen, die weit über das normale



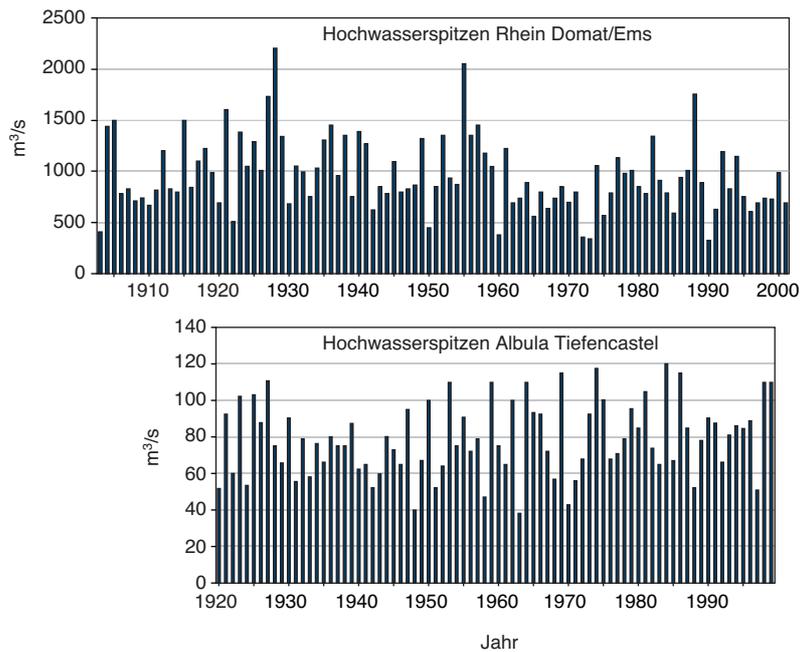


Abbildung 39: Die Hochwasserspitzen des Rheins bei Domat/Ems weisen eine grosse Variabilität auf. In der Periode 1899–1962 entsprach ein 10-jährliches Hochwasser einer Abflussmenge von 1550 m³/s und einem Pegelstand von 10.1 m. Bei einem 100-jährlichen Hochwasser war der Abfluss 43% grösser (2200 m³/s) und der Pegelstand 1.5 m höher (12.6 m). Im Gegensatz dazu sind die Hochwasserspitzen der Albulas bei Tiefencastel gleichmässiger verteilt und wird ein 100-jährliches Hochwasser kaum als extrem wahrgenommen. Ein 10-jährliches Hochwasser entspricht einem Abfluss von 105 m³/s und einem Pegelstand von 8.2 m; bei einem 100-jährlichen Hochwasser beträgt der Abfluss 130 m³/s und der Pegelstand 8.45 m.

Flussbett hinausgehen. Für die Natur sind diese Ereignisse ein Teil der Landschaftsdynamik. Für den Menschen handelt es sich dabei um grosse Schadenereignisse bzw. Naturkatastrophen.

Die Wahrnehmung von Hochwassern als Schadenereignisse wird durch Schutzbauten beeinflusst. So hat ein Abfluss der Saltina von 90 m³/s im September 1993 in Brig einen Schaden von ungefähr 500 Mio. SFr. verursacht. Im Oktober 2000 betrug der Abfluss 125 m³/s. Die in der Zwischenzeit erstellten Schutzbauten verhinderten jedoch grössere Schäden. Als Schadenereignis bleibt 1993 für Brig das grösste Hochwasser.

Voraussetzungen für die Hochwasserbildung

Hochwasser entstehen durch das Zusammenwirken von Niederschlag, Temperatur und Zustand des Einzugsgebietes.

In Flüssen mit grossen Einzugsgebieten (>300 km²) sind extreme Hochwasserereignisse mit frontalen Wetterlagen verbunden, die lang

andauernde Niederschläge mit sich bringen und das gesamte Einzugsgebiet überregnen (vgl. Kapitel 2.5.). Die grossflächigen Hochwasser von 1910 und 1999 sind auf nordalpin zentrierte, grossräumige Wetterlagen zurückzuführen und jene von 1987, 1993 und 2000 auf Südtaulagen. Für kleine Einzugsgebiete (<100 km²) bilden Sommergewitter die grösste Gefahr (Beispiel Sachseln 1997, Gantrisch 1990).

Es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen Niederschlagsmenge oder -intensität und der Grösse der Hochwasserabflussspitzen, denn je nach Vorgeschichte werden im Einzugsgebiet unterschiedliche Wassermengen gespeichert. So führte bei der Langeten (Abbildung 40) nicht nur ein ausserordentlicher Niederschlag zur extremen Abflussspitze, sondern

auch die Erschöpfung der Speichermöglichkeiten. Ähnlich starke Niederschläge wurden unter anderen Bedingungen durch Ausuferungen stark gedämpft.

In alpinen Lagen spielt die Temperatur eine wichtige Rolle. Bei einer tiefen Nullgradgrenze fällt ein Teil des Niederschlags als Schnee und fliesst nicht unmittelbar ab. So wurde das Wallis beim Hochwasser vom Oktober 2000 durch das Sinken der Nullgradgrenze von 3000 m auf 2600 m in der letzten Phase der Niederschläge vor noch schlimmeren Folgen bewahrt. Das vorübergehende Speichern des Niederschlags als Schnee vermindert den Abfluss. Umgekehrt erhöht die Schneeschmelze den Abfluss, wobei vor allem grosse Abflussmengen während 1 bis 2 Wochen zu erwarten sind und weniger die grossen Spitzenabflüsse. So hat im Frühjahr 1999 die Schneeschmelze zusammen mit starken, aber nicht ausserordentlichen Niederschlägen Höchststände bei den Alpenvorlandseen und Hochwasser des Rheins, der Thur und der Aare verursacht.

Trends im 20. Jahrhundert

Bei den Abflussspitzen der Hochwasser lassen sich in den Schweizer Flüssen keine einheitlichen Trends erkennen. Dies hängt auch mit der starken Beeinflussung der Gewässer durch den Menschen zusammen. So zeigt sich am Rhein bei Domat/Ems (Abbildung 39) der Einfluss des Ausbaues der Wasserkraft zwischen 1955 und 1970 in einer Verminderung der jährlichen Abflussspitzen. Andere Faktoren, wie Zunahme der Bewaldung und verstärkter Hochwasserschutz, beeinflussen die Abflüsse ebenfalls. Eine systematische Untersuchung des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft² zeigte an 73 Stationen keinen Trend und an je einer einen positiven und einen negativen Trend.

Der Nachweis von Trends für die sehr seltenen Extremereignisse ist auf statistischer Basis praktisch unmöglich (vgl. Kapitel 1.4.). Zurzeit fällt eine Häufung grosser Schadenereignisse (1987, 1993, 1999, 2000, 2002) auf. Allerdings gab es auch im 19. Jahrhundert vergleichbare Häufungen (1834, 1838, 1852, 1868). Bei der Betrachtung der langen Reihen und Chroniken fallen auch Perioden ohne nennenswerte Hochwasser auf, wie beispielsweise von 1940–1950. Für das episodische Verhalten gibt es bis jetzt nur Spekulationen und keine Erklärungen.

Einfluss der Klimaänderung auf Hochwasserprozesse

Die Klimaänderung kann die Hochwasserbildung über verschiedene Prozesse beeinflussen:

Einfluss der Temperaturerhöhung

In der Schweiz kann die Hochwassergefahr nicht unabhängig von der Lage der Nullgradgrenze diskutiert werden. Die Rolle des Schnees – einerseits als Rückhalt des Niederschlags, andererseits als Wasserlieferant bei der Schneeschmelze – ist besonders wichtig in den stark nach der Höhe gegliederten Einzugsgebieten der Alpen. Als Folge der Klimaerwärmung wird die Nullgradgrenze steigen und grössere Teile der Einzugsgebiete können überregnet werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Starkniederschlag mit einer hohen Nullgradgrenze zusammenfällt und

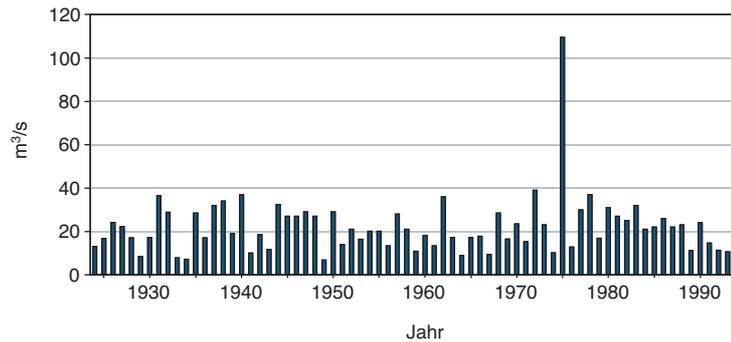


Abbildung 40: Grösste Sommer- und Winterhochwasserabflüsse der Langeten während der Beobachtungsperiode 1924–1993.¹

einen extremen Hochgebirgsabfluss verursacht, nimmt zu. Erhöht sich mit der Klimaänderung gleichzeitig die Niederschlagsmenge pro Ereignis, nehmen sowohl der Spitzenabfluss als auch die Wahrscheinlichkeit für ein Hochwasser zu. Sofern keine Schutzmassnahmen getroffen werden, kann die Hochwassergefahr im Sinne von häufigeren und grösseren Schadenereignissen zunehmen.

Veränderungen beim Niederschlag

Gemäss neusten Modellrechnungen ist im Alpenraum eine Zunahme der Niederschläge im Winter als Folge der Klimaänderung wahrscheinlich. In tiefen und mittleren Höhenlagen wird es vermehrt regnen und weniger schneien, weshalb im Mittelland die Häufigkeit der Winterhochwasser zunehmen wird. Davon ist vor allem der Rhein unterhalb von Basel betroffen. In der Schweiz sind begrenzte Flächen in den Kantonen Aargau, Thurgau, Basel-Landschaft, Jura und Zürich gefährdet. Ob die Zunahme nur die häufigen oder auch die extremen Ereignisse betrifft, hängt von der Veränderung der Häufigkeit und Intensität der frontalen Wetterlagen ab.

Im Frühling entstehen Hochwasser, wenn die Schneeschmelze mit Niederschlägen zusammentrifft. Die Wärmezufuhr im Frühjahr wird sich mit der Klimaänderung wahrscheinlich wenig ändern. Deshalb wird die Veränderung der Niederschläge einen grösseren Einfluss auf Hochwasser haben als die Schneeschmelze. Die Zunahme der mittleren Winterniederschläge führt in den hochalpinen Lagen zwar zu grösseren Schneemengen. Gleichzeitig wird aber die Schneebedeckung in den tieferen Lagen wegen höheren Wintertemperaturen abnehmen. Welcher Effekt für die Hochwasserbildung wichtiger ist,

hängt von der Höhengliederung des Einzugsgebiets, der mengenmässigen Zunahme der Winterniederschläge und der Häufigkeit von Wechsellagen zwischen Schneefall und Schneeschmelze ab. Die wegen der tiefen Wintertemperaturen „Hochwasser-freien“ Perioden werden jedenfalls verkürzt.

Kleine Einzugsgebiete sind meist im Zusammenhang mit Sommergewittern von Hochwassern betroffen. Für die Intensität und die Menge des Niederschlages ist die lokale Thermik entscheidend. Hypothesen über eine Zu- oder Abnahme sind spekulativ. Häufigkeitsänderungen aufgrund der Wetterlagen machen sich eher bei den Hagelschäden (vgl. Kapitel 2.6.) als beim Hochwasser bemerkbar.

Veränderungen im Einzugsgebiet

Als Folge der Klimaänderung ziehen sich in hochalpinen Lagen Gletscher und Permafrost zurück. Dadurch kann mehr Geschiebe mobilisiert werden. Zusätzlich beeinflussen Veränderungen der Vegetation, wie beispielsweise eine Erhöhung der Waldgrenze, die Bodenbildung. Diese Vorgänge können Flussläufe umgestalten und die Hochwassergefahr verändern. Sie sind aber sehr langsam: Veränderungen beim Permafrost erfolgen über Jahrzehnte bis Jahrhunderte, Veränderungen bei der Bodenbildung dauern Jahrhunderte bis Jahrtausende.

Schneller bemerkbar wird der Effekt sein, dass Pflanzen bei höheren Temperaturen mehr

Wasser verdunsten. Die Bodenspeicher leeren sich dadurch rascher, was sich dämpfend auf die Hochwasserbildung auswirken kann. Diese dämpfende Wirkung wird vor allem bei den häufigen Hochwassern spürbar sein sowie in alpinen und voralpinen Lagen, wo Sommerhochwasser auftreten und keine signifikanten Änderungen der Sommerniederschläge erwartet werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Eine erhöhte Hochwassergefahr ist vor allem in jenen Gebieten des Mittellandes zu erwarten, in denen zurzeit Winterhochwasser massgebend sind. Die vorhergesagten höheren Winterniederschläge und ein geringerer Schneeanteil in Höhenlagen zwischen 1000 und 1500 m lassen das Hochwasserrisiko steigen. In hochalpinen Lagen mit typischen Sommerhochwassern kann der Anstieg der Nullgradgrenze zu einer Verlängerung der Periode führen, in der Niederschlag ohne Schneeanteil fällt und Hochwassergefahr besteht. Wieweit eine erhöhte Evapotranspiration in den tieferen Lagen diese Effekte wieder kompensiert, ist schwer vorhersehbar.

- 1 Spreafico M. und K. Stadler, Hochwasserabflüsse in schweizerischen Gewässern: Abflussmessreihen mit mehr als 30 Jahren in den Einzugsgebieten des Rheins und der Aare. Band I, Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie Nr. 7, Bern, 1986.
- 2 Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.], Hochwasser, Spektrum Wasser 1, München, 80 S., 1998.