Hydrologische Extreme im Wandel der Jahrhunderte – Auswahl und Dokumentation für die Informationsplattform Undine

Daniel Schwandt, Gerd Hübner

Zusammenfassung

Das Auswahlverfahren hydrologischer Extremereignisse, die in der Informationsplattform Undine dokumentiert werden, wird am Beispiel des Rheins vorgestellt. Extreme Hoch- und Niedrigwasserereignisse großer Flüsse werden anhand von Durchfluss-Zeitreihen bzw. gedruckten und ungedruckten Quellen extrahiert und in folgende Kategorien eingeteilt: A: durchgängige Extrem-Hoch-/Niedrigwasser, B: in Teilabschnitten extreme Hoch-/Niedrigwasser, C: weitere bemerkenswerte Hoch-/Niedrigwasser.

1. Einführung

Die Informationsplattform Undine (http://undine.bafg.de/) hält für interessierte Laien und Fachleute vielfältige Informationen zu hydrologischen Extremen bereit: kompakte Beschreibungen historischer und aktueller Hoch- und Niedrigwasserereignisse, Stammdaten und aktuelle Messwerte ausgewählter Pegel und Gütemessstationen, gewässerkundliche Basisinformationen sowie Verweise auf weiterführende Informationen (Portalfunktion).

Die Informationen werden durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) für die grenzüberschreitenden Ströme Elbe, Rhein, Oder und Donau zusammengestellt. Schwerpunktmäßig wird angestrebt, die Datengrundlage zur Einordnung hydrologischer Extreme zu verbessern, die überregionale Betrachtung der Ereignisse durch einheitliche Darstellung der bedeutsamen Gütemessstationen und Pegel zu ermöglichen und den Vergleich der Ereignisse zu erleichtern. Die Auswirkungen hydrologischer Extreme auf die Gewässerbeschaffenheit werden ebenso thematisiert wie quantitative hydrologische Aspekte. Eine ausführlichere Beschreibung der Informationsplattform Undine ist in SCHWANDT et al. (2006, 2007) enthalten.

Für die Einordnung aktueller Hoch- und Niedrigwasserereignisse sind Informationen und Vergleiche zu vergangenen Ereignissen unerlässlich. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, auf welcher Grundlage und nach welchen Kriterien eine nachvollziehbare, methodisch übertragbare und pragmatische Auswahl der Extremereignisse aus der Vielzahl vergangener Hoch- und Niedrigwasser eines Stromgebiets erfolgen kann. Die für die Informationsplattform Undine angewandten Methoden werden am Beispiel des Rheins beschrieben und Ergebnisse dargestellt.

2. Auswahl hydrologischer Extreme für die Informationsplattform Undine

Gemäß der grundlegenden Konzeption und Zielsetzung der Informationsplattform Undine sollen dort vor allem die mehr oder weniger am gesamten Strom aufgetretenen hydrologischen Extremereignisse dokumentiert werden. Grundsätzlich wird daher ein vom Oberbis zum Unterlauf reichender Stromabschnitt für die Auswahl und Klassifizierung als relevant angesehen. Der oberste zur Ereignisauswahl betrachtete Strompegel liegt in der Regel im unteren Abschnitt des Fließgewässeroberlaufs und besitzt potentiell bereits eine hohe

Relevanz für das Hoch-/Niedrigwassergeschehen am gesamten Strom. Der unterste ausgewählte Pegel befindet sich am ungeteilten Strom oberhalb des Ästuarbereichs und oberhalb von Tideeinflüssen. Pro Flussabschnitt (Ober-, Mittel-, Unterlauf) werden (1 bis) 2 möglichst weit auseinanderliegende Hauptpegel mit möglichst lang zurückreichender Durchflussdatenreihe ausgewählt.
Als Informationsgrundlage für die Auswahl hydrologisch bedeutsamer Ereignisse dienen langjährige Tageswertreihen des Durchflusses. Im Gegensatz zum Wasserstand ist der Durchfluss an einem Pegel (vertrauenswürdige Messungen vorausgesetzt) über Dekaden und Jahrhunderte vergleichbar. Ältere Ereignisse, für die keine Durchflussdaten vorliegen, werden anhand gedruckter und ungedruckter Quellen ausgewählt (Literatur und Archivalien, wie z.B. Ereignisbeschreibungen, Berichte, Behördenakten, Bilder und Karten).

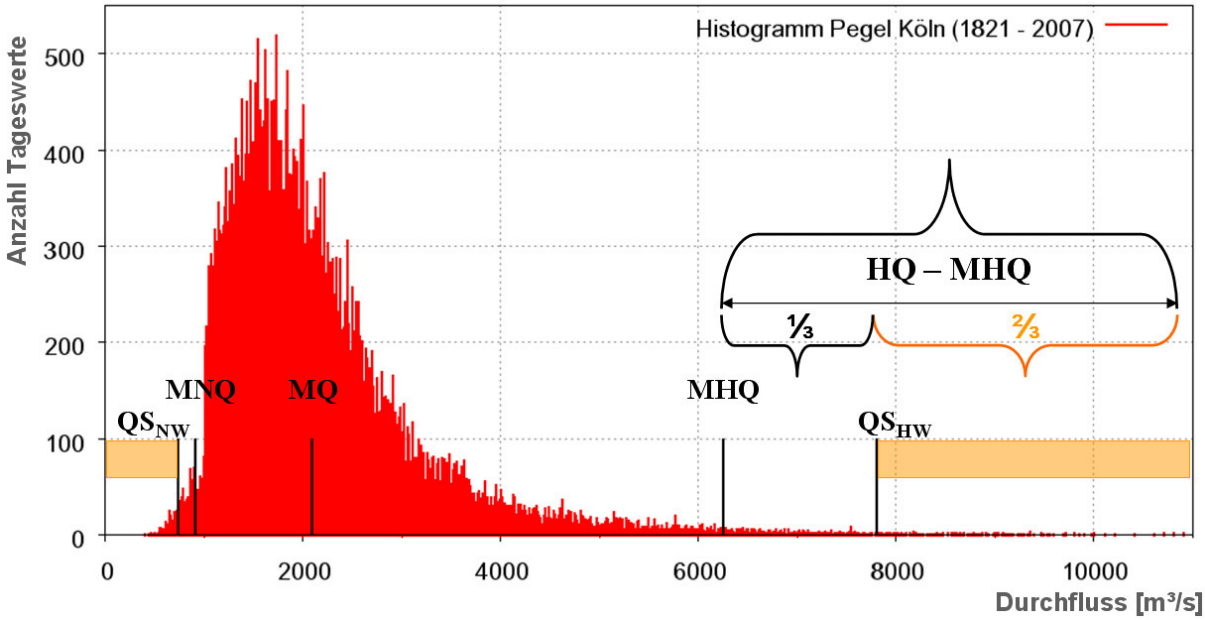


Abb. 1: Histogramm der Tageswertreihe des Durchflusses am Pegel Köln (1821 – 2007)

2.1 Berechnung pegelspezifischer Schwellenwerte

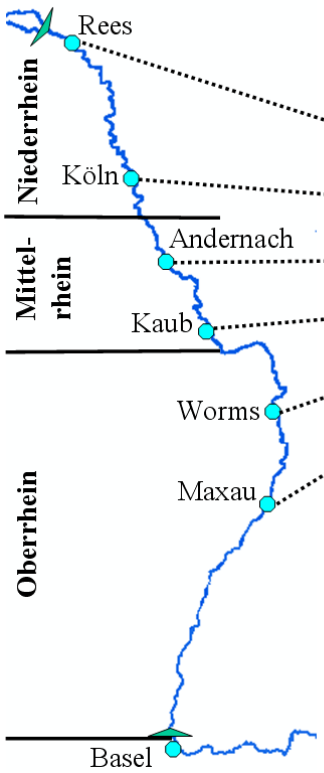
Bei der Auswahl bedeutender Hoch- und Niedrigwasserereignisse für die Informationsplattform Undine werden in einem ersten Schritt pegelspezifische Schwellenwerte für die Hochwasserbetrachtung (QS_{HW}) und Niedrigwasserbetrachtung (QS_{NW}) berechnet, die den Bereich zwischen dem langjährigen mittleren höchsten Durchfluss (MHQ) und dem höchsten Durchfluss (HQ) der Zeitreihe bzw. den Bereich zwischen dem langjährigen mittleren niedrigsten Durchfluss (MNQ) und dem niedrigsten Durchfluss (NQ) der Zeitreihe weiter einengen, um auf die extremen Ereignisse zu fokussieren (siehe Abbildung 1).

Schwellenwert für Hochwasserbetrachtung: $QS_{HW} \geq MHQ + \frac{1}{3}(HQ - MHQ)$

Schwellenwert für Niedrigwasserbetrachtung: $QS_{NW} \leq MNQ - \frac{1}{3}(MNQ - NQ)$

Für die Betrachtung des Stromabschnittes Oberrhein – Mittelrhein – Niederrhein standen die Pegel Maxau, Worms, Kaub, Andernach, Köln und Rees (alle mit einer Tageswertreihe des Durchflusses von 1821-2007) zur Verfügung. Für den Pegel Rees lagen keine Daten im Zeit-

raum 01-10/1832, 1834 und 1842-1853 vor. Nach Berechnung der pegelspezifischen Schwellenwerte QS_{HW} und QS_{NW} wurde für jeden Pegel eine Liste der voneinander unabhängigen Hoch- bzw. Niedrigwasserereignisse mit maximalen Durchflüssen oberhalb des Schwellenwertes QS_{HW} bzw. minimalen Durchflüssen unterhalb des Schwellenwertes QS_{NW} aus der Datenreihe extrahiert. Abbildung 2 zeigt exemplarisch für das Hochwasser 1995 und das Niedrigwasser 1822/23 die errechneten Schwellenwerte für alle betrachteten Pegel und die dortigen ereignisspezifischen maximalen bzw. minimalen Durchflüsse (Tageswerte).
Die Anzahl der extrahierten Ereignisse schwankt von Pegel zu Pegel und ist für Hochwasserereignisse der Tabelle 1 zu entnehmen. An den ausgewählten Rhein-Pegeln erfüllen 32 (Pegel Andernach) bis 43 (Pegel Maxau) Hochwasserereignisse das Schwellenwertkriterium.



Hochwasser Januar 1995			Niedrigwasser 1822/1823		
Q_{max} [m³/s]	QS_{HW} [m³/s]	Rang	Q_{min} [m³/s]	QS_{NW} [m³/s]	Rang
11700	8199	2	648	851	10
10800	7797	2	496	738	6
10100	7903	7	673	749	24
6520	5206	7	534	585	16
4190	3974	27	424	542	4
3770	3468	28	351	445	5
durchgängiges Extrem-Hochwasser			durchgängiges Extrem-Niedrigwasser		

Pegel
betrachteter Stromabschnitt

Abb. 2: Durchfluss, pegelspezifischer Schwellenwert und pegelspezifischer Rang zweier Extremereignisse an den betrachteten Rheinpegeln (Rang 1: höchster bzw. niedrigster Durchfluss)

2.2 Klassifizierung der Ereignisse

Aus der Anzahl der Ereignisse, die an allen betrachteten Pegeln das Schwellenwertkriterium erfüllen, kann eine Teilmenge ausgewählt werden, die an mindestens zwei von drei Stromabschnitten (Ober-, Mittel- und Unterlauf) zu den extremsten Ereignissen der Zeitreihe gehören (bei einer Zeitreihe von ca. 200 Jahren findet sich das Ereignis an mindestens einem Pegel des Stromabschnitts unter Rang 1 bis 20, zählt dort also zu den 20 extremsten Ereignissen). Ereignisse dieser Teilmenge werden als „durchgängiges Extrem-Hoch-/ Niedrigwasser“ bezeichnet und in die Kategorie A eingeordnet (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Hochwasserereignisse am Rhein im Zeitraum 1821-2007, die an ausgewählten Pegeln das Schwellenwertkriterium QS_{HW} erfüllen. Angegeben sind jeweils Monat und Jahr des Ereignisses. Rang 1: höchster Durchfluss. „Durchgängige Extrem-Hochwasser“ der Kategorie A sind farbig gekennzeichnet. Weitere Erläuterungen im Text.

	Oberrhein		Mittelrhein		Niederrhein	
Pegel/ Rang	Maxau	Worms	Kaub	Ander-nach	Köln	Rees
1	12/1882	01/1955	04/1845	01/1926	01/1926	01/1926
2	01/1955	05/1983	03/1988	11/1882	01/1995	01/1995
3	05/1999	03/1988	01/1883	03/1845	12/1993	12/1993
4	02/1970	05/1978	02/1850	01/1920	01/1920	01/1883
5	11/1944	11/1824	02/1970	02/1850	11/1882	01/1920
6	06/1876	04/1983	11/1882	12/1993	01/1948	12/1882
7	05/1983	12/1919	01/1995	01/1995	03/1845	03/1988
8	09/1881	01/1880	01/1920	11/1924	05/1983	03/1876
9	10/1880	02/1999	02/1862	02/1970	02/1850	02/1970
10	09/1852	02/1970	12/1993	01/1948	02/1970	05/1983
11	05/1978	02/1990	05/1983	05/1983	03/1988	11/1998
12	11/1824	12/1993	04/1983	12/1882	04/1983	01/2003
13	02/1990	01/1883	01/1955	01/1955	01/1955	01/1920
14	12/1919	02/1980	01/1926	04/1983	11/1924	01/1955
15	05/1970	11/1944	12/1919	02/1844	01/1883	04/1983
16	03/1988	03/1896	03/1988	03/1988	01/2003	01/1948
17	02/1980	11/1880	03/1876	01/1920	03/1876	11/1924
18	02/1999	03/1845	11/1824	03/1876	01/1920	03/1958
19	03/1896	08/1851	02/1999	11/1824	11/1998	12/1880
20	11/1972	12/1947	03/2001	01/2003	02/1980	02/1946
21	12/1918	06/1876	02/1980	02/1862	03/2001	02/1862
22	09/1968	03/2001	01/1982	02/1958	02/1958	03/2001
23	06/1995	02/1850	01/1948	02/1980	02/1844	03/1942
24	04/1983	03/1988	11/1924	03/2001	02/1862	02/1980
25	08/1851	05/1999	03/1942	11/1930	11/1824	11/1930
26	05/1872	02/1862	03/1831	11/1998	02/1984	11/1824
27	06/1910	01/1995	12/1833	01/1846	11/1930	02/1830
28	01/1995	02/1958	01/1834	12/1833	11/1824	02/1945
29	02/1877	03/1956	11/1824	11/1824	01/1846	02/1867
30	06/1987	06/1987	01/2003	01/1941	01/1948	02/1984
31	02/1957	09/1852	02/1876	03/1942	01/1880	11/1944
32	01/1910	01/1920	05/1978	02/1984	03/1942	12/1833
33	08/2007	05/1970	11/1998		12/1833	02/1876
34	07/1910	11/1882	11/1944		03/1988	01/1948
35	06/1953	01/1834	02/1958		02/1999	03/2002
36	09/1897	01/1834			02/1867	01/1994
37	11/1944	03/1876			01/1982	03/1988
38	06/1965	03/2002			02/1876	
39	05/1930				12/1880	
40	06/1986				01/1834	
41	09/1831				01/1941	
42	12/1991				01/1994	
43	05/1924					

Als eine weitere Kategorie B: „in Teilabschnitten extreme Hoch-/Niedrigwasser“ können Ereignisse ausgegliedert werden, die zwar an zwei von drei Stromabschnitten zur extremeren Hälfte der außergewöhnlichsten Ereignisse der Zeitreihe gehören (bei einer ca. 200-jährigen Zeitreihe befindet sich das Ereignis an beiden Stromabschnitten an mindestens einem Pegel auf den Rängen 1 – 10), in einem Abschnitt jedoch das Schwellenwertkriterium verfehlen.
Die Kategorie C umfasst: „weitere bemerkenswerte Hoch-/Niedrigwasser“, die aus anderen Gründen wie z.B. einer außergewöhnlich hohen Schwebstoffkonzentration betrachtenswert sind, obwohl sie von der Wasserführung weder als extrem noch als durchgehend bezeichnet werden können. In diese Kategorie fallen auch ausgesprochen regionale Rekord-Hoch-/ Niedrigwasser am Strom, die nur ausnahmsweise (z.B. aus Gründen der Aktualität) betrachtet werden.
Für Ereignisse des 18. Jahrhunderts und frühere Ereignisse gibt es nur spärliche bzw. keine Messwerte, so dass die Klassifizierung auf der Auswertung der oben genannten gedruckten und ungedruckten Quellen basiert. Dabei werden zeitnahe Quellen bevorzugt und die Grundlagen der kritischen Quellenanalyse beachtet. Ein durchgängig extremes Ereignis (Kategorie A) liegt vor, wenn das Ereignis für alle Teilabschnitte des Stromes (Ober- Mittel-, Unterlauf) als bemerkenswertes Hoch- bzw. Niedrigwasser dokumentiert und nach vertrauenswürdigen Quellen für wenigstens zwei Teilabschnitte als Extremereignis beschrieben wurde. Solche Beschreibungen gehen in der Regel mit vergleichenden Betrachtungen zu früheren Extremereignissen und Schilderungen der aufgetretenen Schäden einher. Hoch- oder Niedrigwasser, die laut der historischen Quellen offensichtlich an zwei Teilabschnitten des Stromes besonders extrem ausgeprägt waren, über die jedoch für den dritten Abschnitt keine oder nur stark relativierende Nachrichten gefunden wurden, werden der Kategorie B zugeordnet.

3. Ergebnisse

Für den Rhein konnten für den Zeitraum 1821-2007 folgende extreme Hochwasserereignisse ausgewählt werden: 9 Ereignisse der Kategorie A (vgl. Tabelle 1): 1995, 1988, 1983 (als Doppelhochwasser gemeinsam betrachtet), 1980, 1970, 1955, 1919/20, 1882/83, 1824, 3 Ereignisse der Kategorie B: 1993, 1925/26, 1845 und 2 Ereignisse der Kategorie C: 2005 (extreme Schwebstoffführung), 1876 (Hoch- und Oberrhein). Die Anzahl der klassifizierten Niedrigwasserereignisse für den gleichen Zeitraum ist deutlich höher: 21 Ereignisse der Kategorie A: 2003, 1972, 1971, 1962/63, 1959, 1954, 1949, 1947, 1921, 1920/21, 1908/09, 1871/72, 1865, 1864/65, 1858, 1853/54, 1848, 1845, 1832/33, 1830, 1822/23 und 1 Ereignis der Kategorie C: 1929 (Niederrhein). Die Auswahl und Kategorisierung für den vor 1821 liegenden Zeitraum erfolgte für den Rhein bislang nur exemplarisch (Kategorie A: 1784, 1342) und wird parallel zur Sichtung der Quellen fortgeführt.

4. Diskussion

Für eine einheitliche Klassifikation von Hochwasserereignissen aus Geschichte und Gegenwart existieren in der Fachliteratur je nach spezifischer Fragestellung unterschiedliche Verfahren (z.B. WITTE et al. 1995, MUDELSEE et al. 2003, POHL 2004). Die hier vorgestellte

Methodik weist vier grundsätzliche Charakteristika auf: das Verfahren bezieht sich auf sehr große Fließgewässer (Ströme) vom Ober- bis zum Unterlauf; es geht ausschließlich um die Auswahl und Klassifikation von Extremereignissen, kleinere und mittlere Hochwasser werden nicht betrachtet bzw. eingestuft; das Verfahren ist gleichermaßen auf Hoch- und Niedrigwasserereignisse anwendbar; aufwändige bzw. komplizierte statistische Berechnungen sind nicht notwendig.
Die Auswahl bedeutender Hoch- und Niedrigwasserereignisse des Rheins konnte nach dem beschriebenen Verfahren nachvollziehbar durchgeführt werden. Das Verfahren ließ sich mit identischen Auswahlkriterien auf die Elbe übertragen (http://undine.bafg.de/) und bildet die Grundlage für derzeitige Auswertungen zur Oder.

5. Dokumentation der Hoch- und Niedrigwasserereignisse

Zur Förderung des ganzheitlichen Verständnisses für den Themenkomplex „hydrologische Extreme“ erfolgt in der Informationsplattform Undine eine gemeinsame Präsentation von hydrometeorologischen, quantitativen und qualitativen gewässerkundlichen Aspekten in Verbindung mit der anthropozentrisch geprägten Bezifferung von Schäden. „Steckbriefe“ bedeutsamer Hoch- und Niedrigwasserereignisse enthalten eine Kurzdarstellung der Teilaspekte hydrometeorologische Ausgangssituation, Ablauf des Ereignisses, Schadensbilanz sowie stoffliche und hygienische Belastung, die beispielsweise durch Diagramme, Fotos oder historische Stiche illustriert werden. Zitierte und weiterführende Literatur/Quellen werden in thematisch geordneten Listen referenziert. Sofern das Originaldokument im Internet frei zugänglich ist, wird darauf verlinkt. Die Beschreibung ausgewählter Ereignisse ist zum Teil erfolgt und wird kontinuierlich fortgesetzt.

Literatur

MUDELSEE, M., M. BÖRNGEN, G. TETZLAFF & U. GRÜNEWALD (2003): No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. Nature 425: 166-169, London.

POHL, R. (2004): Historische Hochwasser aus dem Erzgebirge. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 28: 1-237, Dresden.

SCHWANDT, D., E. CLAUS, M. KELLER, P. KRAHE, K. WILKE & P. HEININGER (2007): Integrierte überregionale Darstellung kritischer Gewässerzustände in der Informationsplattform Undine. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. 20.07, Bd. 2: 119-122, Hennef.

SCHWANDT, D., M. KELLER, P. KRAHE, K. WILKE & P. HEININGER (2006): Die Informationsplattform Undine als Hilfsmittel für die Einordnung, Bewertung und Dokumentation hydrologischer Extreme. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. 15.06, Bd. 3: 113-116, Hennef.

WITTE, W., P. KRAHE & H.-J. LIEBSCHER (1995): Rekonstruktion der Witterungsverhältnisse im Mittelrheingebiet von 1000 n.Chr. bis heute anhand historischer hydrologischer Ereignisse. CHR/KHR Rapport/Bericht II-9: 1-69, Lelystad.

Beitrag veröffentlicht in:

SCHWANDT, D. & HÜBNER, G. (2009): Hydrologische Extreme im Wandel der Jahrhunderte - Auswahl und Dokumentation für die Informationsplattform Undine. - Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 26.09. S. 19-24, Hennef