

Historische Hochwasserentwicklung – Inhalte und Perspektiven

Iso Himmelsbach, Johannes Schönbein, Rüdiger Glaser, Dirk Riemann

Die Historische Hochwasserforschung ist ein noch relativ junges Teilgebiet der Historischen Klimatologie, das sich insbesondere in den letzten Jahrzehnten einen eigenständigen Platz innerhalb der Klimaforschung erarbeitet hat.¹ Ihr Ziel ist es, lange Reihen von Hochwasserereignissen zu bilden und extreme Ereignisse zu rekonstruieren, wozu ihr prinzipiell zwei Erkenntnispfade offenstehen: Für den langen und mittleren Zeithorizont von Tausenden von Jahren steht ihr der naturwissenschaftliche Zugang über die dendrochronologische Analyse von Althölzern aus den Auenbereichen der Flüsse offen, über die auf bis sehr weit in die Vergangenheit zurückreichende Hochwasserereignisse geschlossen werden kann. Für den mittleren und jüngeren Zeithorizont von rund 1.200 Jahren lassen sich die Reihen und Informationen über einen hermeneutischen Zugang auf der Basis von schriftlichen und gegenständlichen Quellen generieren. Damit stehen zwei voneinander unabhängige Proxies zur Verfügung, die auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen ihre Anwendung finden und zur wechselseitigen Verifikation herangezogen werden können.

Wie auch die Historische Klimatologie verfolgt die Historische Hochwasserforschung zunächst drei Hauptziele:

1. die Rekonstruktion vergangener Hochwasserereignisse auf der Basis direkter und indirekter Informationen in Schrift- und gegenständlichen Quellen, wie z. B. Hochwassermarken (insbesondere die Rekonstruktion von meteorologischen Ursachen und Schadensbildern) sowie natürliche Proxies (z. B. die Analyse von Baumringen);
2. die historische Hochwasserfolgenforschung (Auftrittshäufigkeiten, Lernprozesse, Entwicklung von Risiko mindernden Schutzstrategien);
3. die Wissens- und Kulturgeschichte im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen und den anthropogenen Eingriffen in das natürliche Abflussgeschehen der Flüsse.

Die Historische Hochwasserforschung ergänzt durch Hochwasserchronologien die Rekonstruktionen der langfristigen Temperatur- und Niederschlagsdaten und ist – indem sie Kategorien entwickelt, um die historischen Hochwasserereignisse in ihrer Schwere und ihren Folgen zu beschreiben – ebenso ein Teilbereich der Klimafolgenforschung wie auch der Wissens- und Kulturgeschichte des Klimas.

¹ Vgl. dazu: RÜDIGER GLASER, *Klimageschichte Mitteleuropas. 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*, Darmstadt 2013; CHRISTIAN PFISTER, *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496–1995)*, Bern 1999.

1. Holzanatomische Veränderungen als Hochwasserproxy für mittlere bis lange Zeitskalen

Die Analyse von Baumringen hat sich in den vergangenen Dekaden als ein veritables Werkzeug für die Klimarekonstruktion entwickelt. Bemerkenswert ist dabei nicht nur die Länge des überschaubaren Zeithorizontes, der für Südwestdeutschland mit dem Schwerpunkt auf dem Main auf über 10.000 Jahre zurückreicht, sondern auch die hohe zeitliche Auflösung der Chronologie, die nicht nur jährliche, sondern teilweise auch jahreszeitlich aufgelöste Informationen bietet. Die mikroskopische Auswertung von holzanatomischen Veränderungen innerhalb der Jahresringe ermöglicht wertvolle Aussagen über die Hochwasseraktivität der Vergangenheit. In der immer wiederkehrenden Diskussion um die Variabilität vergangener Hochwasserereignisse, besonders im Hinblick auf die These eines gehäuften Auftretens in Phasen sich verändernden Klimas, wie das von Rüdiger Glaser u. a.² beschrieben wurde, und auf die sich durch den anthropogenen Klimawandel daraus ableitende hohe Aktualität, ist ein Proxy, welches einen so langen Zeitraum überschaubar, überaus interessant.

Die Hochwasserrekonstruktion erfolgt dabei prinzipiell anhand der Auswertung von anormalen Holzstrukturen, denen extreme Klimaereignisse zugeordnet werden können, wie es von Robert Sigafos³ beschrieben wurde. Danach konnten folgende holzanatomische Merkmale mit Hochwasserereignissen in Verbindung gebracht werden:

- Anormal große Gefäße im Spätholz dienen als Anzeiger für Sommerhochwasser.
- Anormal kleine Gefäße im Frühholz dienen als Hinweis auf Frühjahrshochwasser.
- Verletzungen des Cambiums werden unter anderem durch mit dem Baum kollidierende Eisplatten verursacht und dienen als Hinweis auf Winterhochwasser.
- Die Bildung von Reaktionsholz – als Folge einer Schiefstellung des Baumes nach Erosionsereignissen – lässt sich ebenfalls als Hinweis auf Hochwasserereignisse interpretieren.

Im Gegensatz zu Baumringen, die das Klimasignal über einen längeren Zeitraum integrieren, bilden holzanatomische Veränderungen ihr Signal in vergleichsweise kurzer Zeit aus. Man kann hier einige Tage bis wenige Wochen annehmen.⁴ In Bewässerungsversuchen, bei denen die Wuchsveränderungen rezenter Baumindividuen mit den Präparaten aus subfossilen Hölzern der Hohenheimer Eichenchronologie verglichen wurden, kam man zu dem Ergebnis, dass die Wuchsreaktionen, die in den alten Hölzern beobachtbar sind, sich gezielt reproduzieren lassen.⁵ Abb. 1 zeigt beispielhaft eine durch Hochwassereinfluss in den Baumindividuen induzierte holzanatomische Veränderung – in diesem Fall eine zusätzliche Reihe von im Vergleich zu den ersten Frühholzgefäßen kleineren Leitgefäßen im Frühholz. Im oberen Teil der Abbildung ist ein Dünnschnitt aus einem im Jahr 1999 überschwemmten Standort in der Hartholzaue bei Au am Rhein dargestellt, im unteren Teil ein Beispiel eines Dünnschnittes, der aus der *Hohenheim Holocene Oak Chro-*

² RÜDIGER GLASER u. a., The variability of European floods since AD 1500, in: *Climatic Change* 101 (2010), S. 235–256.

³ ROBERT SIGAFOS, Botanical Evidence of Floods and Flood-Plain Deposition, in: *Geological Survey Professional Paper* 485A (1964), S. 1–35.

⁴ UTE SASS / DIETER ECKSTEIN, The Variability of Vessel Size in Beech (*Fagus sylvatica* L.) and its Ecophysiological Interpretation, in: *Trees* 9 (1995), S. 247–252.

⁵ ALEXANDER LAND, Holzanatomische Anomalien und Variablen rezenter und subfossiler Eichen (*Quercus spec.*) Süddeutschlands und deren Verifizierung im Experiment, Diss. Hohenheim 2011.

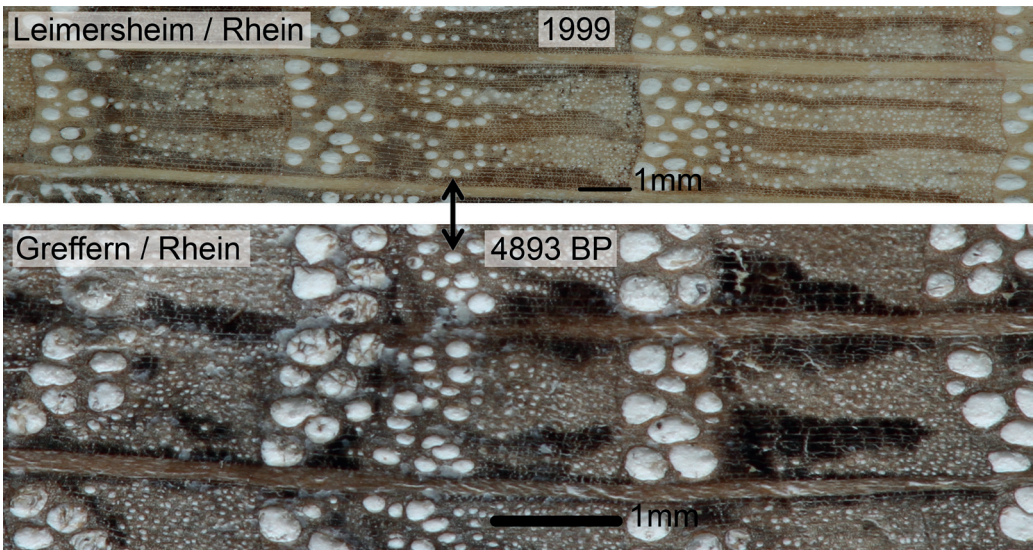


Abb. 1: Abbildungen von Dünnschnitten von Baumringen aus dem Jahr 1999 (oben) und 2893 v. Chr. (unten), die eine ähnliche holzanatomische Veränderung aufweisen, welche von einem Hochwasserereignis während des späten Frühlings induziert wurde (vgl. LAND, Holzanatomische Anomalien [wie Anm. 5]).

nology stammt und in diesem Fall das Jahr 2893 v. Chr. repräsentiert.⁶ Die Ähnlichkeit sowie die Reproduzierbarkeit in Bewässerungsexperimenten lässt den Schluss zu, dass der Charakter des Hochwasserereignisses vor allem in Bezug auf die Dauer der Überschwemmung, die im Jahr 2893 v. Chr. die Veränderung im Frühholz verursachte, ähnlich dem Ereignis von 1999 war.

Aufgrund der Wuchsstandorte der in der Hohenheimer Chronologie untersuchten Eichen in der Hartholzaue ist jedoch davon auszugehen, dass die in den fossilen Hölzern nachweisbaren Hochwasserereignisse vornehmlich mittlerer bis längerer Dauer waren. Der Bereich der Hartholzaue, in dem die untersuchten Eichen wuchsen, wurde von geringmächtigen Hochwasserereignissen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht regelmäßig erreicht. Dies führt per se zu einer Unterrepräsentierung solcher Ereignisse in diesem Proxy. Zudem geht das Signal verloren, wenn die Bäume durch eine länger anhaltende Überflutung absterben oder von der Hochwasserwelle mitgerissen werden.

Verletzungen des Frühholzes, wie dies beispielsweise durch Treibgut oder driftendes Eis während eines winterlichen Hochwasserereignisses verursacht werden kann, können ebenfalls als Proxy angesehen werden. Vielfältige Möglichkeiten, solche Beschädigungen einem Baum zuzufügen, bedingen jedoch die Notwendigkeit, dieses Signal durch eine Fundhäufung zu verifizieren.

Es bleibt festzuhalten, dass die Auswertung holzanatomischer Veränderungen in subfossilen Bäumen der Hartholzaue, wie sie in der Hohenheimer Chronologie vorhanden sind, ein weiteres Proxy für die Paläohochwasserforschung eröffnet, das sich durch eine vergleichsweise hohe zeitliche Auflösung auszeichnet.

⁶ LAND, Holzanatomische Anomalien (wie Anm. 5).

2. Quellen zum mittleren und jüngeren Zeithorizont

Bei den Quellen zum mittleren und jüngeren Zeithorizont (rund 1.200 Jahre) der Historischen Hochwasserforschung handelt es sich im Wesentlichen um Schriftquellen (Chroniken, Aktenmaterial, Zeitungsberichte, Pegeldata), bildliche Darstellungen (Gemälde, Fotografien) und um schriftlich überlieferte oder gegenständliche Hochwassermarken. In seltenen Fällen stehen auch Überschwemmungskarten zur Verfügung, auch wenn diese bislang in Südwestdeutschland und dem angrenzenden Elsass zu keinem Zeitpunkt systematisch geführt wurden.⁷ Ergänzt werden können diese Informationen um Witterungsbeschreibungen und durch das Erfassen von direkten meteorologischen Ursachen, die in den Quellen bei größeren Ereignissen meist genannt werden.

3. Methoden der Historischen Hochwasserforschung

Es ist evident, dass unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgte Aussagen zu einem Hochwasserereignis einer quellenkritischen Analyse unterzogen werden müssen.⁸ Ein wesentliches Charakteristikum der Historischen Klimatologie ist es, dass sie einen hermeneutischen Pfad zu naturwissenschaftlichen Inhalten verfolgt. Die Quellen beinhalten über die Darstellung der Schäden hinaus – insbesondere bei extremen Ereignissen – auch Informationen über die Auswirkungen auf die Gesellschaft, die im Sinne der Impaktforschung angesprochen werden können: Die Reaktionsmuster, die in den Quellen beschrieben werden, eröffnen somit ein breites Spektrum der Wahrnehmungsmuster, Interpretationen, Reaktionen und Mitigation und lassen damit Rückschlüsse auf die Vulnerabilität bzw. Resilienz von Gesellschaften zu.

Diese Art des Zugangs, welcher auf unmittelbaren Beschreibungen der Ereignisse basiert, aber auch die Auswirkungen auf die Gesellschaft berücksichtigt, findet sich u. a. in der Klassifikation, mit der Hochwasserereignisse analysiert werden, wieder (siehe Tabelle 1).

Ein derartiges Klassifikationsschema ist differenziert genug, um kleine, mittlere und schwere Hochwasserereignisse voneinander unterscheiden zu können, wobei neben den reinen Schadensbildern auch die Dauer der Überflutung und Mitigationsmaßnahmen als Bewertungsmaßstab herangezogen werden. Wird ein derartiges Schema den Anforderungen der Makroebene (große Flusseinzugsgebiete) gerecht, so werden dabei kleinräumigere Ereignisse, die in Teileinzugsgebieten oder einzelnen Flussabschnitten durchaus katastrophale Ausmaße annehmen können, nachrangig bewertet. Für sie muss das Schema entsprechend angepasst werden.⁹

⁷ Die Europäische Hochwasserrisiko-Management-Richtlinie von 2007 (Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken) sieht bis Ende 2013 die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten und bis Ende 2015 darauf basierend die Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen flächendeckend für die europäischen Flüsse vor. In Baden-Württemberg wird dabei auf die Einbeziehung historischer Hochwasserereignisse explizit verzichtet (vgl. dazu: Hochwasserrisiko in Baden-Württemberg. Vorläufige Risikobewertung gemäß Artikel 4 und 5 der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, hg. vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Stuttgart 2011).

⁸ Vgl. dazu: CHRISTIAN PFISTER, *Klimageschichte der Schweiz 1525–1860*, Bern/Stuttgart 1985; RUDOLF BRÄZDIL u. a., *Floods in Europe. A look into the past*, in: PAGES News (2002), S. 21–23; GLASER, *Klimageschichte Mitteleuropas* (wie Anm. 1).

⁹ ISO HIMMELSBACH, *Erfahrung – Mentalität – Management. Hochwasser und Hochwasserschutz an den nicht-schiffbaren Flüssen im Ober-Elsass und am Oberrhein (1480–2007)* (Freiburger Geographische Hefte, Bd. 73), Freiburg 2014, S. 136 ff.

Tabelle 1: Klassifikationssystem von Hochwasserereignissen für eine synoptische Bewertung auf der Makroebene.¹⁰

Klasse	Klassifikation (Intensität und räumliche Dimension)	Primäre Indikatoren (Schadensbilder)	Sekundäre Indikatoren (zeitl. Struktur)	Tertiäre Indikatoren (Mitigation)
1	Kleines regionales Hochwasser [Wiederkehrintervall bis zu 20 Jahre]	Geringer Schaden z. B. an ufernahen Feldern und Gärten; Wegführen von ufernah gelagerten Holzvorräten	Kurze Überflutung	Kleinere Hilfsmaßnahmen auf lokaler Ebene, Nachbarschaftshilfe
2	Überdurchschnittliches, großes oder überregionales Hochwasser [Wiederkehrintervall 21 bis 100 Jahre]	Schäden an wasserbezogenen Bauten und Einrichtungen wie Dämmen, Wehren, Stegen und Brücken und ufernah gelegenen Gebäuden wie Mühlen etc.; Wasser in Gebäuden Schwere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, Verlust von Vieh, unter Umständen Menschenverluste Morphodynamische Prozesse wie Sedimentverlagerungen	Überflutung mittlerer Dauer – bis wenige Tage	Koordinierte Hilfsmaßnahmen in der Regel durch oder unter Beteiligung übergeordneter Einrichtungen Überregional ausgerufene Kollekten und Spenden

¹⁰ Stark verändert und ergänzt nach: KATRIN STURM u. a., Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation, in: Petermanns Geographische Mitteilungen 145, Heft 6 (2001), S. 14–23.

Klasse	Klassifikation (Intensität und räumliche Dimension)	Primäre Indikatoren (Schadensbilder)	Sekundäre Indikatoren (zeitl. Struktur)	Tertiäre Indikatoren (Mitigation)
3	<p>Überdurchschnittliches überregionales Hochwasser katastrophalen Ausmaßes</p> <p>[Wiederkehrintervall größer als 100 Jahre]</p>	<p>Schwere Schäden an wasserbezogenen Bauten und Einrichtungen wie Dämmen, Wehren, Stegen und Brücken sowie ufernah gelegenen Gebäuden wie Mühlen etc.; zum Teil völlige Zerstörung und Hinwegführen von Gebäuden</p> <p>Schwere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, großer Verlust von Vieh, Menschenverluste</p> <p>Zum Teil nachhaltige morphodynamische Prozesse wie schwere Unterspülungen, Uferabbrisse, Laufveränderungen etc.</p>	Längere, mehrere Tage oder Wochen andauernde Überflutung	<p>Überregionale, koordinierte Maßnahmen nationaler Dimension</p> <p>Ereignis führt zu länger anhaltendem Diskurs um Sicherheit und Prävention.</p> <p>Folge u. a. Innovation der Schadensprävention, technische Maßnahmen wie Dammbauten oder -erhöhung</p> <p>Ereignis nachhaltig im Langzeitgedächtnis verankert, dient langfristig als Bezugsgröße</p>

4. Ergebnisse regionaler Hochwasserforschung

Neben der Klassifikation der Hochwasserereignisse, die vor allem zum Ziel hat, qualitative Aussagen über das jeweilige Ereignis und in langen Zeiträumen zu treffen, enthalten die Quellen in vielen Fällen auch Informationen zu den direkten meteorologischen Auslösern, die beispielsweise nach der Klassifikation von Ludwig Bauer¹¹ erfasst und ausgewertet werden können. Auch

¹¹ LUDWIG BAUER, Hydrologie des Flussgebietes von Unstrut und Gera unter besonderer Berücksichtigung der Hochwassererscheinungen und des Einflusses von Kahlschlagflächen auf die Wasserführung, Diss. Jena 1952.

wenn vielfach für die frühe Zeit und die kleineren Hochwasserereignisse die meteorologischen Ursachen nicht genannt werden, so fällt in der langzeitlichen Perspektive vor allem der starke Rückgang von Eishochwassern seit der Mitte des 19. Jahrhunderts ins Auge (s. Abb. 2).

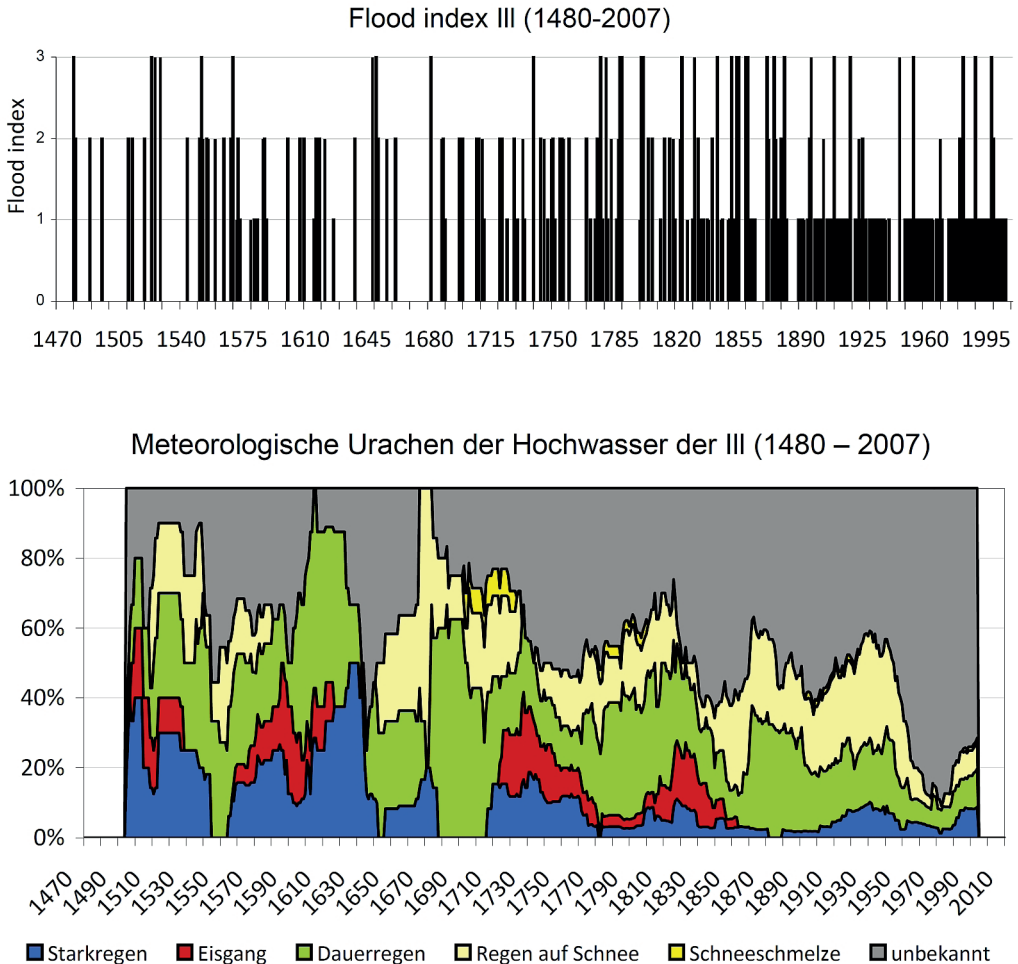


Abb. 2: Parallele langzeitliche Darstellung des Flood index und der ermittelten direkten meteorologischen Hochwasserursachen (31-jähriges gleitendes Mittel) für alle gefundenen Hochwasserereignisse für die elsässische Ill. Grafik: Iso Himmelsbach.

Bauer unterscheidet als direkte Auslöser: Regen in Form von a) Starkregen und b) Dauerregen; Schneeschmelze; Eisgang und Regen auf Schnee. Dazu auch: JOHANNES SCHÖNBEIN, Zur Rekonstruktion von Hochwasserereignissen in Europa aus holzanatomischen Parametern und historischen Quellen, Diss. Freiburg 2011, S. 7 f.

Betrachtet man die jüngere Vergangenheit, dann lässt sich für fast alle untersuchten Rheinzuflüsse zwischen Basel und Straßburg eine Zunahme von Starkregeneignissen als direkte meteorologische Hochwasserursache feststellen (vgl. Abb. 3).

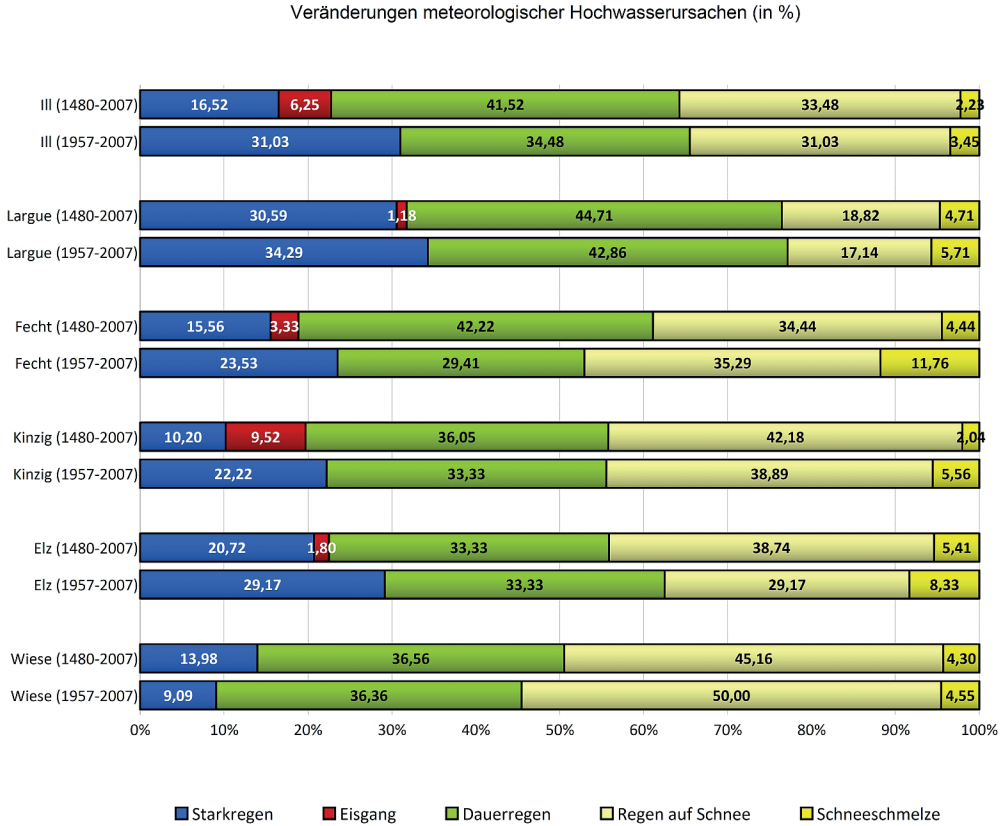


Abb. 3: Veränderungen der meteorologischen Hochwasserursachen an ausgewählten Rheinzufüssen zwischen Basel und Straßburg: Vergleich aller Ereignisse zwischen 1480 und 2007 mit den Hochwasserereignissen der letzten 50 Jahre. Grafik: Iso Himmelsbach.

Ein weiteres, bislang in der Historischen Hochwasserforschung kaum untersuchtes Feld ist die Veränderung des Hochwasserregimes im Hydrologischen Jahr.¹² So wurde für den Rhein für das 20. Jahrhundert anhand einer Analyse instrumenteller Messreihen eine Verschiebung seines Abflussregimes vom hydrologischen Sommer- in das Winterhalbjahr bei einem gleichzeitig konstant bleibenden Abflussregime der Nebenflüsse im hydrologischen Winterhalbjahr festgestellt, was zu einer ansteigenden Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens von Hochwassern des Rheins

¹² In Deutschland läuft das Hydrologische Winterhalbjahr vom 1. November bis zum 30. April und das Hydrologische Sommerhalbjahr vom 1. Mai bis zum 31. Oktober. Andere Länder haben abweichende Laufzeiten.

mit jenen der Nebenflüsse führt.¹³ Eine Auswertung der Eintrittszeitpunkte der Rheinhochwasser zeigt jedoch auch in der Vergangenheit bereits eine größere Variabilität im Auftreten von Hochwassern innerhalb des Hydrologischen Jahres und es fällt auf, dass diese Entwicklung bereits seit den 1870er Jahren eingesetzt hat, aber für die Eintrittszeiten der schweren und extremen Hochwasserereignisse keineswegs singular ist (vgl. Abb. 4).

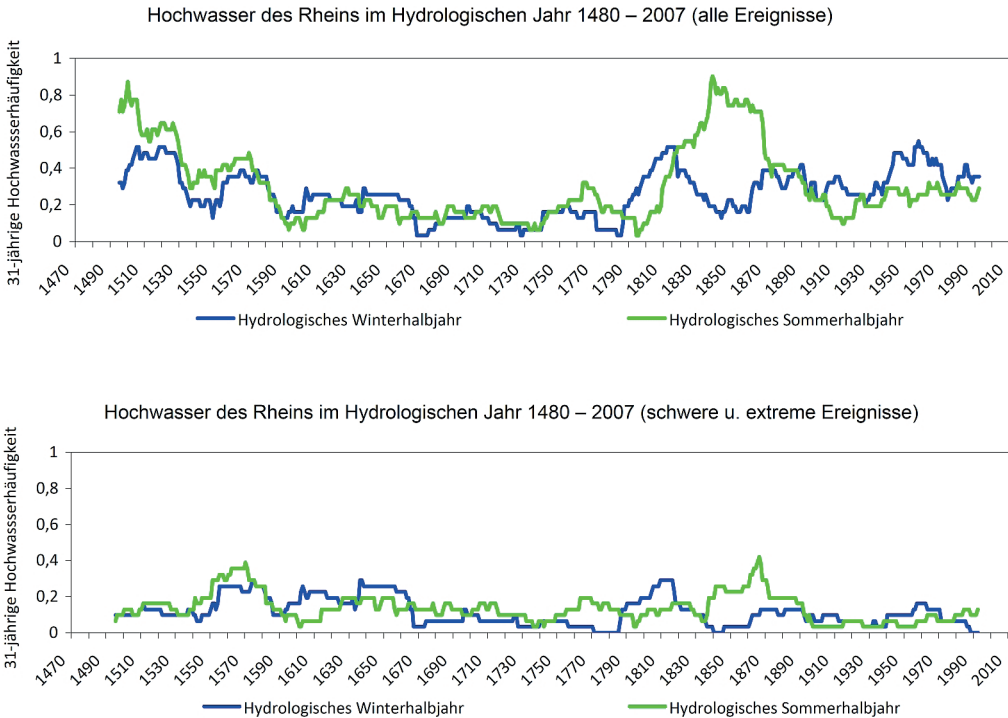


Abb. 4: Veränderungen des Hochwasserregimes im Hydrologischen Jahr (31-jähriges gleitendes Mittel) zwischen Basel und Straßburg für alle ermittelten Ereignisse (oben) und die schweren und extremen Ereignisse (unten). Grafik: Iso Himmelsbach.

Dagegen hat sich das Hochwasserregime der Rheinzuflüsse zwischen Basel und Straßburg seit Jahrhunderten kaum verändert, wenn auch festgestellt werden kann, dass seit den letzten Jahrzehnten (wieder) eine gewisse Annäherung in der Verteilung im Hydrologischen Jahr stattfindet (vgl. Abb. 5).

¹³ Das Abflussregime des Rheins und seiner Nebenflüsse im 20. Jahrhundert. Analyse, Veränderungen, Trends, hg. von der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (Bericht Nr. 1-22 der KHR), Lelystad 2007; Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins. Stand April 2011, hg. von der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), Koblenz 2011.

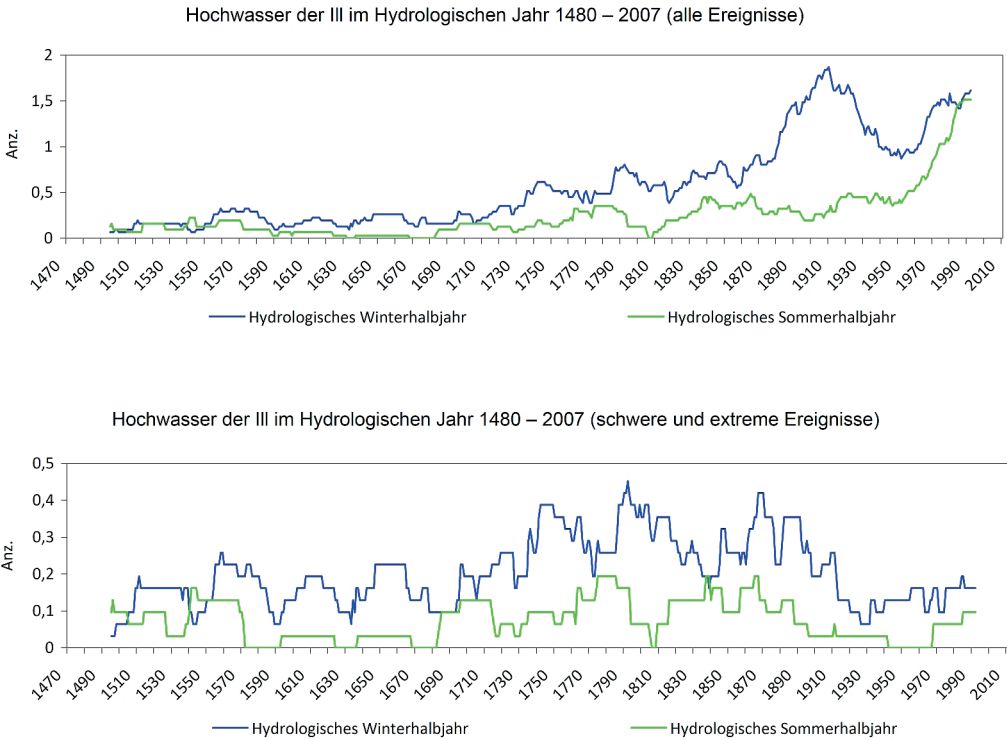


Abb. 5: Das Hochwasserregime der elsässischen Ill im Hydrologischen Jahr (31-jähriges gleitendes Mittel) für alle ermittelten Ereignisse (oben) und die schweren und extremen Ereignisse (unten). Grafik: Iso Himmelsbach.

5. Fazit und Perspektiven

Die Historische Hochwasserforschung, als Teilgebiet der Historischen Klimatologie, liefert auf der Basis einheitlicher und stringenter wissenschaftlicher Methoden nicht nur Daten, die dabei helfen, das aktuelle Hochwassergeschehen im Zeitlauf besser einzuordnen, sondern auch Informationen darüber, wie die Hochwasserereignisse in früheren Zeiten verarbeitet und welche Mitigationsstrategien entwickelt und umgesetzt wurden. Gleichzeitig kann die Erforschung von Extremereignissen der mittleren und jüngeren Vergangenheit dazu beitragen, heutige Hochwasserrisiken besser abzuschätzen, indem beispielsweise historisch belegte maximale Abflussmengen in die aktuellen Sicherungssysteme modelliert werden.

Lange und längste Reihen, die aus den naturwissenschaftlichen Analysen von Althölzern der Flussauenbereiche entwickelt werden, zeigen die großen klimatischen Umbrüche der Vergangenheit und die dabei entstandenen Megaevents an. Beide Reihen lassen sich wechselseitig validieren und verifizieren und bilden dadurch eine solide Basis, um Aussagen über das Hochwassergeschehen treffen zu können.

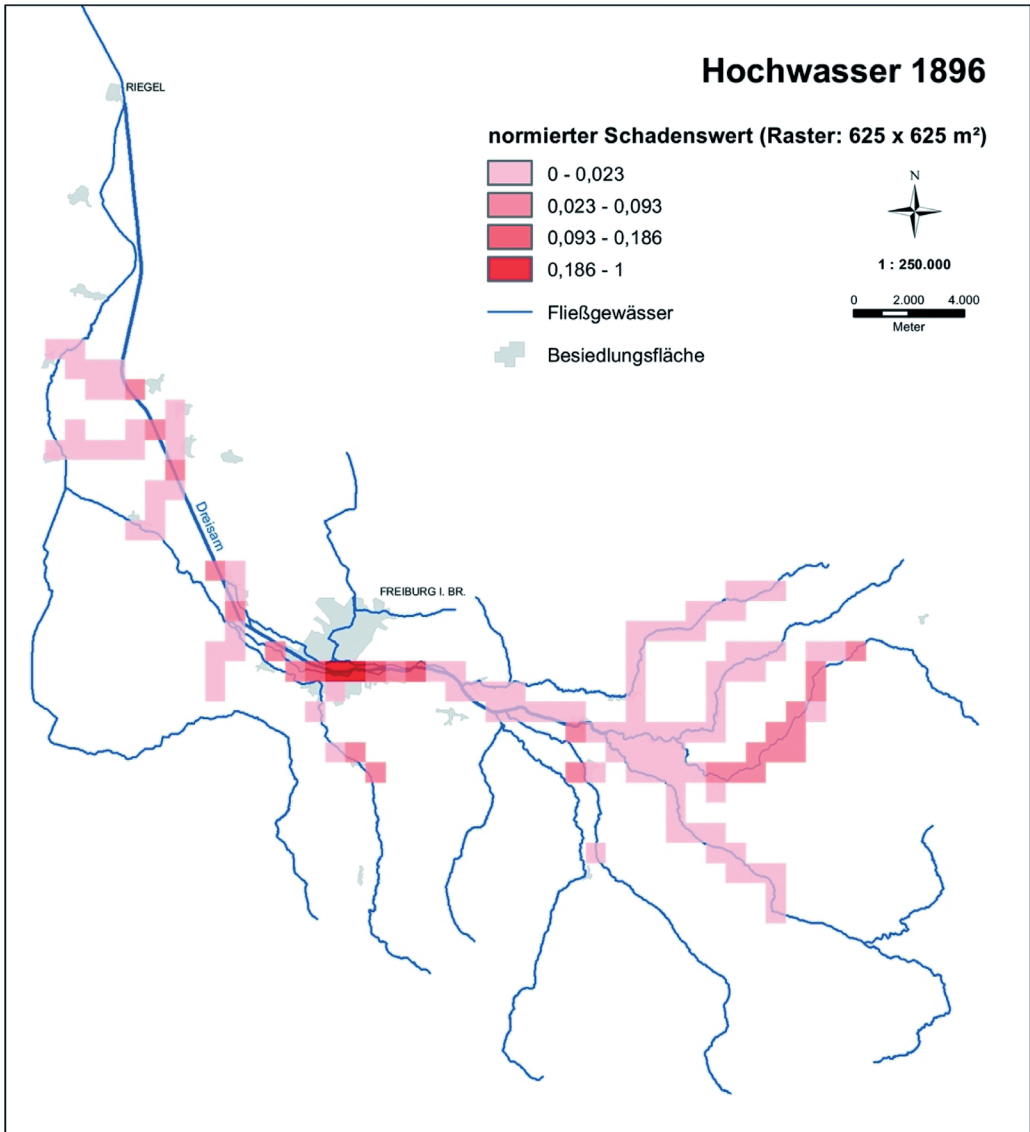


Abb. 7: Normiertes Schadensraster der Hochwasserereignisse an der Dreisam von März 1896, nach ANIELA JEWORUTZKI, GIS-gestützte Analyse hochwasserinduzierter Schädwirkungen an der Dreisam, Freiburg 2011 (Magisterarbeit am Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg, unveröffentlicht).

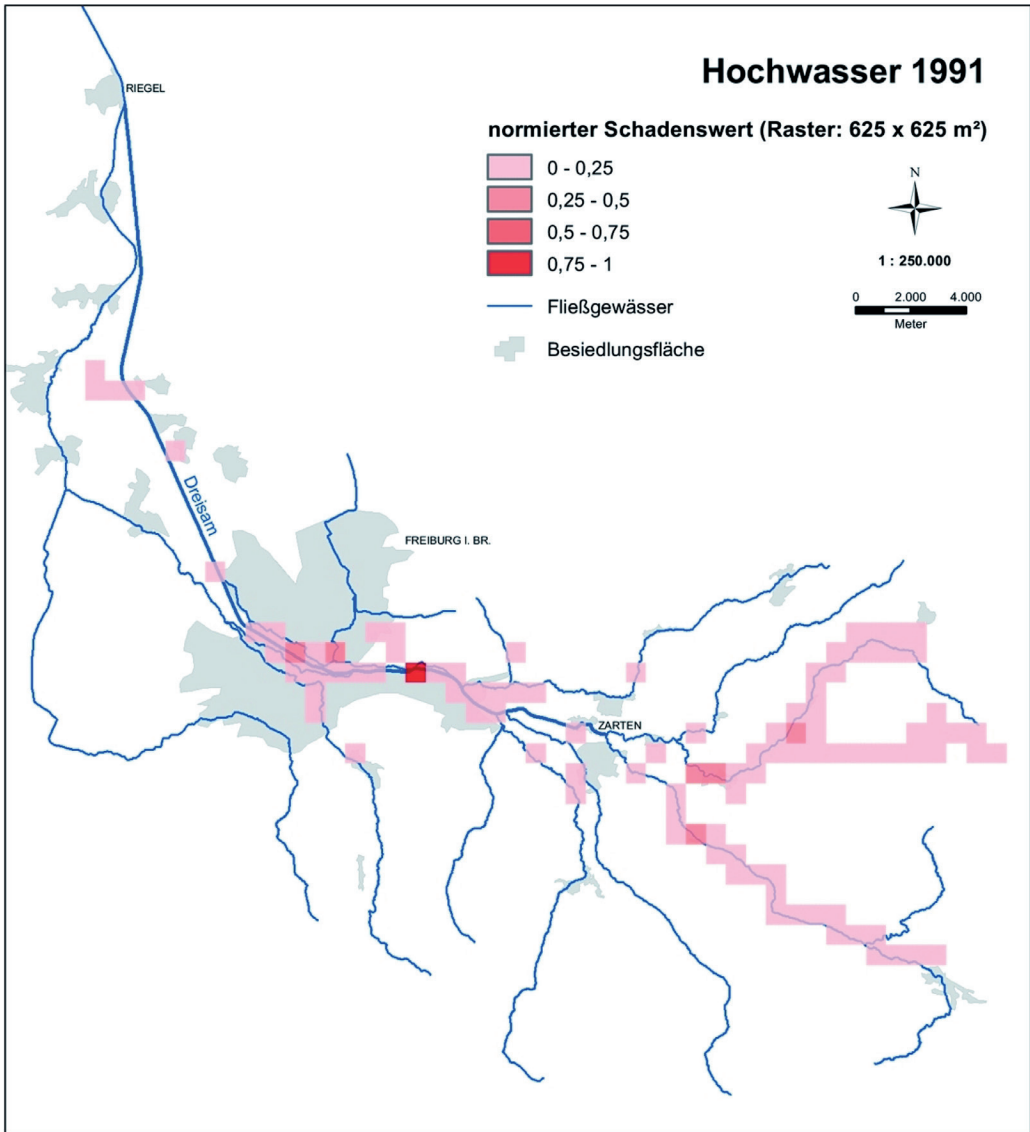


Abb. 8: Normiertes Schadensraster der Hochwasserereignisse an der Dreisam von Dezember 1991, nach ANIELA JEWORUTZKI, GIS-gestützte Analyse hochwasserinduzierter Schädwirkungen an der Dreisam, Freiburg 2011 (Magisterarbeit am Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg, unveröffentlicht).