

Hochwässer als historisches Phänomen

Rüdiger Glaser*, Jucundus Jacobeit**, Mathias Deutsch*** & Heiko Stangl*

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden die Potenziale historischer Hochwässer vorgestellt. Wer sich mit derartigen Daten beschäftigt, wird mit unterschiedlichen Facetten wie Quellenkritik, aber auch Fluss- und Landschaftsveränderungen oder der sozialen Dimension konfrontiert. Die verschiedenen Aspekte lassen sich schließlich nur über ein integratives Vorgehen historischer und naturwissenschaftlicher Methoden auswerten. Anhand ausgewählter Zeitreihen wird die langfristige Hochwasserdynamik in Mitteleuropa vorgestellt. Neben herausragenden Einzelereignissen traten immer wieder hochwasserreiche, dann aber auch wieder hochwasserärmere Phasen auf.

Darüber hinaus wurden großskalige Zirkulationsanalysen durchgeführt, aus denen plausible hochwasserbegünstigende Druckmuster sowie charakteristische Zirkulationsveränderungen gegenüber hochwasserfreien Zeitabschnitten abgeleitet werden konnten. Offenbar bestehen also Zusammenhänge zwischen dem übergeordneten Zirkulationsregime in der Atmosphäre und dem regionalen Auftreten hydrologischer Extremereignisse.

Summary

The following article presents the potential of historical floods. Dealing with such data requires us to consider various aspects like critical source analysis as well as changes within the fluvial system and the catchment area or the social dimension. The various aspects can ultimately only be correctly interpreted if we adapt both historical and scientific approaches. By looking at selected time series we will present the long-term flood dynamics of Central Europe. Besides exceptional events there were always periods with increased flooding as well as periods with less frequent flooding.

Furthermore large scale circulation pattern analyses were conducted, from which one can plausibly deduce pressure patterns that favor or do not favor flooding. There is an obvious correlation between large scale circulation patterns and regional hydrological extreme events.

* Glaser, Rüdiger, Prof. Dr.; Stangl, Heiko, Geographisches Institut der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 348, D-69120 Heidelberg.

** Jacobeit, Jucundus, Prof. Dr., Universität Würzburg, Geografisches Institut, Am Hubland, D-97074 Würzburg.

*** Deutsch, Mathias, MA, Universität Erfurt, FG Geografie, Postfach 90 02 21, D-99105 Erfurt.

Einleitung

Hochwässer zählen – wie die jüngeren Ereignisse in den 1990er Jahren an Rhein, Mosel und Oder eindrucksvoll unterstrichen haben – in Mitteleuropa zu den folgenschwersten Naturkatastrophen. Nach den neuesten Zahlen der Münchener Rückversicherung entfielen in den letzten 30 Jahren rund 16 % der über 500 Naturkatastrophen in Mitteleuropa auf Hochwässer (Berz 2001). Regelmäßig entfachen derartige Ereignisse Diskussionen um Häufungen, Trendverhalten und die Entwicklung der Intensitäten (vgl. Mendel et al. 1997). Die Frage nach den Kausalitäten berührt neben klimatischen Aspekten u.a. die Ausgestaltung der Flusslandschaften, die Verbauung sowie Versiegelungsgrade und die damit einhergehenden Änderungen des Retentionspotenzials. In den letzten Jahren wurde vermehrt auf die mögliche anthropogene Beeinflussung etwa im Zusammenhang mit Global Warming verwiesen (z.B. Bronstert 1996, Bendix 1997). Grundlage der Bewertung von Hochwasserereignissen sind zunächst instrumentelle Pegel- oder Durchflussmessungen, wie sie für viele mitteleuropäische Flussgebiete seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts vorliegen. Ein Blick auf lange historische Hochwasserreihen macht aber deutlich, dass diese rezenten Datenkollektive nicht ausreichen, das Phänomen »Hochwasser« bezüglich der angesprochenen Fragestellungen umfassend zu analysieren. Auch in historischer Zeit traten starke Schwankungen auf. Zudem übertrafen unzählige historische Ereignisse die rezenten Vergleichsfälle.

Aus diesen Gründen ist es für viele aktuelle Fragestellungen notwendig, sich mit langen Reihen zu befassen, die über die rezenten Instrumentenmessreihen zurückreichen. Dies gilt insbesondere dann, wenn man die Entwicklungen außerhalb der vom Menschen ingenieurtechnisch veränderten Flusslandschaften und vor der Einflussnahme durch anthropogene Klimamodifikationen bewerten möchte. Diese langen Reihen lassen sich nur aus historischen Daten gewinnen.

Am Rande sei bemerkt, dass die Beschäftigung mit historischen Hochwässern schon seit langem Gegenstand wissenschaftlicher Darstellungen ist. Schon recht früh wurden umfassende Kompilationen erstellt (u.a. Pötzsch 1784, Weikinn 1958-1963, Rojecki et al. 1965, Jones et al. 1984) und erst in jüngster Zeit fand die von

Weikinn in den 1950er Jahren begonnene Zusammenstellung hydrologischer Ereignisse ihren Fortgang. Darüber hinaus existieren zahlreiche Einzeldarstellungen mit genauen Analysen von Schadensbildern und witterungsklimatischen Ursachen beispielsweise bei Liebscher et al. (1988), Glaser & Hagedorn (1990), Witte (1991), Gees (1997), Brázdil (1998), Brázdil & Bukáček (2000), Glaser (2001), Deutsch & Pörtge (1998, 2001) und Tetzlaff et al. (2001).

Andererseits müssen auch hinsichtlich der historischen Rekonstruktionen spezifische Fragenkreise hinsichtlich der Datenqualität, der Kalibrierung, aber auch der klimatischen Entwicklungen geklärt werden. Hinzu kommt der Wandel in den Einzugsgebieten und in den Flusssystemen selbst, seien sie nun anthropogenen oder natürlichen Ursprungs. Die Lösung dieser komplexen und sich wechselseitig beeinflussenden Faktoren erfordert methodisch eine Verknüpfung von historischen und naturwissenschaftlichen Verfahren auf einer möglichst breiten empirischen Basis.

Im Folgenden werden die Daten, die Verfahrenswege und einige Interpretationsmöglichkeiten vorgestellt.

Historische Hochwasseraufzeichnungen

Zu historischen Hochwässern existiert ein breites Spektrum verwertbarer Informationen: Neben detaillierten Beschreibungen in zahllosen Chroniken findet man Illustrationen, mitunter existieren eindrucksvolle Bilderzyklen, Tafeln und Inschriften. Ergänzt werden diese Informationen durch Hochwassermarken bevorzugt an Brücken, Stadttoren und anderen, flussnah gelegenen Gebäuden.

Seit nun mehr als 15 Jahren werden historische Klima- und Hochwasserdaten in der Historischen Klimadatenbank HISKLID gesammelt, quellenkritisch bewertet und kodiert, so dass mittlerweile EDV-gestützte Auswertungen möglich sind (Glaser 2001). Eine Internet-fähige Version ist derzeit in Arbeit.

Welche inhaltlichen Aspekte lassen sich durch historische Hochwasserangaben erschließen? Die unterschiedliche Intention der historischen Quellen und ihre spezifische Struktur bringen es mit sich, dass dabei nicht das aus heutiger Sicht hydrologisch und klimatologisch Wünschenswerteste, sondern das aus den historischen

Daten Mögliche zum obersten Prinzip erklärt werden muss.

Als erster und wesentlicher Schritt einer wissenschaftlichen Auswertung müssen die genannten Daten quellenkritisch überprüft werden. In dieser Bewertung müssen u.a. die Motivation, der schulische und berufliche Werdegang des Chronisten, aber auch der jeweils herrschende Zeitgeist berücksichtigt werden. Mittlerweile steht ein breites Spektrum probater Methoden zur Verfügung (vgl. Pfister 1999, Glaser 2001).

Hochwassermarken: Die genauesten Informationen verdanken wir Hochwassermarken. Diese sind metrisch fassbar und lassen sich im günstigsten Fall – wenn auch unter gewissen Restriktionen – mit heutigen Pegelständen in Beziehung setzen, wodurch quantitative Ableitungen verschiedenster Art möglich sind. Schiller (1986) gelang es, über Höhenvergleiche historischer Wasserstandsmarken mit den aus aktuellen Pegelständen und Abflussmessungen von 1823 bis 1980 berechneten Abflusskurven die Abflussmengen der historischen Hochwässer zu berechnen. Darüber hinaus leitete er die Hochwasserwahrscheinlichkeit ab. Ähnlich hatte bereits zuvor Seberich (1958) historische Wasserstandsmarken und detaillierte Ortsbeschreibungen großer Hochwasserereignisse in Würzburg auf aktuelle Pegelstände bezogen und damit verschiedene Abflussparameter rekonstruiert. Grundsätzlich kommen diese Verfahren damit der allgemein an die historische Klimatologie gestellten Forderung nach quantifizierbaren Daten entgegen, auch wenn der stark hypothetische Charakter derartiger Bewertungen hervorgehoben werden muss.

Deskriptive Daten und Quellen: Das Gros der überlieferten Daten besteht aus deskriptiven Angaben. Vielfach sind darin detaillierte Beschreibungen der witterungsklimatischen Ursachen, aber auch der räumlichen Ausprägung, der Folgewirkungen und der administrativen Reaktionen enthalten.

Witterungsklimatische Ursachen: Disposition und unmittelbare Auslösung: Aus den detailreichen Beschreibungen der witterungsklimatischen Ursachen kann vielfach – ähnlich den rezenten Analysen – zwischen der Disposition, d.h. den Voraussetzungen, die vor dem Eintritt des Ereignisses bestanden, und der unmittelba-

ren Auslösung unterschieden werden (BA Wasserwirtschaft 1991). In Frage kommen dabei Niederschlagsanomalien in Form von Dauer- oder Starkregen, Warmlufteinbrüche mit Schmelzung großer Schneemengen und Eisstau. Als Folge von Dauerregen treten Überschwemmungen dann auf, wenn die Böden im Einzugsgebiet gesättigt sind. Bei der Schneeschmelze ist die Höhe und der Wassergehalt der Schneedecke von Bedeutung, ferner die Geschwindigkeit des Schmelzprozesses und die Menge der Niederschläge sowie der Zustand des Untergrundes. Eisstau ist auf die Wirkung von Treibeis zurückzuführen, das an Hindernissen wie Brückenpfeilern hängen bleibt und den Fluss staut. 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 (Sturm et al. 2001). Das nachfolgende Quellenbeispiel verdeutlicht das treffend.

»Den 23. February, am St. Matthaiabendt, nachdem es innerhalb vier Wochen, und seit her deß Jüngst gewesenenen grosen gewßers und Eyßes, einem grosen und tiefen Schnee gelegt, darauff dem gebürg eines Manns hoch war, als dießer nach eingefallen Leim Wetter zerging, kam auff obgemelten tag ein groses und erschrückliches grausames gewässer alhero, wuchs gegen der Nacht biß umb acht uhr, da stundt es still; biß umb ein gen tag, gieng eine gute Ellen hoch über das Mesene Täflein gegen dem Sandbadt am Eck der Neuengafen, riefte zu Wehrd den Langen Steeg ein, wie auch den Steeg auff der Schütt, da die Mühlterstätten ist, mehr stieß es ein stück von der steinern Mauren am St. Catharina Clostergarten ein, gegen der Schütt zu, und führet hinweg den Steeg bey der Catharina Schleiffmühl, und den Steeg bey der Pfannenmühl, der Neue Spittal und die Kirchen daselbst, litten große noth, /.../. in Summa es ist nicht alles zuerzählen, was dießes gewässer an Heußern, Brucken, Mühlen, un Krämen Gewölbern, umb den Marckt unter deß Rieders Hauß im Spittal, in den Kellern, Badstuben, und den Burigern, so am Waßer gewohnt, am Haiußrath und andern Sachen; für einen unaußsprechlichen Schaden gethan hat, dann sich niemandt eines so großen Waßer befürchtet, und nicht hoch genug auffgerämet hatte, und wurde was dießes gewässer alhier, so einem Erbarn Rath, und gemeinder Burgerschafft Schaden gethan, in drey Thönnen goldtes werth geschätzt.« (HISKLID, Staatsarchiv Nürnberg.)

Im vorstehenden Beispiel werden als Disposition lang anhaltende schwere Schneefälle ge-

nannt, die zu außergewöhnlich hohen Schneemengen führten. Der Untergrund war gefroren, die Pegnitz mit Eis besetzt. Auslösendes Moment war dann ein plötzlicher Warmluft einbruch (»Leim Wetter«), der die Schneemengen zum Schmelzen brachte und zu einem raschen Anstieg des Wassers führte, der (vermutlich) durch den Eisstau begünstigt wurde.

Für viele der überlieferten Hochwässer lassen sich derartige Dispositionsmuster und Auslösefaktoren bestimmen. Ihre langfristige Analyse offenbart unterschiedliche Gewichtungen, die auffallend mit Klimaphasen wie der Kleinen Eiszeit korrespondieren.

Bei ausreichender Quellendichte können diese Daten auch nach einem räumlichen Kriterium bewertet werden. Zu unterscheiden sind lokale, regionale und überregionale Ereignisse.

**Zwischen »Katastrophenwahrnehmung«,
»Katastrophenmanagement«
und »Vulnerabilität« –
zum Hochwasserfolgenaspekt**

Für die heutige Interpretation der Schriftquellen sind die Hinweise auf die Hochwasserfolgen und die sozialen und ökonomischen Auswirkungen besonders ergiebige Ansatzpunkte. Alle schadbringenden Hochwässer setzten einen administrativen Apparat in Gang, dessen Entschlüsselung Informationen über die Art und Schwere der Schäden und damit auch die Intensität des Hochwassers gibt. In den Ratsprotokollen sind die Beschlüsse niedergelegt, mit denen man auf die Hochwasserschäden reagierte. Akten der Steuerbehörden und der Bauämter geben weiteren Aufschluss und ergänzen diese Angaben, so dass ein vielschichtiges Bild von »Katastrophenwahrnehmung«, »Katastrophenmanagement« und »Vulnerabilität« entworfen werden kann.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang das oben angeführte Zitat, in welchem der Chronist die Fehleinschätzung als ein weiteres Moment der hohen Schäden bemerkt, »dann sich niemand eines so großen Waßer beförchtet, und nicht hoch genug aufgeräumt hatte«.

Wie den Berichten zu entnehmen ist, hatten die schweren Hochwässer für die lokale Bevölkerung katastrophale Folgen (vgl. Gottschalk 1971-1977, Glaser 1996, Deutsch 2000a). So sollen die Schäden und Verluste, die durch die

schweren Eishochwasser 1784 verursacht wurden, die Verheerungen von Kriegen übertroffen haben. In einer zeitgenössischen Druckschrift aus Erfurt (Thüringen) heißt es dazu: *»Und der Verlust an schon umgekommenen, oder ins Elend versetzten, kümmerlich gewordener Menschen, der Mangel der Population, die vielfältige Armuth – alles dieses zusammen macht diese Ereignisse wichtiger und trauriger, als ein Krieg gewesen seyn würde! Niemals wird in einem Kriege so viel vernichtet ohne das Geldsummen in weitere Circulation kommen, als hier geschehen. Niemals war etwas politisch oder statistisch merkwürdiger, als diese so allgemeine europäische Wasserfluth von 1784.«* (o.A. 1784, zum Hochwasser von 1784 vgl. u.a. Glaser & Hagedorn 1990, Glaser 1998).

**Beispiele kurz- und mittelfristiger
Auswirkungen schwerer historischer
Hochwässer**

Wie bereits bei vielen mittelschweren historischen Hochwässern kam es vor allem während und i.d.R. bis ca. 14 Tage nach den katastrophalen Ereignissen in vielen Gebieten zu einer dramatischen Lebensmittelverknappung. Das betraf nicht nur kleinere (zeitweise von der Außenwelt abgeschnittene) Gemeinden und Städte, in denen große Teile der Vorräte einschließlich der Viehbestände vernichtet worden waren und das Wasser zudem Backstuben und/oder öffentliche Brotöfen zerstört hatte. Auch in den größeren Städten litt vor allem die ärmere Bevölkerung nach einem sehr schweren Eishochwasser unter Hunger. Grund war in erster Linie nicht das Ausmaß der Lebensmittelverluste! Vielmehr geben die Quellen als wesentliche Ursache, neben den unzureichenden »auswärtigen« Korn- bzw. Mehllieferungen, die stark beschädigten und/oder »völlig ruinierten« Wassermühlen an. Sie fielen für Wochen aus. Bäckereien sowie Privatkunden konnten sich nicht mehr oder nur noch unzureichend mit Mehl versorgen (Deutsch 2000a). Zusätzlich zu diesen (zeitweiligen) Engpässen im Lebensmittelsektor kam es darüber hinaus während der Hochwässer und noch Tage später zu erheblichen Problemen bei der Trinkwasserversorgung. Den Berichten zufolge hatte sich vor allem bei den schweren Ereignissen in den meisten öffentlichen und privaten Brunnen »Dreck und allerley Unrat gesammelt« und diese Anlagen somit auf längere Zeit

»vergiftet« (HHOWAD). Auch auf das Wasser aus den Flüssen und Bächen konnte man nur selten zurückgreifen, da es (zumindest zeitweise) trotz Abkochens ungenießbar war (ebd.).

Durch schwere historische Hochwässer bzw. Überschwemmungen brach nicht nur die Nahrungsmittelversorgung zusammen. Vielmehr hatten diese Ereignisse auch für das produzierende Gewerbe, welches auf das Wasser als Energieträger angewiesen war, nachhaltige Folgen. So trafen zahlreiche schwere Hochwässer beispielsweise die Erz verarbeitenden Gewerke in den Mittelgebirgen sehr hart. Im Osterzgebirge mussten die sog. »Pochhämmer« bzw. »Pochwercke« nach zahlreichen katastrophalen Ereignissen und den dadurch verursachten Zerstörungen bzw. Schäden an Wasserrädern, Wehren, sog. »Wasserkünsten«, Stauweihern etc. zum Teil wochenlang stillstehen. Für die Eigentümer bzw. Pächter bedeutete das jedes Mal hohe finanzielle Verluste. Auch für den landwirtschaftlichen Sektor konnten in den Quellen umfangreiche Hinweise auf mittelfristige Auswirkungen schwerer/katastrophaler Hochwässer gefunden werden. Zwei Folgewirkungen scheinen dabei besonders gravierend gewesen zu sein, denn sie wurden in den zeitgenössischen Texten immer wieder erwähnt:

Im Zusammenhang mit der Schilderung schwerer Sommerhochwässer beklagten viele

Zeitgenossen, neben den unmittelbaren Schäden und Verlusten, auch die »große Noth des Futters halber« in den Wochen nach den Ereignissen (HHOWAD). Auf vielen flussnahen Wiesen war – sofern sie die Fluten nicht »völlig versandet und verschlammte« hatten – die Beutung lange Zeit nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Einerseits war der Boden häufig lange noch so nass, dass die Tiere beim Auftrieb »über die Hufe hoch« einsanken und zudem die Grasnarbe zerstörten. Zusätzlich fing auf diesen Flächen das bereits abgemähte Gras sowie angeschwemmtes Heu zu faulen an (ebd.). Wer sein Vieh, wie z.B. im Sommer 1816, trotz örtlicher Verbote dennoch auf die Weiden brachte, musste mit Tierkrankheiten (u.a. dem i.d.R. tödlich endenden sog. »Faulwerden«) rechnen. So blieb vor allem den ärmeren Bauern nichts weiter übrig, als über Wochen hinweg Futtermittel zuzukaufen (vgl. u.a. Deutsch 2000b).

Eine zweite mittelfristige Folgewirkung bestand in der zum Teil erheblichen Nutzungsbeeinträchtigung von Weide- und Ackerflächen aufgrund morphodynamischer Vorgänge. Häufig mussten die Bauern nach katastrophalen Hochwässern und den damit verbundenen außergewöhnlichen Aufsedimentationen bzw. Erosionen wochenlang arbeiten, um ihre Wiesen und Äcker wieder nutzen zu können.

Abschließend muss der Vollständigkeit hal-

Tab. 1. Schema zur Intensitäts-Klassifizierung der historischen Hochwässer.

Klasse	Primäre Indikatoren	Sekundäre Indikatoren
1 Kleines, regionales Hochwasser	Geringer Schaden z.B. an ufernahen Feldern und Gärten, Wegführen von ufernah gelagerten Holzvorräten etc.	Kurze Überflutung.
2 Überdurchschnittliches oder überregionales Hochwasser	Schäden an wasserbezogenen Bauten und Einrichtungen wie Dämmen, Wehren, Stegen und Brücken und ufernah gelegenen Gebäuden wie Mühlen etc., Wasser in Gebäuden.	Überflutung mittlerer Dauer, schwerere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, Verlust von Vieh, keine Menschenverluste.
3 Überdurchschnittliches überregionales Hochwasser katastrophalen Ausmaßes	Schwere Schäden an wasserbezogenen Bauten und Einrichtungen wie Dämmen, Wehren, Stegen und Brücken sowie ufernah gelegenen Gebäuden wie Mühlen etc., z.T. völlige Zerstörung und Hinwegführen von Gebäuden.	Längere, mehrere Tage oder Wochen andauernde Überflutung. Schwerere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, große Verluste von Vieh, Menschenverluste. Morphodynamische Prozesse wie Aufsandungen verursachen nachhaltige Schäden und Veränderungen der Oberflächenstruktur.

ber angemerkt werden, dass sich in den Quellentexten auch viele Hinweise auf langfristige Folgewirkungen finden. Zu diesen gehören beispielsweise Konkurse kleiner Betriebe, Geschäftsaufgaben sowie Auswanderungen.

Für die weitere Auswertung wurde aus den Schadbeschreibungen ein dreistufiges Werteschema entwickelt, mit dem die Einzelereignisse klassifiziert wurden (Tab. 1).

Hochwässer als mentales Ereignis: In vielen Fällen lassen die Erklärungen, Beschreibungen und Verhaltensmuster auf die jeweils gültigen mentalen Welten, die Denkweisen und den herrschenden Zeitgeist schließen. Hochwässer waren stets eine Metapher der Sintflut, der Sündenflut. Nach den großen Ereignissen, etwa 1651, folgten wie in Regensburg einschlägige Wasserpredigten, in denen als Grund menschliches Fehlverhalten angeprangert und die darauf folgende Bestrafung durch ein göttliches Gericht ins richtige, kirchliche Licht gerückt wurde.

Hochwässer als Medienereignisse: Eine weitere Facette historischer Hochwässer mutet mitunter modernistisch an: Die großen Hochwässer wurden als Medienereignisse in Szene gesetzt. In Form von Drucken beziehungsweise Flugschriften versuchte man sie zu kommerzialisieren, als Augsburger Guckkastenbilder präsentierte man sie einer sensationsbegeisterten Menge auf Jahrmärkten. Über die großen Hochwässer wurden Schriften angefertigt, wie etwa von Pötzsch (1784) anlässlich der großen Katastrophe von 1784 an der Elbe, die neben erbaulichen Elementen zunehmend auch wissenschaftliches Interesse belegen. Ähnlich Deurer (1784) über die Situation am Neckar 1784. Große Hochwässer waren damit auch ins »klimatologische Langzeitgedächtnis« eingeprägt, zumal die großen Fluten, beispielsweise an der Tauber 1732, mit eigenen Namen und Begriffen belegt wurden. Das erwähnte Ereignis ging als »Diluvium Franconium Magnum« in die Annalen ein, ebenso wie zuvor die »Thüringische Sintflut« von 1613 (Militzer & Glaser 1994). In Gedichte gefasst, als Wasserpredigten vervielfältigt oder als Drucke unters Volk gebracht, dienten sie fortan als Vergleich, als Blaupause für weitere Events.

Hochwässer als morphologische Ereignisse in einer zunehmend transformierten Umwelt

In den vorangegangenen Kapiteln wurde im Zusammenhang mit den Folgeaspekten immer wieder auf die morphologische Wirksamkeit von Hochwasserereignissen Bezug genommen. Die großen historischen Ereignisse waren immer auch als morphodynamische Events wirksam, die zur Umgestaltung der Talandschaft beitrugen. Aufsandungen und Ablagerungen wurden in den Quellen ebenso festgehalten wie Abbrüche, Mäanderdurchbrüche und andere Laufverlagerungen. Oft waren Streitereien zwischen Nachbargemeinden die Folge, wenn auf der einen Seite Abbrüche die Allmende verkleinerten und flussabwärts durch Sedimentation die Weide zunehmend anwuchs. Gerlach (1990) hat in einer beispielhaften Arbeit die Verhältnisse am Main zusammengefasst. Nach ihren Analysen häuften sich die Klagen über Versandung des Mains im 15. Jahrhundert und zu Anfang des 19. Jahrhunderts besonders stark. Ab dem Spätmittelalter war in weiten Bereichen Uferschutz mit Pfahlbauten, Faschinen, Steinkörben und Dämmen rege Praxis. Zudem waren durch Verordnungen die Anrainer zur Reinigung und Offenhaltung angehalten. Der Mensch veränderte den Fluss bereits in historischer Zeit. Zu den direkten Eingriffen müssen auch die baulichen Maßnahmen wie Brücken, Mühlen und Wehre gerechnet werden, die das Strömungsverhalten und damit auch das Sedimentationsverhalten beeinflussten. Trotz dieser vielfältigen Eingriffe ist davon auszugehen, dass keine nachhaltige Umgestaltung des Flusses, sondern eine Überprägung stattfand; die meisten Flüsse Mitteleuropas blieben ein weitgehend natürliches System mit Mäanderbewegungen, Laufverlagerungen und Verzweigungen. Interessanterweise ergeben sich beispielsweise im 16. Jahrhundert mehrere Phasen, in denen natürliche Veränderungen und die darauf einsetzenden Baumaßnahmen gehäuft auftraten.

Anders verhält es sich mit den Veränderungen im Einzugsbereich, soweit sie den Waldanteil sowie Anbaumethoden bzw. Veränderungen der natürlichen und naturnahen Umwelten an sich betrafen (vgl. Jäger 1994). Die Umwandlung von Natur- in Kulturlandschaft hatte den größten Effekt, augenfällig dokumentiert in entsprechenden Auelehmbildungen (vgl. Bork 1988, Bauer 1993). Die grundlegenden Faktoren wie

das Verhältnis beispielsweise von Wald zu Offenland wurden im Wesentlichen durch die Bevölkerungsentwicklung und einige ökonomische, v.a. energetische Parameter gesteuert (Siegler 1996). Für den hier betrachteten Zeitraum ist zunächst auf die enorme Expansion im Zuge der hochmittelalterlichen Ausbauphase zu verweisen, die den Wald immer weiter zurückdrängte. Als Folge der Entwaldung und Kulturmaßnahmen wurden auch die Böden und damit deren Retentionspotenziale verändert. Diese Ausbauphase endete erst mit den Bevölkerungsverlusten des 14. Jahrhunderts, als es im Zuge des mitunter regional sehr differenziert verlaufenden Wüstfallens ganzer Landstriche zu einer Ausdehnung von Wald gegenüber dem Ackerland kam (vgl. Hildebrandt & Kauder 1993). Gegen Ende des 15., vor allem aber Mitte des 16. Jahrhunderts begann, unterbrochen durch den Dreißigjährigen Krieg, eine neue Ausbauphase. Sie fiel insgesamt aber geringer aus als die des 14. Jahrhunderts. Nachfolgende Bevölkerungszunahmen verstärkten den Druck auf die Wald- und Moorareale bis Anfang des 19. Jahrhunderts, als für Mitteleuropa mit nur noch rund 25 % die geringste Waldfläche zu verzeichnen war (Siegler 1996). Um 1900 waren bereits viele Wälder wieder aufgeforstet.

Nachhaltige Veränderungen der Flusssysteme traten mit den ersten Maßnahmen zum Ausbau für frei navigierbare Motorschiffe im 19. Jahrhundert auf. Mit dem in vielen größeren Flusssystemen stattfindenden Ausbau zur kombinierten Wasserkraft- und Schifffahrtsnutzung mit Stauregelung sowie Vergrößerung und Glättung des Abflussprofils war eine grundlegende Umgestaltung verbunden.

Es bleibt festzuhalten, dass zum einen die historischen Hochwässer immer wieder morphodynamische Veränderungen hervorriefen, zum anderen waren sie selbst auch Ausdruck einer sich verändernden physischen Umwelt. Aus diesem Grunde muss die Beschäftigung mit historischen Hochwässern regelmäßig auch die landschaftlichen Rahmenbedingungen berücksichtigen, wobei bis heute Fragen des Waldanteiles sowie der Bearbeitungsmethoden und kulturellen Inanspruchnahme Schwerpunkte bilden (vgl. Mendel et al. 1997).

Im weiteren Verlauf sollen die vorgestellten Kriterien – quantitative Erfassung, Bewertung

der Disposition und des auslösenden Moments, die witterungsklimatischen Ursachen, räumliche Dimension und Wirkungsaspekt – die Grundlage der Auswertbeispiele bilden.

Auswertbeispiele

In einem ersten Arbeitsschritt wurden aus der Datenbank HISKLID Hochwasserinformationen zu langjährigen Regional-Chroniken (Abb. 2-4) zusammengestellt. Die Zuordnung der Einzugsgebiete erfolgte in Anlehnung an den hydrologischen Atlas von Keller (1978).

Die Zeitreihen müssen zunächst als Funktion der Quellenüberlieferung sowie der klimatologischen und landschaftlichen Entwicklung angesehen werden, wobei an dieser Stelle keine umfassende Diskussion der einzelnen Reihen erfolgen kann. Es sollen vielmehr einige Wesensmerkmale angesprochen werden.

Die Zusammenstellungen lassen in allen Flussabschnitten Mitteleuropas hochwasserreiche und hochwasserarme Phasen erkennen. Einige dieser Phasen traten oft zeitgleich ein. Es werden jedoch auch Unterschiede und gegenläufige Entwicklungen sichtbar. Mehrere Gründe lassen sich hierfür nennen: Neben der unterschiedlichen Ausprägung durch die verschiedenen Abflussregime machen sich auch Unterschiede der zirkulationsdynamischen Steuerung sowie auch kleinräumigere witterungsklimatische Ereignisse wie Starkregen bemerkbar. Weitere Gründe liegen in den regionalen Besonderheiten sowie in der Entwicklung der Ausgestaltung der Einzugsgebiete und den baulichen Veränderungen in den Flusssystemen selbst. In den historischen Zeitabschnitten müssen auch Änderungen in der Quellenlage angenommen werden. Es handelt sich dabei nicht zwangsläufig um ein Quellenartefakt, da gerade auch in der modernen Phase der Pegelmessungen unterschiedliche Entwicklungen auftraten. Diese sind im vorliegenden Fall des Mains und der Pegnitz (Abb. 1) mit der räumlichen Dimensionierung – kleinräumige Einzugsgebiete wie im Falle der Pegnitz weisen andere Reaktionen auf wie das größer dimensionierte Maingebiet –, aber auch den unterschiedlich einsetzenden baulichen Veränderungen und Hochwasserschutzmaßnahmen im 19. und v.a. auch im 20. Jahrhundert zu erklären. Auffallend an diesen Reihen ist eine fast schon zyklische Struktur hochwasserreicher

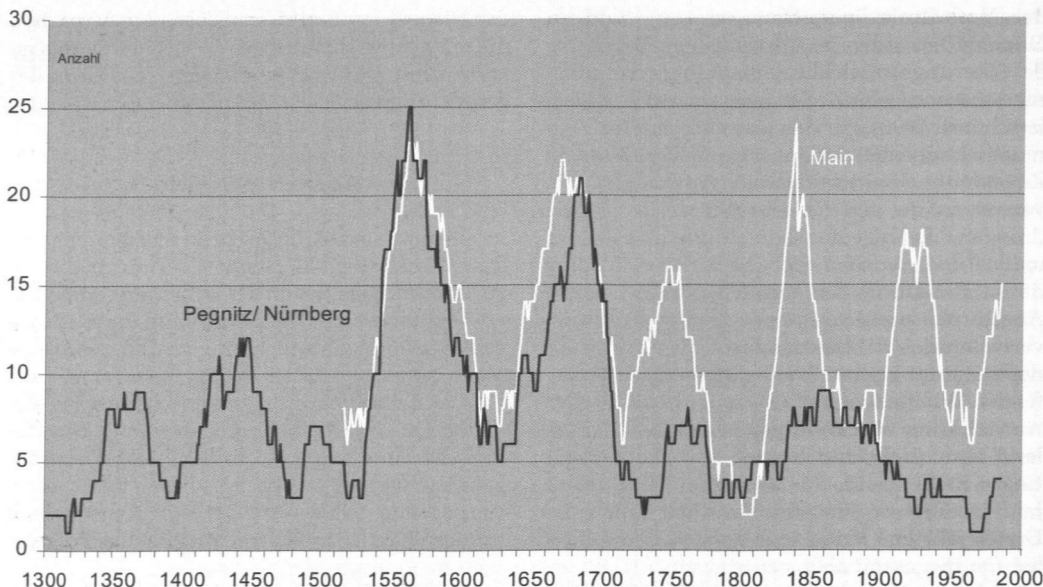


Abb. 1. Entwicklung der Hochwässer an der Pegnitz in Nürnberg und am Main ab 1300. Dargestellt ist der mittelfristige Verlauf in Form 31-jähriger gleitender Häufigkeiten. Ab 1823 wurden als Hochwasserjahre alle Jahre gewertet, in denen die Pegelstände um die 7,5-fache Standardabweichung den Mittelwert 1901 bis 1990 überschreiten.

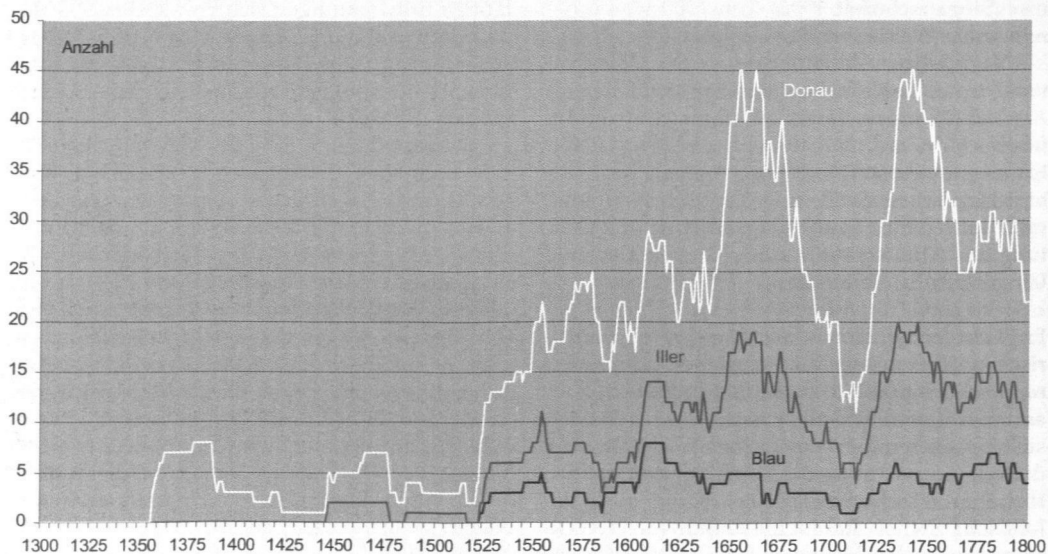


Abb. 2. Entwicklung der Hochwässer von Donau, Blau und Iller in Ulm 1300-1800. Dargestellt ist der mittelfristige Verlauf in Form 31-jähriger gleitender Häufigkeiten.

Phasen und hochwasserärmerer Abschnitte. Als besonders hochwasserreich treten dabei Phasen der Kleinen Eiszeit in Erscheinung.

In Abb. 2 sind die Verhältnisse in Ulm zusammengestellt. Die Hochwasserkurven von Donau, Blau und Iller in Ulm weisen in den ersten

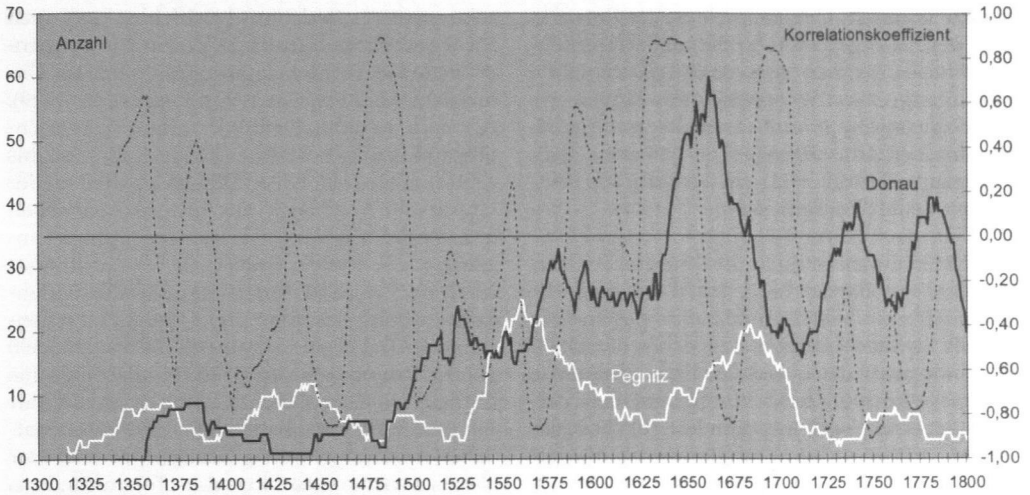


Abb. 3. Vergleich der Hochwasserreihen von Ulm/Donau und Nürnberg/Pegnitz 1300 bis 1800. Dargestellt ist der mittelfristige Verlauf in Form 31-jähriger gleitender Häufigkeiten sowie der Korrelationskoeffizient.

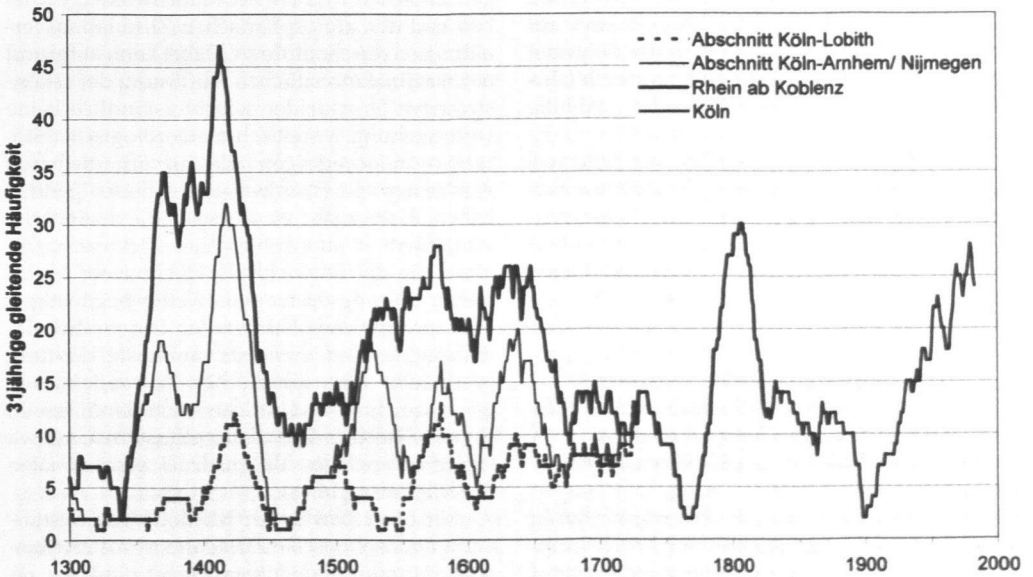


Abb. 4. Entwicklung der Hochwässer an verschiedenen Abschnitten des Niederrheins (31-jährige gleitende Häufigkeiten).

beiden Jahrhunderten einen deutlichen Quellentrend auf, der sich erst Ende des 15. Jahrhunderts auflöst. Seit diesem Zeitpunkt liegen jährliche Quellenangaben vor.

Vergleicht man die beiden Reihen (Abb. 3), dann lassen sich mit Hilfe der Korrelationsana-

lyse Phasen gleichläufiger und gegenläufiger Entwicklungen definieren. Unterschiede im Auftreten von Hochwässern sind zunächst mit den unterschiedlichen Abflussregimen erklärbar. Die Donau weist durch ihren Zufluss Iller bereits glaziale Merkmale auf. Als weitere Erklärungs-

ansätze kommen Unterschiede in der Entwicklung der Einzugsgebiete in Betracht. Gleichläufige Phasen können aber erste Ansatzpunkte einer übergreifenden Interpretation liefern, wie sie beispielsweise im Zusammenhang mit großklimatischen Umstellungen zu erwarten sind. Wiederum fällt die zyklische Struktur als Ähnlichkeit beider Zeitreihen auf.

Äußerst komplex ist auch die Struktur der Verhältnisse am Niederrhein. In Abb. 4 sind die Daten für verschiedene Abschnitte zusammengestellt. Sie verdeutlichen, dass neben den Quellentrends auch die unterschiedliche räumliche Dimensionierung Auswirkungen auf den Verlauf nimmt. Dies gilt insbesondere für die komplexen hydrologischen Verhältnisse am Niederrhein.

Um nur ein Beispiel zu nennen: Nach den Elisabethen-Fluten der Jahre 1421 und 1424 kam es zur Bildung des Bisbos, also einer Verlagerung der Mündung der Waal stromaufwärts und zum verstärkten Abfluss von Rheinwasser auf Kosten der IJssel. Dort kam es in der Folgezeit zu Klagen über Beeinträchtigungen der Befahrbarkeit und zu erfolglosen Versuchen, Abhilfe zu schaffen.

Die Beispiele sollen deutlich machen, wie komplex eine Analyse derartiger Zeitreihen ausfällt und wie stark dabei unterschiedliche Fachdisziplinen zu integrieren sind, die Aufschluss über die angesprochenen Themenkreise bieten können.

Zirkulationsdynamische Analysen: Beziehungen des historischen Hochwassergeschehens zu den atmosphärischen Zirkulationsverhältnissen

In einem internationalen Forschungsvorhaben werden derzeit zusammen mit der Arbeitsgruppe um Prof. Jacobeit am Geografischen Institut der Universität Würzburg und mit Kollegen aus der Schweiz, der Tschechischen Republik und dem Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung die Beziehungen zwischen einzelnen hochwasserreichen und hochwasserärmeren Phasen und dem atmosphärischen Zirkulationsgeschehen seit 1500 untersucht. Erste Ergebnisse wurden bereits vorgestellt (Sturm et al. 2001). Ein wesentlicher Fortschritt der Klimaforschung in jüngster Zeit ist darin zu sehen, dass objektiv

rekonstruierte Bodenluftdruckfelder nun auch für weiter in die historische Zeit zurückreichende Perioden verfügbar geworden sind. Im Unterschied zum Datensatz von Jones et al. (1999), der noch ausschließlich auf frühen instrumentellen Messreihen beruht und deshalb »nur« bis 1780 zurückreicht, haben Wissenschaftler an der Universität Bern auch aus historischem Quellenmaterial abgeleitete Witterungsindizes eingesetzt, um mittels multivariater statistischer Methoden nordatlantisch-europäische Bodenluftdruckfelder für die Vergangenheit zu rekonstruieren. Dabei sind sie zurück bis ins Jahr 1500 gelangt (Luterbacher et al. 2002), allerdings aus Gründen der Datenbeschaffenheit anfänglich nur mit saisonaler, erst ab dem Jahr 1659 mit monatlicher Auflösung. Diese Druckfelder sind vor allem im Winter seit Mitte des 17. Jahrhunderts durch hohe Rekonstruktionsgüte gekennzeichnet und versetzen uns erstmals in die Lage, statistisch-dynamische Analysen zu den Beziehungen zwischen historischem Hochwassergeschehen und den atmosphärischen Zirkulationsverhältnissen durchzuführen. Dabei kann aufgrund der maximal monatlichen Auflösung der rekonstruierten Druckfelder selbstverständlich keine Untersuchung synoptisch-meteorologischer Störungssysteme erfolgen, die zur unmittelbaren Auslösung von Hochwasserereignissen geführt haben. Zielvorgabe ist vielmehr die analytische Identifikation atmosphärischer Zirkulationsregime, die die Entwicklung Hochwasser auslösender Störungssysteme entweder begünstigen oder unwahrscheinlich werden lassen. Zirkulationsregime sind ihrerseits durch die Häufung bestimmter atmosphärischer Zustandsformen gekennzeichnet und drücken sich damit u.a. in charakteristischen Zirkulationsmustern aus (etwa typische Westlagen als Ausdruck eines zonalen Zirkulationsregimes).

Mit einer bewährten Methode zur Bestimmung atmosphärischer Zirkulationsmuster (t-modale Hauptkomponentenanalyse) sind die rekonstruierten Bodenluftdruckfelder in verschiedenen Zeiträumen bearbeitet worden. Abb. 5 zeigt beispielhaft Ergebnisse für den historischen Zeitabschnitt 1659-1799 (ab der Verfügbarkeit monatlich aufgelöster Druckfelder), bezogen auf das Flussgebiet des Mains und seine wichtigste Hochwasserjahreszeit Winter. Es werden Resultate gegenübergestellt, die zum einen für das Kollektiv derjenigen Monate gelten, in denen mindestens ein Hochwasserereignis aufgetreten

ist (Abb. 5a), zum anderen für die verbleibenden hochwasserfreien Zeitabschnitte zutreffen (Abb. 5b). Man gewinnt also Aufschluss sowohl über die vorherrschenden Strömungskonfigurationen in hochwasserbetroffenen Zeitintervallen als auch über kennzeichnende Unterschiede zu den Zirkulationsverhältnissen in hochwasserfreien Perioden.

Vereinfachend werden in Abb. 5 jeweils nur die beiden ersten resultierenden Druckfelder wiedergegeben, die jedoch bereits einen Großteil der Originalvarianz erklären. Bei den beiden wichtigsten hochwasserfreien Zirkulationsmustern für den Winter (Abb. 5b) zeigen sich die aus zahlreichen Studien (z.B. Jacobeit et al. 2001) bekannten Strömungskonfigurationen einer zonalen Westlage sowie eines Druckfeldes mit atlantischem Tief und westwärts ausgeweitetem Russland-Hoch. Im Vergleich dazu ergeben sich bei den hochwasserbezogenen Zirkulationsmustern (Abb. 5a) folgende Veränderungen: Anstelle der prototypischen Westlage entwickelt sich ein häufig bis nach Skandinavien und zum Baltikum ausgedehntes Zentraltief mit Kern zwischen Schottland und Island, das feucht-warme Luftmassen aus Südwesten nach Mitteleuropa führt (Abb. 5a, oben). Dieser Strömungskonfiguration kommt bei der Hochwasserentstehung große Bedeutung zu, da sie sowohl mit ergiebigen Niederschlägen verbunden ist als auch Schneeschmelze bis in höhere Lagen auslösen kann. Sie erweist sich nicht nur für den Main, sondern beispielsweise auch für Rhein und Weser als besonders hochwasserbedeutsam, während ihre Wirksamkeit an der mittleren Elbe durch zunehmende Distanz zum steuernden Zentraltief bereits abnimmt.

Im historischen Zeitraum 1659-1799 ergibt sich daneben als zweites hochwasserbegünstigendes Zirkulationsmuster eine winterliche Druckkonstellation mit trogförmigem Tiefdruckeinfluss im kontinentalen Längsbereich (Abb. 5a, unten), wie sie bei signifikanter Amplitudenverstärkung aus großräumigen Wellen der außertropischen Westdrift hervorgehen kann. Damit sind im Hochwasserkontext nicht nur spezifische Abwandlungen zonaler Strömungslagen zu berücksichtigen, sondern auch meridionalisierte Druckkonstellationen, soweit sie im Bereich des betrachteten Flussgebiets die Entwicklung kräftiger Störungen begünstigen.

Beim Vergleich hochwasserbetroffener und hochwasserfreier Monate ergeben sich im mit-

teleuropäischen Winter also charakteristische Veränderungen in den vorherrschenden Strömungskonfigurationen, wobei vor allem nordwesteuropäische Zentraltiefenlagen mit südwestlicher Vorderseitenströmung, gelegentlich aber auch meridionale Wellenanordnungen mit verstärktem zyklonalem Einfluss in Zentraleuropa als hochwasserbegünstigend in Erscheinung treten. Ähnliche Ergebnisse erhält man auch für andere Flussgebiete mit verwandtem Abflussregime im westlichen Mitteleuropa sowie für andere Zeiträume differierender Datenbelegung (Sturm et al. 2001). Offenbar bestehen also Zusammenhänge zwischen dem übergeordneten Zirkulationsregime in der Atmosphäre und dem regionalen Auftreten von Hochwasserereignissen.

Schlussfolgerungen

Historische Hochwässer eröffnen weit reichende wissenschaftliche Perspektiven. Im Vordergrund stehen neben der Analyse einzelner Events die Ableitung und Darstellung langer regional aufgelöster Hochwasserreihen auf der Basis originärer Quellendaten, die als Grundlage für Langfristbewertungen gerade auch im Zusammenhang mit Fragen von Climatic Change unabdingbar sind. Die historischen Daten eröffnen weitere Auswertepotenziale, etwa die der witterungsklimatischen Disposition und Auslösung der einzelnen Events oder auch die der Folgeschäden sowie der Frage nach der Bezugnahme auf rezente Instrumentendaten.

Die Analyse des Hochwassergeschehens in Mitteleuropa seit 1300 macht deutlich, dass sowohl im historischen als auch im rezenten Zeitabschnitt nachhaltige Fluktuationen der Hochwasserhäufigkeit in Mitteleuropa auftraten. Dabei lassen sich an den untersuchten Flussabschnitten beziehungsweise Einzugsgebieten zahlreiche Übereinstimmungen im raum-zeitlichen Auftreten festhalten. Besonders deutlich ist der Zusammenhang im Winter ausgeprägt; in den anderen Jahreszeiten ist er geringer, ebenso in der rezenten Periode.

Katastrophenhochwässer und ihre Häufungen sind keine neue Erscheinungsform. Insbesondere kann festgehalten werden, dass die beispielsweise im 20. Jahrhundert erkennbare Zunahme der Pegeldurchflüsse und Hochwässer in ähnlicher Form bereits in historischen Phasen

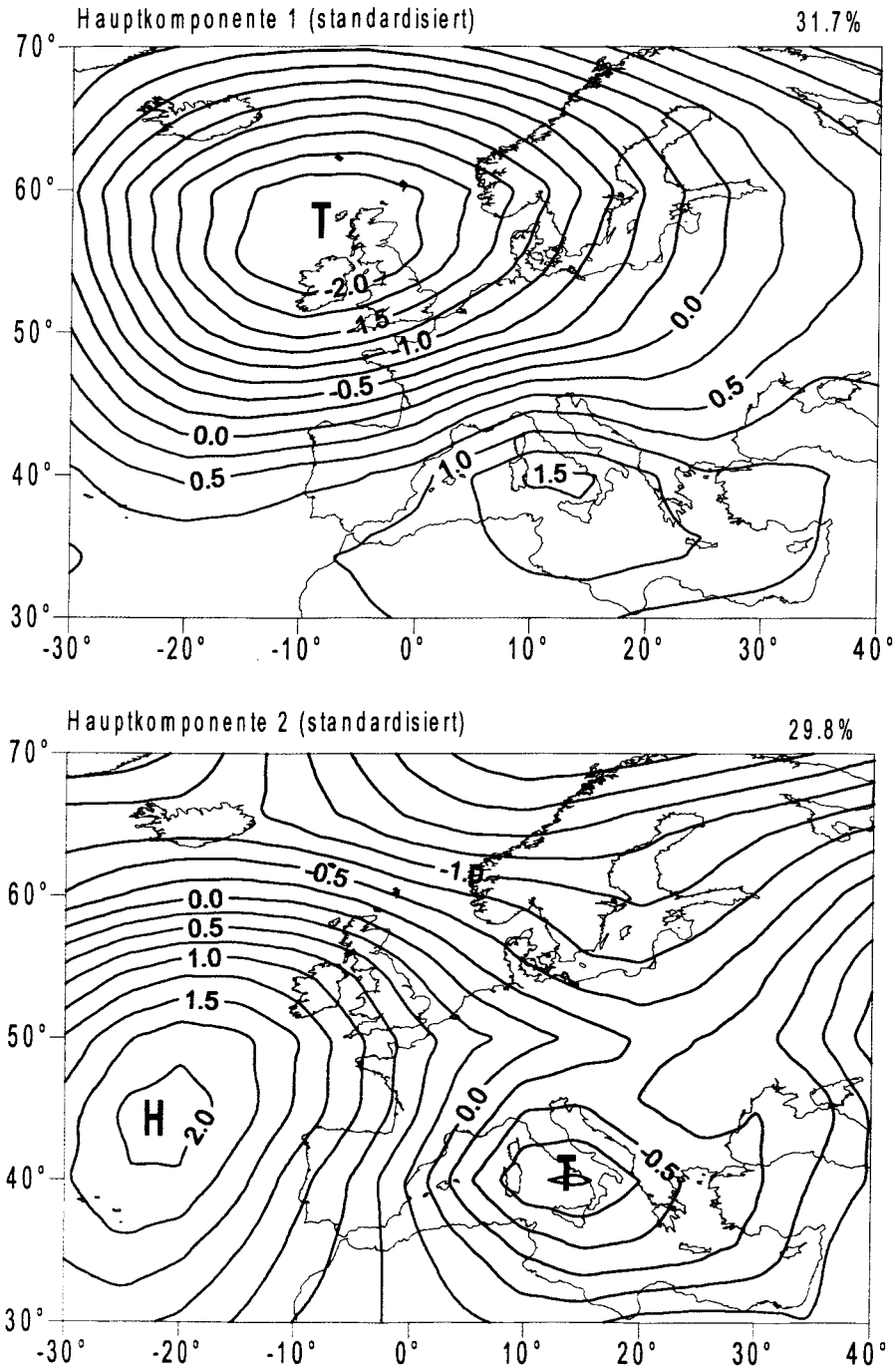


Abb. 5a. Zirkulationsmuster der ersten beiden Hauptkomponenten der winterlichen Bodenluftdruckfelder von Monaten mit Hochwässern am Main im Zeitraum 1659-1799. Die Prozentwerte beziffern die jeweiligen Varianzerklärungsanteile.

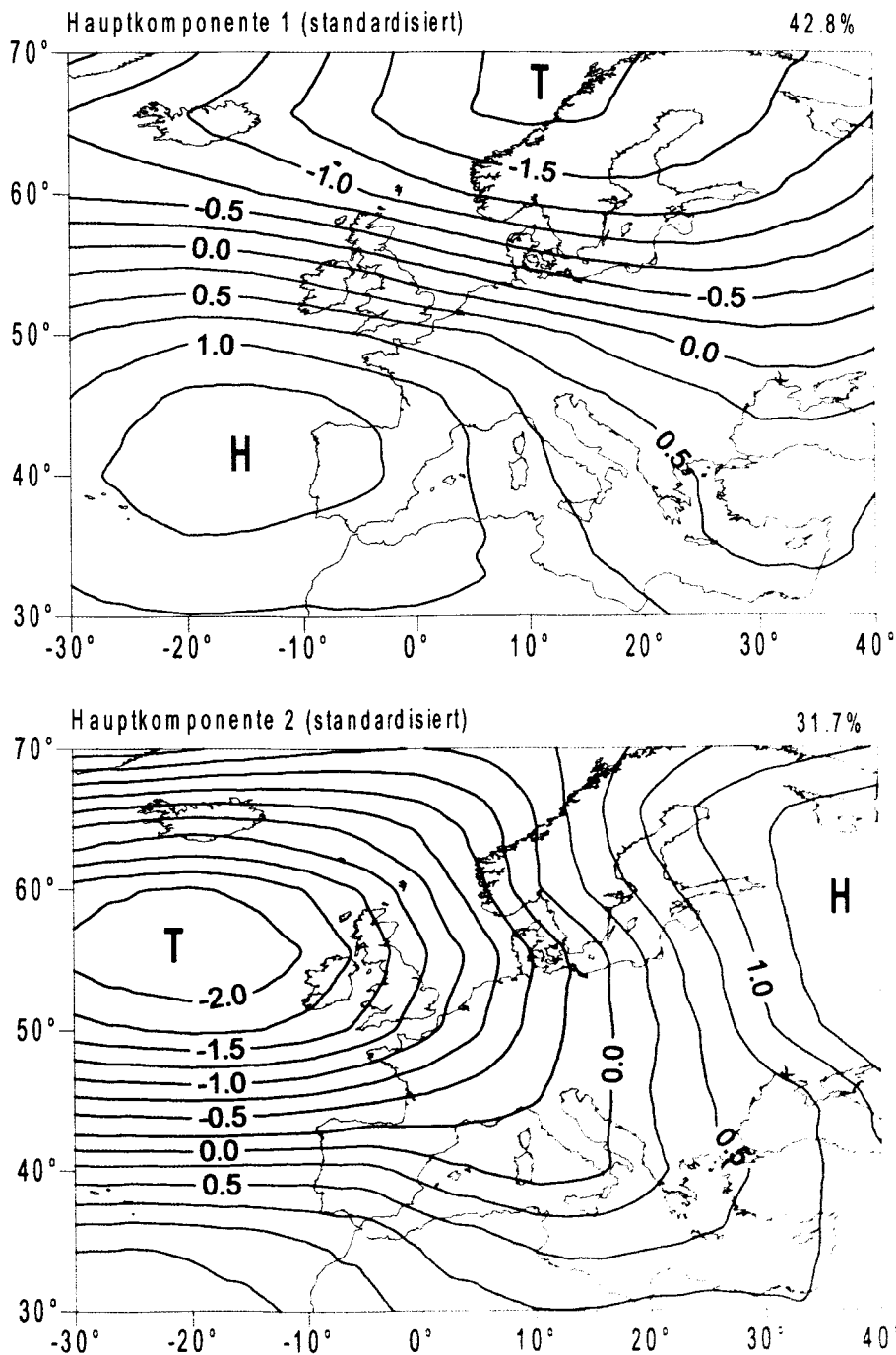


Abb. 5b. Zirkulationsmuster der ersten beiden Hauptkomponenten der winterlichen Bodenluftdruckfelder von Monaten *ohne* Hochwässern am Main im Zeitraum 1659-1799. Die Prozentwerte beziffern die jeweiligen Varianzklärungsanteile.

aufgetreten ist. Diese wurden regelmäßig wieder durch Phasen deutlich reduzierten Hochwasserauftretens abgelöst.

Die Ausarbeitungen haben ferner deutlich gemacht, dass Hochwasserkatastrophen in Mitteleuropa ein ständiger Begleiter waren. In ihrem Auftreten gab es aber in den letzten 700 Jahren nachhaltige Veränderungen. Mittelfristige Zu- und Abnahmen in der Größenordnung von 30 bis 100 Jahren waren die Regel. Dabei wurde deutlich, dass in einigen Phasen der historischen Hochwasserentwicklung Katastrophen häufiger als in den letzten 200 Jahren auftraten. Dies gilt beispielsweise für die Zeit zwischen 1500 und 1750. Einzelne Ereignisse wie das von 1342 übertrafen die uns heute bekannten Extremfälle sogar erheblich.

Darüber hinaus wurden großskalige Zirkulationsanalysen durchgeführt, aus denen plausible Hochwasser begünstigende Druckmuster sowie charakteristische Zirkulationsveränderungen gegenüber hochwasserfreien Zeitabschnitten abgeleitet werden konnten. Offenbar bestehen also Zusammenhänge zwischen dem übergeordneten Zirkulationsregime in der Atmosphäre und dem regionalen Auftreten hydrologischer Extremereignisse.

Aus methodischer Sicht ist eine stärkere Verknüpfung der unterschiedlichen geistes- und naturwissenschaftlichen Disziplinen notwendig, um – wie am Beispiel der Hochwasserentwicklung kurz angedeutet wurde – die verschiedenen Interpretationsansätze zu verifizieren und umzusetzen.

Literatur

- BA Wasserwirtschaft. 1991. Ursachen der Hochwasser 1987 – Ergebnisse der Untersuchungen. – Mitteilungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4, Bern, 85 S.
- Bauer, A. W. 1993. Bodenerosion in den Waldgebieten des östlichen Taunus in historischer und heutiger Zeit – Ausmaß, Ursachen und geoökologische Auswirkungen. – Frankfurter geowiss. Arb., Serie D, Bd. 14, 194 S.
- Bendix, J. 1997. Natürliche und anthropogene Einflüsse auf den Hochwasserabfluss des Rheins. – Erdkunde, Band 51: 292-308.
- Berz, G. 2001. Naturkatastrophenzunahme und globaler Klimawandel – Trends, Befürchtungen und Handlungsoptionen. – Petermanns Geographische Mitteilungen, 145/6: 6-11.
- Bork, H. R. 1988. Bodenerosion und Umwelt – Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, H. 13, 249 S.
- Brázdil, R. 1998. The history of floods on the rivers Elbe and Vltava in Bohemia. – Erfurter Geogr. Arb., Bd. 7: 93-108.
- Brázdil, R. & M. Bukáček. 2000. Chronology of floods in the catchment area of the river Morava (the Czech Republic) since the 16th century. – In: Mikami, T. (ed.): Proceedings of the International Conference on Climate Change and Variability – Past, Present and Future. Tokyo: 139-144.
- Bronstert, A. 1996. Änderung von Hochwassercharakteristiken im Zusammenhang mit Klimaänderungen – PIK Report, 15, Potsdam, 18 S.
- Deurer, E. F. 1784. Umständliche Beschreibung der im Jänner und Hornung 1784 die Städte Heidelberg, Mannheim und andere Gegenden der Pfalz durch die Eisgänge und Ueberschwemmungen betroffenen grossen Noth; nebst einigen vorausangeführten Natur-Denkwürdigkeiten des vorhergehenden Jahres. – Hof- und Akademische Buchhandlung Mannheim, 240 S.
- Deutsch, M. 2000a. Zum Hochwasser der Elbe und Saale Ende Februar/Anfang März 1799. – In: Deutsch, M., K.-H. Pörtge & H. Teltscher (Hsg.): Beiträge zum Hochwasser/Hochwasserschutz in Vergangenheit und Gegenwart. Erfurter Geographische Studien (EGS), Bd. 9, Erfurt, S. 7-44.
- 2000b. Berichte zum Hochwasser von 1871 aus Leubingen, Sömmerda, Straußfurt und Wundersleben. – In: Sömmerdaer Heimatheft, H. 12, S. 94-96.
- Deutsch, M. & K.-H. Pörtge. 1998. Zur Untersuchung historischer Hochwässer der Werra (Abschnitt Eisfeld-Gerstungen) im Zeitraum von 1500 bis 1900. – In: Mäusbacher, R. (Hrsg.): Stofftransport. Methodik, Modellierung, regionale Aspekte. Jenaer Geographische Manuskripte, 19: 18-20.
- 2001. Historische Hochwasserinformationen – Möglichkeiten und Grenzen ihrer Auswertung. – ATV-DVWK Landesverband Bayern. Nürnberger Wasserwirtschaftstage: 23-38.
- Gees, A. 1997. Analyse historischer und seltener Hochwasser in der Schweiz. Bedeutung für das Bemessungshochwasser. – Geographica Bernensia, G53, Bern, 156 S.
- Gerlach, R. 1990. Flußdynamik des Mains unter dem Einfluß des Menschen seit dem Spätmittelalter. – Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 234, 247 S.
- Glaser, R. 1996. Data and Methods of Climatological Evaluation in Historical Climatology. – HSR (Historical Social Research), Vol. 21, 4: 56-88.
- 1998. Historische Hochwässer im Maingebiet – Möglichkeiten und Perspektiven auf der Basis der Historischen Klimadatenbank Deutschland (HIS-KLID). – Erfurter Geogr. Arb., Bd. 7: 109-128.

- 2001. Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. – Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt, 227 S.
- Glaser, R. & H. Hagedorn. 1990. Die Überschwemmungskatastrophe von 1784 im Maintal. Eine Chronologie ihrer witterungsklimatischen Voraussetzungen und Auswirkungen. – DIE ERDE, 121: 1-14.
- Gottschalk, M. K. E. 1971, 1975, 1977. Stormvloed en rivieroverstromingen in Nederland. – 3 Bde. Assen: Van Gorcum.
- HHOWAD: Historische Hochwasserdatenbank (im Fachgebiet Geographie der Universität Erfurt).
- Hildebrandt, H. & B. Kauder. 1993. Wüstungsvorgänge im westlichen Steigerwald. – Forschungskreis Ebrach e.V., 90 S.
- HISKLID: Historische Klimadatenbank Deutschland, Prof. Dr. Rüdiger Glaser, Geographisches Institut, Universität Heidelberg.
- Jacobeit, J., P. D. Jones, T. D. Davies & C. Beck. 2001. Circulation changes in Europe since the 1780s. – In: Jones, P. D., A. Ogilvie, T. D. Davies & K. R. Briffa (eds.): History and Climate: Memories of the Future? New York/Boston/London, 79-99.
- Jäger, H. 1994. Einführung in die Umweltgeschichte. – Darmstadt, 245 S.
- Jones, R. D., E. J. Ogilvie & T. M. L. Wigley. 1984. Riverflow Data for the United Kingdom: Reconstructed Data Back to 1844 and Historical Data Back to 1556. – Climatic Research Unit, Norwich, 157 p.
- Jones, P. D. et al. 1999. Monthly Mean Pressure reconstruction for Europe 1780-1995. – Int. J. Climatol., 19: 347-364.
- Keller, R. (ed.) 1978. Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. – Textband, 365 S.
- Kotyza, O., F. Cyrk & V. Pazourek. 1995. Historické povodně na dolním Labi a Vltavě. – Okresní muzeum v Decín, Decín, 1659 S.
- Liebscher, H.-J., P. Krahe & W. Witte. 1988. Rekonstruktion der Witterungsverhältnisse im Mittelrheingebiet von 1000 n. Chr. bis heute anhand historischer hydrologischer Ereignisse. – Abschlussbericht zum BMFT-Forschungsvorhaben LOF 10/85, 62 S.
- Luterbacher, J. et al. 2002. Reconstruction of Sea Level Pressure Fields over the Eastern North Atlantic and Europe Back to AD 1500. – Climate Dynamics 18: 545-561.
- Mendel, H. G., P. Fischer & A. Hermann. 1997. Hochwasser – Gedanken über Ursachen und Vorsorge aus hydrologischer Sicht. – BfG-1022, 53 S.
- Militzer, S. & R. Glaser. 1994. Die Thüringische Sintflut von 1613. Szenarium – Schadensbild – Katastrophenmanagement. – Zeitsch. d. Vereins f. Thüringische Geschichte, 48: 69-92.
- Pfister, C. 1999. Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen 1496-1995. – Bern (Haupt), 304 S.
- Pötzsch, C. G. 1784. Chronologische Geschichte der grossen Wasserfluthen des Elbstroms. – Walther, Dresden, 232 S.
- Rojecki, A., R. Grigus & W. Strupczewski. 1965. Wyjatkki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XIV. – Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 214 S.
- Schiller, H. 1986. Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten am schiffbaren Main und überregionaler Vergleich der Ergebnisse. – Beitr. z. Hydrologie, Sonderheft 6: 79-101.
- Seberich, F. 1958. Die alte Mainbrücke zu Würzburg. – Mainfr. Hefte, 31, 198 S.
- Sieglerschmidt, J. 1996. Social and Economic Landscapes. – In: Ogilvie, S. (ed.): Germany. A New Social and Economic History, Volume 2, 1630-1800, S. 1-38.
- Sturm, K., R. Glaser, J. Jacobeit, M. Deutsch, R. Brazdil, C. Pfister, J. Luterbacher & H. Wanner. 2001. Hochwässer in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation. – PGM, 6: 14-23.
- Tetzlaff, G., M. Börmgen & A. Raabe. 2001. Das Jahrtausendhochwasser von 1342 und seine meteorologische Ursachen. – ATV-DVWK Landesverband Bayern. Nürnberger Wasserwirtschaftstage: 5-22.
- Weikinn, C. 1958-1963. Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850. – Bd. I-IV, Berlin.
- Witte, W. 1991. Der Aussagewert von historischen hydrologischen Daten im Vergleich zu meteorologischen und (para-) phänologischen Daten für die Rekonstruktion der Witterung im Mittelrheingebiet seit dem 14. Jahrhundert. – Würzburger Geographische Arbeiten, 80: 149-182.