

Zur Temperatur- und Hochwasserentwicklung der letzten 1000 Jahre in Deutschland

R. Glaser, Ch. Beck, H. Stangl

Der vorliegende Beitrag verdeutlicht, welche Potenziale historische Aufzeichnungen, frühe instrumentelle Messungen aber auch Illustrationen, Hochwassermarken und andere indirekte Klimadaten für die Klima- und Hochwasserrekonstruktion der letzten 1000 Jahre eröffnen.

Kapriolen des Klimas zwischen Hochwasserkatastrophe und Hitzesommer?

Eine dramatische Inszenierung hätte besser nicht sein können: Dem extremen und folgenschweren Hochwasser 2002 folgte 2003 ein Hitzesommer in weiten Teilen Mitteleuropas, dem zumindest bei Betrachtung der für die letzten etwa 100 bis 200 Jahre verfügbaren instrumentellen Messreihen Einmaligkeit zukommt. Seit Beginn der 1990er Jahre trugen mehrfach auftretende schwere Hochwässer in verschiedenen Flusseinzugsgebieten aber auch die katastrophalen Auswirkungen von Sturmereignissen wie Vivian, Wiebke und Lothar dazu bei das Bild einer in jüngster Zeit auffälligen Häufung sogenannter „Jahrhundertereignisse“ zu prägen.

Das Auftreten solch außergewöhnlicher Ereignisse bedingt regelmässig zum einen eine Anfachung der Diskussion um die menschliche Einflussnahme auf das Klimasystem und zum anderen die Frage nach dem historischen Äquivalent des aktuellen Ereignisses und damit nach Einordnung des rezenten Geschehens in den Kontext langzeitlicher Klimavariabilität.

Um eine diesbezügliche Beurteilung vornehmen zu können, sind möglichst lange Zeitreihen der verschiedenen klimatischen und hydrologischen Größen unabdingbar. Etwa seit Ende des 18. Jahrhunderts liegen für zahlreiche Flussgebiete erste instrumentelle Pegel- oder Durchflussmessungen vor und auch die Aufnahme der regelmäßigen und standardisierten Erfassung von Klimaelementen wie Temperatur und Niederschlag begann in verschiedenen Regionen Mitteleuropas vor etwa 200 Jahren. Aus der Analyse dieser langen instrumentellen Zeitreihen ergeben sich die bekannten säkularen Trends. So ist im Einzugsgebiet des Rheins eine Zunahme des Winterniederschlags um etwa 30% zu verzeichnen - einhergehend mit einer entsprechenden Zunahme des jährlichen Hochwasserabflusses am Pegel Köln seit 1891 (Mendel et al. 1997). Zwischen 1891 und 1990 wurde ferner eine markante Erhöhung der Temperaturen in Mitteleuropa registriert: in jahreszeitlicher Auflösung betrug die Erwärmung mancherorts über 1 °C (Schönwiese et al. 1993). Und auch die Folgen des vor allem seit den 1970er Jahren ablaufenden Klimawandels sind mittlerweile unübersehbar: Neben Rückschmelztendenzen alpiner Gletscher (Maisch et al. 2000) ist so in den vergangenen 30 Jahren beispielsweise eine Verlängerung der Vegetationsperiode um bis zu 12 Tage zu beobachten.

So eindrucksvoll diese Ergebnisse auch sein mögen, der den verschiedenen Analysen zugrunde liegende Untersuchungszeitraum von bis zu 200 Jahren ist recht kurz bemessen, um die Variabilität unseres Klimasystems und seiner Folgewirkungen zu erfassen. Eine Einordnung der rezent beobachteten klimatischen Entwicklungen in einen umfassenderen Kontext natürlicher Klimavariabilität erfordert die Betrachtung längerer, über die letzten beiden - zunehmend durch anthropogene Einflussnahme geprägten - Jahrhunderte hinausgehende Zeitreihen. Nur so lässt sich beurteilen, ob sich die genannten, über die letzten 100 bis 200 Jahre zu beobachtenden Entwicklungen in das Bild langzeitlicher natürlicher Klimadynamik einfügen oder aber davon abweichende Strukturen aufweisen, die als Auswirkungen menschlicher Eingriffe in das Klimageschehen interpretiert werden müssen.

Die Historische Klimatologie zielt auf der Basis von primär schriftlichen Quellen auf die Erstellung und Analyse langer Zeitreihen von Temperatur, Niederschlag und zirkulationsdynamischen Parametern sowie von Extremereignissen ab, die über den Zeitraum der amtlichen instrumentellen Beobachtungsperiode hinaus in die Vergangenheit reichen. Dabei nutzt dieser Forschungszweig eine Vielfalt von Datentypen, deren Interpretation eine breite methodische Vielfalt und insbesondere die Integration naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlich-historischer Ansätze erforderlich macht.

Historische Klimaaufzeichnungen zwischen subjektiver Wahrnehmung und objektiver Realität

Historische Klimaaufzeichnungen besitzen eine spezifische Struktur: Ein immer wieder zu erkennendes Charakteristikum ist der Quellentrend. Verschiedene Faktoren wie das generelle Bevölkerungswachstum und das ansteigende allgemeine Bildungsniveau aber auch technische Innovationen wie die Erfindung des Buchdrucks oder die Verfügbarkeit von Papier und schließlich der mit Annäherung an die Gegenwart kürzer werdende Weg durch die Wirren der Geschichte bringen es mit sich, dass mit der Zeit eine größere Anzahl historischer Quellen verfügbar ist. Hinsichtlich der Datenstruktur lassen sich die vergangenen 1300 Jahre für Mitteleuropa in 5 Phasen untergliedern (vgl. auch Pfister 2001):

- Die ältesten Quellen, die ab dem 8. Jahrhundert vorliegen, sind eher sporadisch. Es handelt sich dabei um Beschreibungen von Einzelereignissen und Naturkatastrophen wie Überschwemmungen, Winterstrenge, Sommerdürre, Nordlichter, Erdbeben oder vulkanische Erscheinungen.
- Seit dem späten Mittelalter gibt es fast lückenlose Beschreibungen von Sommer und Winter, zunehmend auch Informationen über Frühling und Herbst.
- Seit 1500 – mehr Menschen konnten lesen und schreiben und es gab mehr Papier - liegen nahezu kontinuierliche monatliche, abschnittsweise sogar tägliche Wetterbeschreibungen vor.
- Seit 1680 werden diese Informationen durch individuelle Instrumentenmessungen ergänzt. Außerdem gibt es bereits die ersten kurzzeitigen Messnetzwerke.
- Im 19. Jahrhundert werden auf der Basis von Instrumentenmessungen amtliche Messnetze etabliert.

Proxydaten in der historischen Klimatologie

Unter Proxydaten (auch indirekte Klimadaten oder Klimazeiger) versteht man Daten, die zwar keine direkten Klimainformationen beinhalten, die aber in hohem Maße klimaabhängig sind und damit Rückschlüsse auf die klimatischen Verhältnisse erlauben. Wichtige, in der historischen Klimatologie Verwendung findende Proxydaten sind beispielsweise Ertragsangaben von Wein und Getreide, phänologische Daten oder auch Daten die aus Baumringen oder laminierten Sedimenten abgeleitet werden können.

Der Zusammenhang zwischen Proxydaten und Klimaparametern kann mittels statistischer Transferfunktionen quantifiziert werden, wobei hier darauf zu achten ist, dass nichtklimatische Einflussgrößen (etwa der Einfluss sich ändernder Bewirtschaftungsmethoden auf die landwirtschaftlichen Erträge) in geeigneter Weise berücksichtigt werden müssen.

Neben den direkten Klimabeschreibungen können auch zahlreiche indirekte Klimadaten, sogenannte Proxies (siehe Box - Proxydaten in der historischen Klimatologie) zur Klimarekonstruktion herangezogen werden. Mit Hochwassermarken und frühen instrumentellen Meßdaten stehen ergänzend oftmals auch vereinzelte quantitative Parameter zur Verfügung, was speziell für die Kalibrierung des historischen Datenmaterials mit den rezenten Meßdaten von Bedeutung ist.

Von Chroniken, Flugschriften und Wasserpredigten - zur spezifischen Struktur des Datenmaterials

Schriftliche Quellen stellen das Gros des historischen Datenmaterials dar. Sie beinhalten oftmals detaillierte Beschreibungen des Witterungsverlaufes sowie dessen Auswirkungen, beispielsweise auf die landwirtschaftliche Ertragssituation. Mitunter liegen die klimatischen Informationen in zeitlich und räumlich so hoher Auflösung vor, dass selbst kurzzeitige lokale oder regionale Extremereignisse erfasst und analysiert werden können. Im Falle von Hochwässern finden sich vielfach auch Angaben zur räumlichen Ausprägung des Ereignisses, zu Folgewirkungen und administrativen Reaktionen.

Unter den ältesten Überlieferungen befinden sich vereinzelte Einträge in Chroniken, die in Städten oder in Klöstern geführt wurden. Sporadisch finden sich dort klimatisch relevante Informationen - teils eher beiläufig erwähnt, etwa im Zusammenhang mit den Auswirkungen auf die Ernte, teils eindringlich geschildert und mit imposanten Bildern versehen. Die seit der frühen Neuzeit verbreiteten Wettertagebücher belegen eine systematische Beschäftigung mit Wetter und Klima. Wegen ihrer erstaunlichen Detailfülle bieten diese besonders ergiebige Ansatzpunkte einer witterungsklimatischen Interpretation. In ganz Europa hielten Beobachter in täglichen Aufzeichnungen den Bewölkungsgrad, auftretenden Niederschlag, Luftwärme und Besonderheiten wie starken Wind fest.

Mehr kommerzielle Interessen verfolgte man mit den sogenannten Flugschriften. In wortgewaltigen Beschreibungen wurden meist katastrophale Witterungsphänomene in Szene gesetzt (Abb. 1). Oft auch als disziplinierendes Sprachrohr klerikaler oder weltlicher Interessen genutzt, fanden diese Druckwerke eine rasche Verbreitung unter einer latent sensationslustigen Bevölkerung. Wetter, Witterung und Klima waren

auch schon immer ein „Geschäft“.

Von besonderem Interesse sind frühe Instrumentenmessdaten. So unternahm interessierte Einzelpersonen im Zuge der Aufklärung mit neuentwickelten technischen Geräten erste Messungen von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit. Für die Jahre 1677 bis 1679 sind etwa zusammenhängende Instrumentenmessungen von Leibnitz überliefert, die dieser auf Anregung des französischen Physikers Mariotte in Hannover durchführte (Glaser 2001). Diese und andere Pioniere der Klimamessung lieferten erstmals objektivierbare, weil metrische Daten, die für die heutige Analyse von besonderem Wert sind. Ähnliches gilt für die Hochwassermarken (Abb.2), die heute noch an zahlreichen Häusern, Stadttoren und Brücken Zeugnis vergangener Wasserfluten ablegen.

Neben diesen aus zeitaufwendigen Archivrecherchen zu gewinnenden Daten, existieren zahlreiche Kompilationen, die aber aus quellenkritischer Sicht mitunter abzulehnen sind, wie etwa von Hennig (1904) oder die viel zitierte Arbeit von Weikinn (1958-1963). Im Informationszeitalter erhalten Datenbanken wie die Historische Klimadatenbank Deutschland „HISKLID“ (URL: <http://www24.brinkster.com/hisklid/index.htm>), die in derzeit etwa 180.000 Datensätzen Textpassagen mit Quellenangaben sowie daraus abgeleitete Indizes (bezüglich Temperatur, Niederschlag, Windverhältnissen und Grad der Himmelsbedeckung) enthält und somit zahlreiche Möglichkeiten zur statistischen Analyse und zur Interpretation der historischen Klimainformationen eröffnet, eine zunehmende Bedeutung.



Abb. 1 Flugschrift zum Hochwasserereignis 1651.
Quelle: Bayer. Staatsbib. München, Fl.-Nr. 03099.



Abb. 2 Hochwassermarken in Eibelstadt am Main.

Bewertung und Interpretation der Daten

Bei der Arbeit mit historischen Quellen muß man sich des subjektiven Charakters der Aufzeichnungen bewußt sein. Um die Komponenten rein individueller Wahrnehmung des Autors von den objektiven Informationsbestandteilen zu trennen, sind zunächst historische Arbeitstechniken beziehungsweise hermeneutische Methoden erforderlich, in denen sowohl biographischen als auch den textlich-interpretatorischen Aspekten nachgegangen wird, oder Kalenderanpassungen vorgenommen werden. Erst durch eine solchermassen quellenkritische Bearbeitung (siehe Box - Quellenkritische Bewertung historischer Klimainformationen und Abb. 3) erlangen die Inhalte historischer Aufzeichnungen klimatologische Aussagekraft.

Quellenkritische Bewertung historischer Klimainformationen

Historische Klimainformationen müssen vor einer weiteren Bearbeitung oder klimatologischen Interpretation mittels quellenkritischer Methoden hinsichtlich ihrer Verlässlichkeit überprüft werden.

Unter anderem sind hierbei etwa die Motivation, der schulische und berufliche Hintergrund des jeweiligen Chronisten aber auch der jeweils herrschende Zeitgeist und die Erkenntniswege zu berücksichtigen. Wesentliche Bedeutung kommt daneben auch der Zusammenschau der verschiedenen verfügbaren Quellen zu. Einen Überblick der Komponenten einer kritischen Bewertung und Interpretation des historischen Datenmaterials gibt Abb. 3.

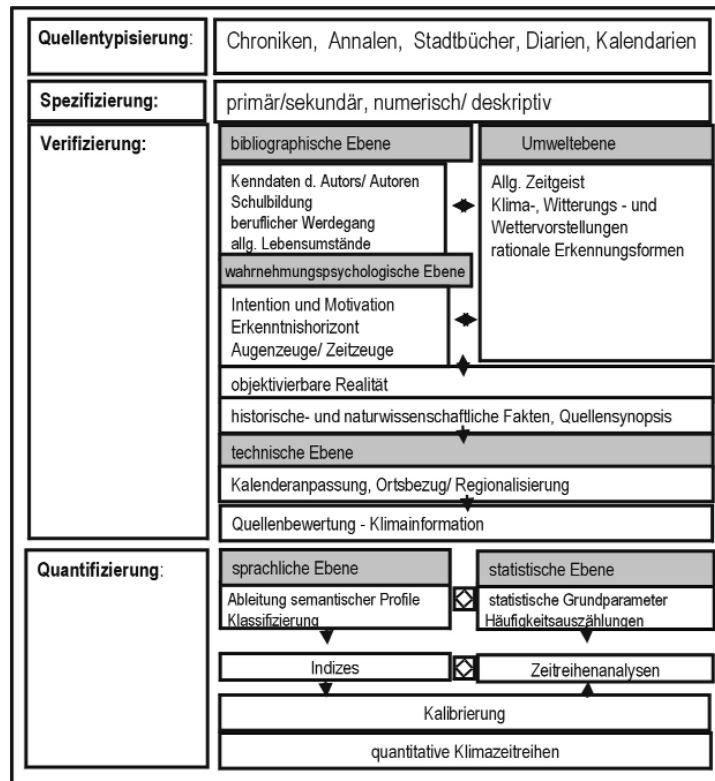


Abb. 3 „Quellenkritisches Ablaufschema“

Quelle: Glaser (2001)

Von der Quelle über den Index zum Temperaturwert - das Klima des vergangenen Jahrtausends

Wie im vorhergehenden Kapitel erläutert, besteht der größte Anteil des historischen Datenmaterials zunächst aus deskriptiven Informationen. Im Hinblick auf die gegenwärtigen Fragestellungen genügt aber nicht die bloße Zusammenstellung und kritische Überprüfung historischer Klimaberichte, von vitalem Interesse ist neben solch qualitativen Betrachtungen insbesondere ein quantitativer Vergleich mit der aktuellen Situation.

Die Ankopplung der historischen Quelleninformationen an die rezenten Meßwerte wird möglich durch eine Klassifizierung der Daten in sogenannte gewichtete Klima-Indizes (siehe Box - Die Erstellung gewichteter Klimaindizes), auf deren Grundlage bereits semiquantitative Zeitreihen erstellt werden können. Mittels statistischer Verfahren lassen sich in einem weiteren Schritt aus diesen Indexwerten wiederum Schätzwerte für die verschiedenen Klimaelemente ableiten (siehe Box - Ableitung metrischer Klimadaten aus Klimaindizes).

Als Ergebnis eines entsprechenden Vorgehens auf der Grundlage historischer Klimainformationen aus Mitteleuropa resultiert beispielsweise die in Abb. 4 dargestellte rekonstruierte lange Temperaturreihe seit dem Jahr 1000.

Die absolute Kalibrierung der indizierten Klimareihen erfolgte in diesem Fall unter Verwendung linearer Regressionsmodelle, die im Zeitraum 1951 - 1995 erstellt und für die Jahre 1901 bis 1950 verifiziert wurden. Prädiktoren waren hierbei die gewichteten Temperaturindizes, als Prädiktanden fanden Deutschland-Flächenmittel der Lufttemperatur (Rapp 2000) Verwendung.

Die Erstellung gewichteter Klimaindizes

Wie lassen sich die klimabezogenen Informationen historischer Texte in Klimawerte umsetzen?

Ein in der historischen Klimatologie gängiges Verfahren beruht auf der Zuweisung von Zahlenwerten zu den in den Quellen zum Ausdruck kommenden Intensitätsabstufungen der verschiedenen Klimaparameter. So können etwa die Umschreibungen „schrecklich heiß“ mit dem Wert +3, „heiß“ mit +2, „überdurchschnittlich warm“ mit +1 und „normal“ mit 0 ausgedrückt werden. Auf diese Weise erhält man gewichtete Indizes, die üblicherweise den Wertebereich von +3 bis -3 umfassen. Im Gegensatz hierzu werden bei Vorliegen von weniger stark differenzierten Informationen sogenannte ungewichtete Indizes abgeleitet, die durch die Werte +1, 0 und -1 lediglich Über- bzw. Unterschreitungen des klimatologischen „Normalzustands“ erfassen.

Um kontinuierlich fortlaufende Indexreihen bis in die Gegenwart hinein erstellen zu können, erfolgt für jüngere Zeiträume (in Mitteleuropa ab dem frühen 18. Jahrhundert) die Ableitung gewichteter Klimaindizes auf der Grundlage verfügbarer instrumenteller Klimamessdaten, die unter Verwendung eines Schwellenwerts (mehrfaches der Standardabweichung) in Indexdaten transformiert werden. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass die räumliche Verteilung der verwendeten Stationsdaten dem Raummuster der historischen Quellen entspricht (Glaser et al. 1999).

Neben kurz- und mittelfristigen Fluktuationen lässt die dargestellte Reihe der Jahresmitteltemperaturen auch die langfristigen Klimamodifikationen erkennen, die unter den Begriffen (spät-)mittelalterliches Wärmeoptimum, Kleine Eiszeit und Modernes Klimaoptimum bekannt sind. Weitergehende Erkenntnisse erschließen sich durch eine saisonale Betrachtung auf der Grundlage hier nicht gezeigter Temperatur-Indexreihen: während etwa im Mittelalter die Sommer im allgemeinen wärmer und die Winter kühler waren als im Millenniumsdurchschnitt, so sind mit der derzeitigen positiven Abweichung des Jahresmittels gemäßigte Gegensätze zwischen den Jahreszeiten verbunden. Diesem Unterschied zwischen stärker kontinental und deutlicher ozeanisch geprägtem Klimacharakter in Mitteleuropa liegen veränderte zirkulationsdynamische Rahmenbedingungen zugrunde, die sich im Mittelalter durch das gehäufte Auftreten antizyklonaler Zirkulationsstrukturen auszeichnen während im 20. Jahrhundert eine Bedeutungszunahme der zonalen Zirkulationsformen registriert werden kann.

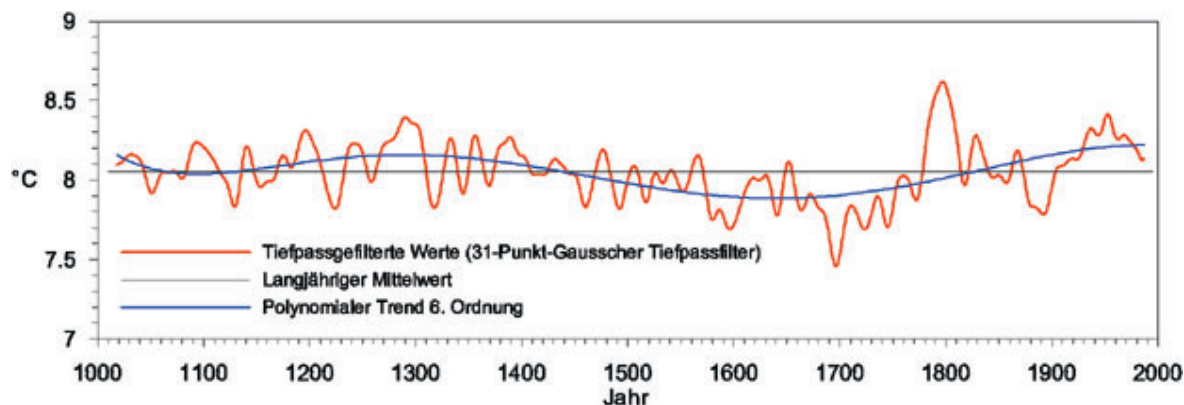


Abb. 4 Jahresmittel der Temperatur in Mitteleuropa seit 1000 n.Chr.; mittlerer Verlauf (31-jähriger Filter) und langfristige Entwicklung (polynomialer Trend 6. Ordnung).

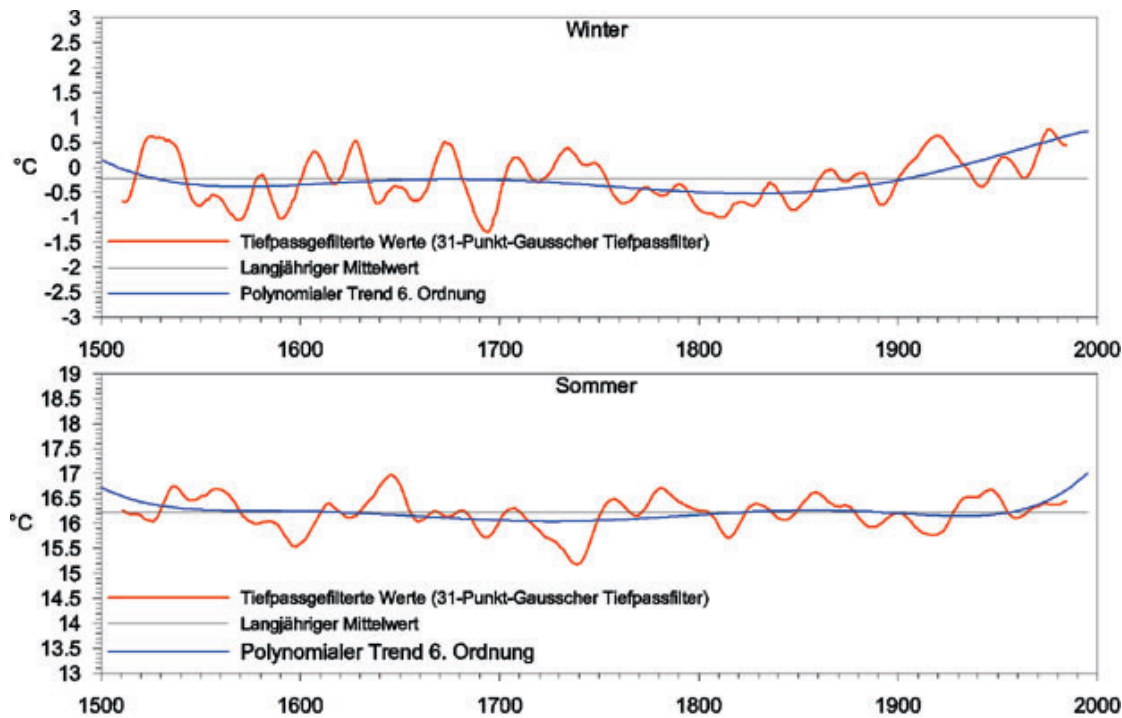


Abb. 5 Winter- und Sommertemperaturen in Mitteleuropa seit 1500 n.Chr.; mittlerer Verlauf (31-jähriger Filter) und langfristige Entwicklung (polynomialer Trend 6. Ordnung).

Für den Zeitraum ab 1500, für den eine differenziertere Datengrundlage vorhanden ist, können – entsprechend dem Vorgehen zur Rekonstruktion der absolut kalibrierten 1000-jährigen Reihe der Jahresmitteltemperaturen - auch saisonale Temperaturreihen rekonstruiert werden, die für Winter und Sommer in Abb. 5 dargestellt sind.

Auch die jahreszeitliche Betrachtung offenbart eine ausgeprägte Variabilität des thermischen Klimas in Mitteleuropa auf verschiedenen Zeitskalen. So sind aus den Temperaturverläufen sowohl kurzfristige Ereignisse wie das „Jahr ohne Sommer“ (1816) als auch längere Phasen bevorzugt positiver oder negativer Abweichungen vom langjährigen Mittelwert abzulesen. Deutlich zutage treten beispielsweise verschiedene Ausprägungsphasen der Kleinen Eiszeit (Sommerliche Abkühlung um 1600 und zwischen 1710 und 1740; Kalte Winter zur Zeit des Late Maunder Minimums zwischen 1690 und 1700). Mit Blick auf eine Bewertung der rezenten Veränderungen im langzeitlichen Kontext zeigt sich, dass insbesondere der Verlauf der Wintertemperaturen im 20. Jahrhundert eine klimatische Entwicklung darstellt, für die sich in den vorhergehenden Jahrhunderten kein Äquivalent findet.

Ableitung metrischer Klimadaten aus Klimaindizes

Die absolute Kalibrierung indizierter Klimadaten, also die Ableitung metrisch skalierten Temperatur-, Niederschlags oder auch Luftdruckreihen aus ordinal skalierten Indexreihen erfolgt unter Verwendung statistischer Transferfunktionen (Regressionsmodelle, Kanonische Korrelationsmodelle, ...), die jeweils in einem Zeitraum, für den sowohl Indexreihen als auch instrumentelle Messreihen vorliegen etabliert (kalibriert) werden. Nach Überprüfung der Modellgüte in einem unabhängigen Verifikationszeitraum werden die Transferfunktionen, unter Annahme der langzeitlichen Stationarität der Zusammenhänge zwischen Indexreihen und instrumentellen Messwerten, auf den Gesamtzeitraum für den Klimaindizes vorliegen übertragen, um auf diese Weise auch für Zeitabschnitte ohne instrumentelle Messdaten absolute Werte der Klimaparameter abzuschätzen (Glaser et al. 1999).

Glaser (2001) konnte auf der Basis entsprechender Niederschlagsrekonstruktionen zeigen, dass auch der Niederschlagsgang des vergangenen Jahrtausends von einem steten Auf und Ab geprägt ist. Auch bei Zugrundelegung des 1000-jährigen Betrachtungszeitraums erscheint aber insbesondere der vor allem im Winterhalbjahr ausgeprägte neuzeitliche Anstieg der Niederschlagssummen seit etwa 1850 als herausragendes Element der langzeitlichen Niederschlagsentwicklung in Mitteleuropa.

Historische Zeitreihen als Grundlage für die Rekonstruktion von europäischen Druckfeldern

Ebenfalls auf der Grundlage verschiedener historischer Daten (sowohl die oben erwähnten gewichteten Klimaindizes als auch frühe instrumentelle Daten sowie verschiedene Proxydaten) wurden Rekonstruktionen von Bodenluftdruckfeldern für den Bereich Östlicher Nordatlantik-Europa in saisonaler (ab 1500) bzw. monatlicher (ab 1659) zeitlicher Auflösung durchgeführt (Luterbacher et al. 2002). Auch hierbei erfolgte die Rekonstruktion mittels der Übertragung statistischer Transferfunktionen zwischen Indexreihen und – in diesem Fall - beobachteten Bodenluftdruckfeldern von einem rezenten Referenzzeitraum auf die Gesamtperiode.

Auf der Basis dieses Datensatzes eröffnet sich ein weites Feld für die Untersuchung der zirkulationsdynamischen Rahmenbedingungen langzeitlicher Klimavariabilität (z.B. Jacobbeit et al. 2003b).

Von der „Zornrute Gottes“, der Sünden- oder Sintflut und dem Werk des Teufels - Hochwässer als historisches Phänomen

Hinweise auf historische Hochwässer sind in den Quellen in verschiedenster Form enthalten. In Wasserpredigten wurde menschliches Fehlverhalten als Ursache für die Hochwässer genannt, was im Metapher der Süntflut, Sündenflut oder sogar als Zornrute Gottes zum Ausdruck kam. Interessanterweise bezeichnete Luther in seinen Predigten die Hochwässer der Elbe als Werk des Teufels.

Für die Rekonstruktion von historischen Hochwasserereignissen sind die Hinweise auf die Hochwasserfolgen sowie die sozialen und ökonomischen Auswirkungen besonders ergiebige Ansatzpunkte. Alle Schaden bringenden Hochwässer bedingten administrative Maßnahmen, die beispielsweise in Ratsprotokollen oder Akten der Steuerbehörden und Bauämter niedergelegt sind und die Rückschlüsse auf die Art und Schwere der Schäden und damit auch auf die Intensität des Hochwassers ermöglichen. Basierend auf derartigen Informationen zur sozialen Dimension sowie zu morphologischen Folgewirkungen von Überschwemmungen konnten Sturm et al. (2001) ein Schema zur Intensitätsklassifizierung historischer Hochwässer entwerfen (Tab. 1).

Tab. 1 Schema zur Intensitätsklassifizierung der historischen Hochwässer.
Quelle: Sturm et al. (2001).

Klasse	Klassifikation	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, u.U. 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. Schwere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, große Verlust von Vieh, Menschenverluste. Morphodynamische Prozesse wie Aufsandungen verursachen nachhaltige Schäden und Veränderungen der Oberflächenstruktur

Anhand eines Beispiels sollen die katastrophalen Folgen illustriert werden, die für die lokale Bevölkerung oftmals mit schweren Hochwässern verbunden waren:

Die wohl schwerwiegendste, historisch belegbare Überschwemmungskatastrophe traf Mitteleuropa im Sommer des Jahres 1342. Als Auslöser gelten mehrtätige, intensive Niederschläge. Tetzlaff et al. (2002) bilanzieren die effektiven Niederschläge im Main-/ Taubereinzugsgebiet auf 175 mm, verteilt über 4 Tage, was einer heutigen durchschnittlichen Niederschlagssumme von 3 Monaten entspräche. Drastische Schadensbilder werden von sämtlichen mitteleuropäischen Flußgebieten berichtet, riesige Flutwellen zerstörten die Brücken in Regensburg, Dresden, Frankfurt und in zahlreichen anderen Städten (Glaser 2001). Eine Quelle aus Würzburg skizziert folgendes Bild:

„(das Wasser) brach aus verborgenen Orten in den Bergen, Tälern und dem ganzen Lande in Strömen hervor, breitete sich übermäßig stark aus, so daß [...] besonders in den Rhein- und Maingegenden und andernwärts es alles an Feld- und Baumfrüchten, Heu, Gebäuden, Vieh und leider zahlreichen Menschen vielfältig und elendiglich vernichtete“ (Chronica de episcopus Maguntinus).

Generell waren schwere historische Hochwässer oftmals verbunden mit drastischer Lebensmittelverknappung, Problemen bei der Trinkwasserversorgung aufgrund verschmutzter Brunnen sowie Notständen in der Energieversorgung durch beschädigte Mühlen. Zu den sich hieraus ergebenden langfristigen Folgen zählten etwa Auswanderungen oder die Konkurse kleinerer Betriebe.

Die Erstellung langer Hochwasserreihen

Ähnlich wie bei den Temperaturreihen sollen auch für die Hochwässer lange Reihen abgeleitet werden, um einen Eindruck von der Entwicklung in den vergangenen Jahrhunderten zu gewinnen. Abb. 6 zeigt eine solche Reihe für die Waal - den Flußabschnitt im niederländischen Rheindelta, der den Großteil des Rheinwassers zur Nordsee abführt. Für den Pegel Nimwegen liegen bereits ab dem Jahr 1770 regelmäßige Wasserstandsmessungen vor. Im Überschneidungszeitraum mit dem historischen Datenmaterial (bis 1800 erfaßt) konnte eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt werden, so dass eine Ankopplung der rezenten Meßdaten innerhalb geringer Fehlergrenzen möglich war (Glaser u. Stangl 2003).

Für die historische Phase 1350-1700 sind außerdem die Hochwasserreihen von Schelde und Seine dargestellt. Alle drei Reihen weisen deutliche Schwankungen der Hochwasserhäufigkeit auf verschiedenen Zeitskalen auf. Teilweise waren die drei benachbarten Flußgebiete zeitgleich von Phasen hoher bzw. niedriger Hochwasserhäufigkeit geprägt. Dies deutet auf eine übergeordnete klimatische Steuerung des Hochwassergeschehens hin. Die häufige Synchronität der Ereignisse läßt sich etwa für die Eishochwässer verständlich machen: alle 3 Flußabschnitte weisen ein Wintermaximum des Abflusses auf, sind also in dieser Zeit besonders anfällig für die Entstehung von Hochwässern. Tatsächlich fanden jeweils etwa 70% der nachgewiesenen Hochwasserereignisse im Winterhalbjahr statt. Für einen Großteil dieser Ereignisse ist ferner dokumentiert, dass sie innerhalb oder direkt im Anschluß an eine Frostperiode stattfanden, also wahrscheinlich tatsächlich im Zusammenhang mit Eisgang standen.

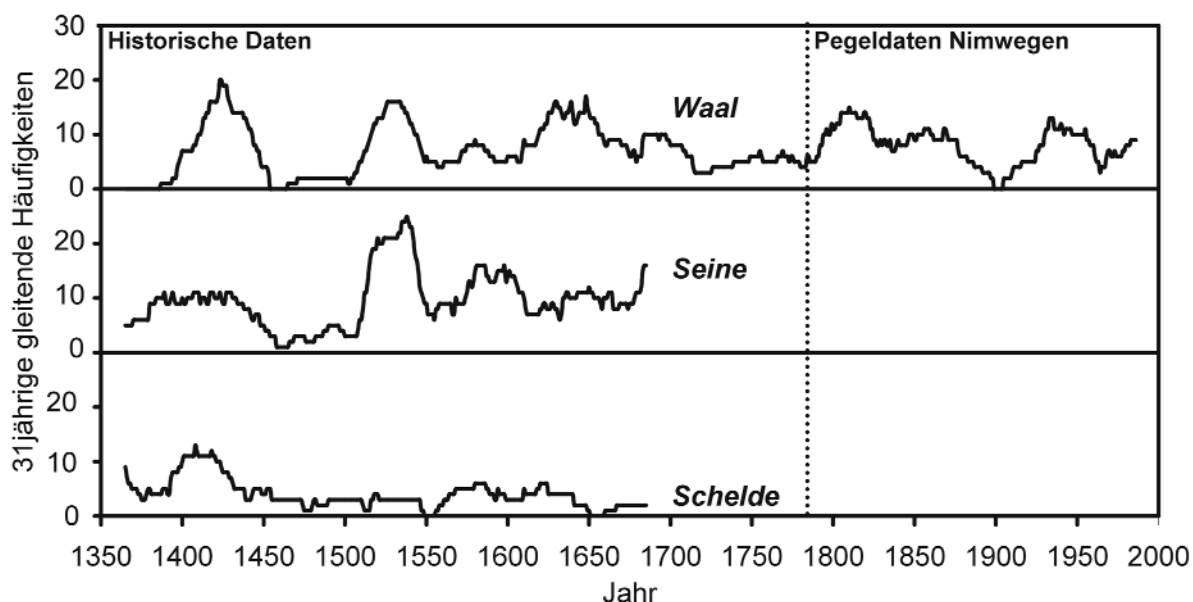


Abb. 6 Hochwasserreihen von Waal, Schelde und Seine.

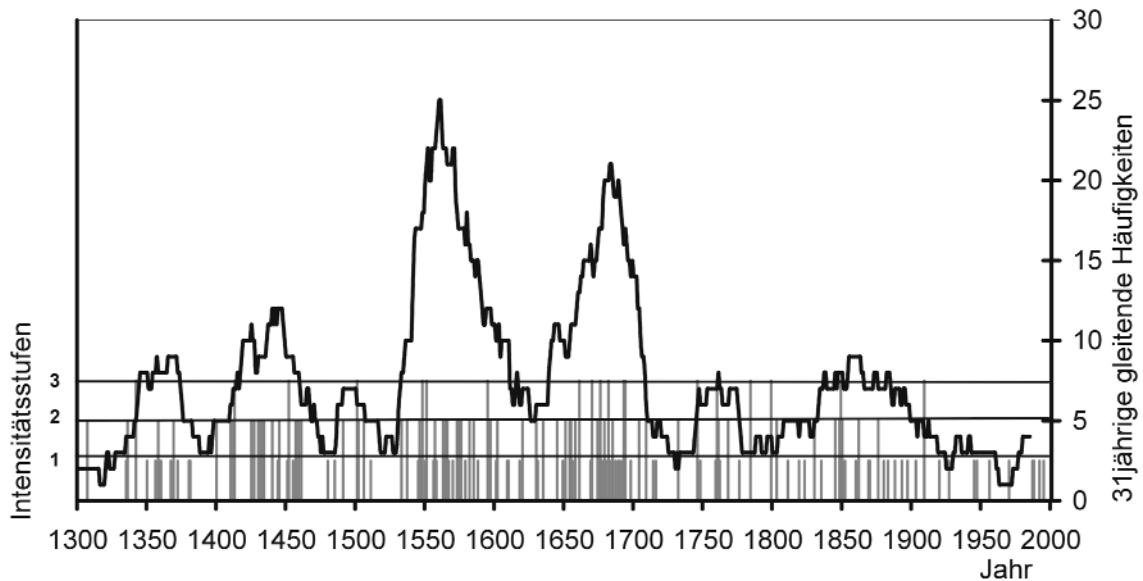


Abb. 7 Hochwasserreihe der Pegnitz.
Quelle: Staatsarchiv Nürnberg, Mss 434 und HISKLID.

Abb. 7 zeigt als weiteres Beispiel die Hochwasserreihe der Pegnitz bei Nürnberg, wobei die verschiedenen Schadensklassen wiedergegeben sind. Wiederum sind erhebliche Schwankungen der Hochwasserhäufigkeit erkennbar. Nach einem Test auf Stationarität weisen die drei Abschnitte 1300-1500, 1500-1550, 1550-1700 und 1700-1995 signifikant unterschiedliche Hochwasserhäufigkeiten auf, die sich mit Zirkulationsumstellungen im Rahmen der Kleinen Eiszeit erklären lassen (Jacobeit et al. 2003a). Interessanterweise weisen die schweren Hochwässer der Klasse drei in den letzten Jahrhunderten keine signifikanten Änderungen auf, sind also stationär.

Schlussfolgerungen und Perspektiven

Das Klima, sein Wandel und insbesondere klimabedingte Katastrophen zogen zu allen Zeiten ein großes öffentliches Interesse auf sich - wenn auch die Wahrnehmungs- und Interpretationsmuster im Laufe der Zeit einem beträchtlichen Wandel unterzogen waren. Die Analyse historischer Aufzeichnungen ermöglicht Rekonstruktionen von Hochwasserereignissen und klimatischen Parametern ab etwa dem Jahr 1000 n.Chr. Betrachtet man die Ergebnisse, so wird zunächst offensichtlich, dass es zu allen Zeiten klimatische Extremereignisse gab. Immer wieder wurde die Bevölkerung von Hitzewellen und Dürren, Frostperioden und Starkniederschlägen überrascht. In manchen Regionen übertrafen einzelne Hochwasserereignisse die „Jahrhunderthochwässer“ des vergangenen Jahrzehnts deutlich.

Ein Blick auf die langen Reihen offenbart die hohe Variabilität des mitteleuropäischen Klima- und Hochwassergeschehens. Während einzelne Temperatur- und Niederschlagstrends des vergangenen Jahrhunderts auch im historischen Vergleich bemerkenswert erscheinen, waren andererseits unsere Vorfahren in den in dieser Studie diskutierten Flußgebieten offenbar zeitweise einem höheren Hochwasserrisiko ausgesetzt.

Unter diesem Eindruck erscheint so manches Bild von „niedagewesenen Klimakapriolen“ oder den „hausgemachten Hochwässern“ in einem anderen Licht. Weitergehende Untersuchungen sollen die Bedeutung der verschiedenen Einflußfaktoren erhellern und so eine wichtige Grundlage für gesellschaftliche Bewertungen und die Ableitung möglicher Handlungsszenarien liefern.

Literatur

- Bendix, J. (1997): Natürliche und anthropogene Einflüsse auf den Hochwasserabfluß des Rheins. - *Erdkunde* 51(4): 292-308.
- Glaser, R. (2001): *Klimageschichte Mitteleuropas: 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*. - Darmstadt.
- Glaser, R., U. Beyer & C. Beck (1999): Die Temperaturentwicklung in Mitteleuropa seit dem Jahr 1000 auf der Grundlage quantifizierter historischer Quellentexte. - In: Schenk, W. (Hg.): „Lange Reihen“ zur Erforschung von Waldzuständen und Waldentwicklungen. Tübingen: 23-46.
- Glaser, R. & H. Stangl (2003): Historical Floods in the Dutch Rhine Delta. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, angenommen.
- Hennig, R. (1904): *Katalog bemerkenswerter Witterungsereignisse von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1800*. - Berlin.
- Jacobeit, J., R. Glaser, J. Luterbacher & H. Wanner (2003a): Links between flood events in central Europe since AD 1500 and large-scale atmospheric circulation modes. - *Geophys. Res. Lett.* 30(4): 1172.
- Jacobeit, J., H. Wanner, J. Luterbacher, C. Beck, A. Philipp & K. Sturm (2003b): Atmospheric circulation variability in the North-Atlantic-European area since the mid-seventeenth century. - *Clim. Dyn.* 20: 341-352.
- Luterbacher, J., E. Xoplaki, D. Dietrich, R. Rickli, J. Jacobeit, C. Beck, D. Gyalistras, C. Schmutz & H. Wanner (2002): Reconstruction of sea level pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to 1500. - *Clim. Dyn.* 18: 545-561.
- Maisch, M., A. Wipf, B. Denneler, J. Battaglia & C. Benz (2000): *Die Gletscher der Schweizer Alpen: Gletscherhochstand 1850, aktuelle Vergletscherung, Gletscherschwund-Szenarien*. - Zürich.
- Mendel, H.G., P. Fischer & A. Hermann (1997): *Hochwasser: Gedanken über Ursachen und Vorsorge aus hydrologischer Sicht*. - Koblenz.
- Pfister, C. (2001): Klimawandel in der Geschichte Europas: zur Entwicklung und zum Potential der Historischen Klimatologie. - *ÖZG* 12(2): 7-43.
- Rapp, J. (2000): *Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland*. – Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 212, 145 S., Offenbach.
- Schönwiese, C.-D., J. Rapp, T. Fuchs & M. Denhard (1993): *Klimatrend-Atlas Europa 1891-1990*. - Frankfurt.
- Sturm, K., R. Glaser, J. Jacobeit, M. Deutsch, R. Brázdil & C. Pfister (2001): Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation. - *PGM* 148(6): 18-27.
- Tetzlaff, G., M. Börngen, M. Mudelsee & A. Raabe (2002): Das Jahrtausendhochwasser von 1342 am Main aus meteorologisch-hydrologischer Sicht. – *Wasser und Boden*. 54(10): 41-99.
- Weikinn, C. (1958-1963): *Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850*. 4 Bde. - Berlin.