

DWA- Themen

Erschließung und Einbeziehung historischer Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse - Fallbeispiele und Empfehlungen -

Mai 2008



Historische Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse

Titelbild: Zeitgenössische Darstellung der schweren Überschwemmung von Hitzacker (Elbe) im Winter 1888
(Quelle: Sammlung DEUTSCH)

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) ist in Deutschland Sprecher für alle übergreifenden Wasserfragen und setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasserwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Normung, beruflicher Bildung und Information der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14.000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeiten liegt auf der Erarbeitung und Aktualisierung eines einheitlichen technischen Regelwerkes sowie der Mitarbeit bei der Aufstellung fachspezifischer Normen auf nationaler und internationaler Ebene. Hierzu gehören nicht nur die technisch-wissenschaftlichen Themen, sondern auch die wirtschaftlichen und rechtlichen Belange des Umwelt- und Gewässerschutzes.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

DWA

Druck:

DCM • Druckcenter Meckenheim

ISBN:

978-3-940173-75-1

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2008

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Hochwasser sind Naturereignisse und feste Bestandteile des natürlichen Wasserkreislaufs. Insbesondere die in unregelmäßigen Abständen immer wieder auftretenden schweren Hochwasser sind das zufallsbehaftete Resultat der Überlagerung extremer hydrometeorologischer Ereignisse mit extremen hydrologischen Zuständen. Mit Hochwasser sind i. d. R. temporäre Überschwemmungen (Ausuferungen) verbunden. Bis vor etwa 200 Jahren wurden solche Ereignisse, vor allem wenn sie im Frühjahr nach der Schneeschmelze ohne den gefürchteten Eisstau abliefen, kaum als Bedrohung empfunden. Im Gegenteil – die Bauern begrüßten solche „zeitigen Überschwemmungen“, denn sie wussten, dass die damit verbundene Ablagerung organischer und anorganischer Stoffe eine düngende Wirkung auf ihren Wiesen und Feldern hatte. Erst als der Mensch schrittweise begann, in den Überschwemmungsgebieten intensiv Landwirtschaft zu betreiben, Siedlungs- und Industrieflächen zu erschließen und somit immer mehr Sachwerte in die Auen hinein verlagerte, wurden Hochwasser zunehmend zu einem Risiko. Um die mobilen sowie immobilen Werte weitestgehend vor Schäden zu sichern, mussten verschiedenste Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Hierzu gehörte in erster Linie die Errichtung von Deichen. Solche Anlagen waren in Deutschland schon im Mittelalter, allerdings nur für lokale Hochwasserschutzzwecke, gebaut worden. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts setzten parallel zum Deichbau massive, ingenieurtechnische Ausbaumaßnahmen an den Fließgewässern ein. In den zumeist klassisch im Doppeltrapezprofil ausgebauten Gerinnen sollten die Hochwasser dann möglichst schnell und rückstaufrei abfließen. Schließlich nahm man in den 80er und 90er Jahren des 19. Jahrhunderts die Planung bzw. folgend die Errichtung von Talsperren und sog. „Speicherbecken“ in Angriff. Obwohl sich viele der kostspieligen wasserbaulichen Unternehmungen bei kleineren und mittleren Hochwasserereignissen auszahlten, konnte nie ein hundertprozentiger Schutz gewährleistet werden. Bei seltenen, aber in unregelmäßigen Zeitabständen immer wieder auftretenden außerordentlich extremen Abflüssen versagten viele solche Schutzsysteme. Ende Juni/ Anfang Juli 1871 wurden beispielsweise die Deiche an der Werra und Saale in weiten Abschnitten überströmt. Es kam zu zahlreichen Deichbrüchen und die Fluten drangen mit Gewalt in die vermeintlich hochwassersicheren Flächen vor. Viele zeitgenössische Texte aus dem Jahr 1871 berichten von Toten sowie von katastrophalen Schäden und Verlusten. Andere, vergleichbare Extremereignisse des 19. Jahrhunderts traten u. a. im Oktober 1824 am Neckar sowie im September 1890 an der Elbe auf. Sie sind ausführlich in den Quellenbeständen zahlreicher Stadt- und Staatsarchive dokumentiert. Hunderte Augenzeugenberichte, Gutachten von Wasserbauingenieuren, Überschwemmungsflächenkarten, Resultate von Niederschlags- und Wasserstandsmessungen – um nur einige Quellen zu nennen – liefern wichtige Detailinformationen zum damaligen Geschehen. Ergänzend dazu haben sich bis heute u. a. an Brücken, Stadttoren und Kirchen Hochwassermarken als gegenständliche Quellen erhalten. Sofern diese wichtigen Bezugspunkte nicht in der Lage verändert oder durch andere bauliche Eingriffe in ihrer Aussage verfälscht wurden, vermitteln sie einen Eindruck von herausragenden Scheitelwasserständen der Vergangenheit.

Für wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Anlagen ist die Ermittlung von Hochwasser-Bemessungswerten erforderlich, wobei möglichst präzise Kenntnisse über seltene, extreme Hochwasserereignisse von größtem Interesse sind. So orientieren sich Deichbauten an den großen Flüssen Deutschlands bzw. in unmittelbarer Nähe stark besiedelter oder industriell genutzter Gebiete an einem Hochwasserstand, der statistisch gesehen nur einmal in hundert Jahren erreicht oder überschritten wird. Zudem müssen Überschwemmungsgebiete in Deutschland laut dem seit 10. Mai 2005 geltenden Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes ebenfalls für einen Hochwasserabfluss, der statistisch einmal in hundert Jahren erreicht oder überschritten wird, ausgewiesen werden. Noch seltenere Ereignisse sind gemäß DIN 19700 (2004) für die Bemessung von Stauanlagen maßgeblich. Demnach müssen für Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken Bemessungsabflüsse bzw. Wassermengen ermittelt werden, die ein Wiederkehrintervall von bis zu 1.000 bzw. 10.000 Jahren haben.

Aufgrund der vom Gesetzgeber vorgegebenen Richtlinien und der tatsächlich in der Praxis verfügbaren Datenbasis ergibt sich ein Problem. Für viele Pegel und auch Abflussmessstellen in Deutschland liegen systematische Aufzeichnungen im Optimalfall nur für die letzten 50 bis max. 100 Jahre vor. Messreihen mit einer Aufzeichnungslänge von über hundert Jahren sind relativ selten. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass aus einer Messreihe mit statistischen Methoden maximal ein Wiederkehrintervall ermittelt werden kann, welches dreimal so groß ist, wie die Messreihe lang ist – das heißt also HQ_{150} bis etwa HQ_{300} . Allein aus den unmittelbar verfügbaren, lückenlosen Datenbeständen der jüngsten Vergangenheit auf Bemessungswerte mit sehr geringer Auftretenswahrscheinlichkeit zu schließen, ist schwierig bzw. nur begrenzt möglich. In diesen Fällen kann die Einbeziehung historischer Pegel- und Abflussdaten sowie die

Nutzung weiterer wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanter Altunterlagen in Archiven und Bibliotheken helfen, im Zuge einer externen Informationserweiterung das langfristige Hochwasserverhalten eines Fließgewässers besser und sicherer nachzuvollziehen. Auch lassen sich mit diesem Ansatz mögliche Veränderungen im Abflussverhalten erkennen sowie Abflüsse mit sehr großen Wiederkehrintervallen sicherer als bisher abschätzen.

Unter historischen Daten werden in dieser Schrift zum einen Pegel- und Abflussdaten verstanden, die an einem Fließgewässer vor dem Beginn moderner, systematischer, standardisierter und bis heute lückenlos fortgeführter Messungen entweder durch Mitarbeiter von Fachbehörden oder von hierfür amtlich beauftragten Personen erhoben wurden. Es handelt sich also bei historischen Daten um Messergebnisse, die i. d. R. nur für einzelne Ereignisse der Vergangenheit, außerhalb langjährig beobachteter Zeitreihen, existieren. Das trifft ferner für eine weitere Kategorie historischer Daten – die Resultate früherer Witterungsbeobachtungen sowie Temperatur- und Niederschlagsmessungen – zu. Auch in diesem Fall wurden die Daten zum Teil 50 bis 100 Jahre vor dem eigentlichen Beginn langfristiger, standardisierter Aufzeichnungen erhoben. Weil die Verfügbarkeit sowohl von historischen Pegel- und Abflussdaten, als auch von Niederschlagsdaten sowie kontinuierlich verzeichneten Witterungsangaben stark variiert, kann die Begriffsbestimmung nur schwer mit einer konkreten Jahreszahl verknüpft werden.

Unter „*wasserwirtschaftlich und wasserbaulich relevanten Altunterlagen*“ wird folgend die Gesamtheit des Archivgutes staatlicher und kommunaler Archive, Fachbehörden sowie Privatpersonen aus der Zeit vor 1945 verstanden. Es hat entweder mittelbar oder unmittelbar Bezug zu den Sachbereichen „*Wasserwirtschaft*“ und/oder „*Wasserbau*“. Bei wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanten Altunterlagen handelt es sich u. a. um handschriftliche Berichte und Fachgutachten über einzelne Hochwasser und deren Folgewirkungen, aber auch um Druckschriften von Strombauverwaltungen sowie Gewässerkarten und Profile von Gerinnen.

Ziel dieser Broschüre ist es, zunächst den äußerst heterogenen Bestand historischer Daten sowie wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanter Altunterlagen vorzustellen und anhand ausgewählter Beispiele näher zu erläutern. Anschließend sollen geeignete Methoden zur Erhebung und kritischen Auswertung des historischen Materials vorgestellt werden. Zudem wird am Beispiel konkreter Hochwasserereignisse aufgezeigt, wie durch die Einbeziehung eines möglichst umfangreichen Daten- bzw. Informationsbestandes hinlänglich sichere Kenntnisse über sehr seltene und extreme historische Hochwasser gewonnen und schließlich gewinnbringend in die Planung konkreter Vorsorgemaßnahmen integriert werden können.

Die vorliegende Veröffentlichung vereinigt ausgewählte Forschungsergebnisse von Projektgruppen, die sich mit Aspekten der Hochwasserauswertung intensiv beschäftigt haben. Die sowohl aktuell als auch historisch ausgerichteten Arbeiten wurden in den Jahren 2005 bis 2007 an den Universitäten Cottbus, Freiburg, Göttingen, Karlsruhe und Weimar sowie am DHI in Syke im Rahmen der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiierten Förderaktivität „*Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse*“ (RIMAX) durchgeführt. Für die Finanzierung der Untersuchungen wird dem BMBF an dieser Stelle nochmals ausdrücklich gedankt!

Cottbus, im Februar 2008

Verfasser

Der vorliegende Themenband hat die DWA-Arbeitsgruppe HW-4.1 „Hochwassermanagement“ im Fachausschuss HW-4 „Hochwasservorsorge“ fachlich begleitet. Ergänzungen und redaktionelle Bearbeitungen erfolgten durch die Mitglieder der DWA-Arbeitsgruppe; insbesondere durch:

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse, München,
Prof. Dr.-Ing. habil. Günther Meon, (Sprecher) Braunschweig und
Dr.-Ing. Klaus Röttcher, Kassel.

Der DWA-Arbeitsgruppe HW-4.1 „Hochwassermanagement“ gehören folgende Mitglieder an:

MEON, Günter	Prof. Dr.-Ing., Braunschweig (Sprecher)
DISSE, Markus	Prof. Dr.-Ing, München
HOLLE, Franz-Klemens	Dipl.-Ing., Hof
KRON, Wolfgang	Dr.-Ing., München
MANIAK, Ulrich	Prof. Dr.-Ing., Braunschweig
MÜLLER, Uwe	Dr.-Ing., Pirna
NACKEN, Heribert	Prof. Dr.-Ing., Aachen
RÖTTCHER, Klaus	Dr.-Ing., Kassel
SPANKNEBEL, Georg	Dipl.-Ing., Erfurt

Als Gast hat mitgewirkt:

SCHANZE, Jochen	Dr. rer.nat., Dipl.-Ing., Dresden
-----------------	-----------------------------------

Folgende Autoren haben das Manuskript erarbeitet:

BARTL, Steffen	Dipl.-Geol., Cottbus
BÜCHELE, Bruno	Dr.-Ing. Karlsruhe
BÜRGER, Katrin	Dr.rer.nat., Freiburg
DEUTSCH, Mathias	Dr.rer.nat., Cottbus/Göttingen
DOSTAL, Paul	Dr. rer. nat., Freiburg
GLASER, Rüdiger	Prof. Dr.rer.nat.habil, Freiburg
GRÜNEWALD, Uwe	Prof. Dr.rer.nat.habil., Cottbus
HELMS, Martin	Dipl.-Hydr., Karlsruhe
IHRINGER, Jürgen	Dr.-Ing., Karlsruhe
IMBERY, Florian	Dr.rer.nat., Freiburg
KONOLD, Werner	Prof. Dr .rer. nat. habil., Freiburg
MATZ, Sylvia	Dipl.-Geoökol., Syke
MAYER, Helmut	Prof. Dr.rer.nat.habi., Freiburg
MIKOVEC, Robert	Dipl.-Ing., Karlsruhe
POHL, Christian	Dipl.-Ing., Syke
POHL, Reinhard	Prof. Dr.-Ing. habil., Dresden
SCHÜMBERG, Sabine	Dipl.-Hydr., Cottbus
SEIDEL, Jochen	Dr.rer.nat., Freiburg
SUDHAUS, Dirk	Dr.rer.nat., Freiburg

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BARION, Dirk	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasserwirtschaft, Abfall und Boden
--------------	--

Historische Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse

Die Autoren haben im Rahmen der BMBF-Förderaktivität RIMAX an folgenden Projekten gearbeitet:

- Integration von historischen und hydraulisch/hydrologischen Analysen zur Verbesserung der regionalen Gefährdungsabschätzung und zur Erhöhung des Hochwasserbewusstseins (BTU Cottbus, DHI, Syke Förderkennzeichen: 0330686)
- Operationelles Hochwassermanagement in großräumigen Extremsituationen am Beispiel der mittleren Elbe (Universität Karlsruhe, Förderkennzeichen: 0330698B)
- Xfloods – Analyse historischer Hochwasser für ein integratives Konzept zum vorbeugenden Hochwasserschutz (Universität Freiburg, Förderkennzeichen: 0330685)
- Methodenentwicklung zur verbesserten Vorhersage von extremen Hochwasserscheitelabflüssen auf Basis historischer Daten (Universität Göttingen, Förderkennzeichen: 01WH0511)

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	5
Bilderverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
1 Grundlagen, Methoden	11
1.1 Chancen der Auswertung historischer Daten für das Hochwasserrisikomanagement.....	12
1.2 Verfügbarkeit und Erhebungsmethoden historischer Daten	15
1.2.1 Klimadaten und Wetterlagen.....	16
1.2.2 Wasserstands- und Abflussdaten	18
1.3 Methoden der Auswertung historischer Daten	21
1.3.1 Wichtige Aspekte bei der Aufbereitung historischer Daten	21
1.3.2 Methodische Ansätze zur Einbeziehung historischer Daten bei der Ermittlung von Bemessungswerten	22
2 Erfahrungen/Fallbeispiele	27
2.1 Methoden zur Erhebung und hydrologischen Auswertung historischer Hochwasserinformationen für große Flussgebiete am Beispiel der Elbe/Labe.....	27
2.1.1 Einleitung	27
2.1.2 Untersuchungsgebiet und grundlegende konzeptionelle Ansätze	28
2.1.3 Entwicklung regionalisierter Hochwasserstatistiken für die Elbe im deutschen Bereich.....	30
2.1.4 Simulation des großskaligen Niederschlag-Abfluss-Prozesses im Elbe-Einzugsgebiet	33
2.1.4.1 Nutzung tschechischer Simulationsergebnisse zur Homogenisierung von Abflussreihen deutscher Elbe-Pegel ab dem Jahr 1890	34
2.1.4.2 Niederschlag-Abfluss-Simulation im deutschen Bereich des Elbe-EZG	37
2.1.5 Fazit der Einbeziehung historischer Informationen	42
2.2 Rekonstruktion und Analyse historischer hochwasserrelevanter Wetterlagen am Beispiel des Hochwassers vom Oktober 1824 im Neckargebiet	44
2.2.1 Untersuchungsgebiet und grundlegende konzeptionelle Ansätze	44
2.2.2 Rekonstruktion des atmosphärischen Zirkulationsmusters.....	45
2.2.3 Modellierung der Gebietsniederschläge und Abflüsse.....	46
2.2.4 Fazit der Einbeziehung historischer Informationen	49
2.3 Erstellung eines hydraulischen Teilmodells für die deutsche Obere Elbe anhand historischer Daten für das Sommerhochwasser von 1890.....	50
2.3.1 Vorüberlegungen	50
2.3.2 Ausgangssituation.....	51
2.3.3 Modellierung	52
2.3.4 Fazit der Einbeziehung historischer Informationen	61
2.4 Erstellung eines hydraulischen Teilmodells für die deutsche Obere Elbe anhand historischer Daten für das Winterhochwasser von 1845.....	62
2.4.1 Vorüberlegungen	62
2.4.2 Ausgangssituation.....	63
2.4.3 Modellierung	64
2.4.4 Fazit der Einbeziehung historischer Informationen	66
2.5 Einbeziehung historischer Wasserstands- und Abflussdaten in die Hochwasserstatistik des Pegels Dresden	67
2.5.1 Datenrecherche	67
2.5.2 W-Q-Beziehungen	70

Historische Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse

2.5.3	Statistische Auswertungen.....	77
2.5.4	Fazit der Einbeziehung historischer Informationen	80
3	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen	81
Literatur	87

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Historische Hochwasserereignisse des Zeitraumes von 1799 bis 1889 am Elbepegel Dresden und systematische Reihe dieses Pegels von 1890 bis 2006.....	23
Bild 2:	Ergebnis der Einbeziehung einzelner extremer historischer Ereignisse nach DVWK (1999) und Eintragungsstellen nach DYCK & PESCHKE (1995).	25
Bild 3:	Hochwasserereignisse der Elbe am Pegel Dresden mit einem Abflussscheitel von mindestens 2100 m ³ /s seit 1501; bis 1797 recherchierte Einzelereignisse, ab 1798 aus kontinuierlicher Reihe extrahiert.	26
Bild 4:	Gewässer und Pegel im Elbe-Einzugsgebiet, aus IKSE (1996)	28
Bild 5:	Konzeptioneller Ansatz für eine hydrologische Flussgebietsforschung	29
Bild 6:	Empirische Verteilungsfunktionen generierter und gemessener, jährlicher Abflussscheitel der Reihen 1853-1903 und 1904-1954 am Pegel Dresden	31
Bild 7:	HW-Scheitel HQ-T an der Elbe für statistische Wiederkehrintervalle T[a] aus den Zeitreihen 1964-1995 (Längsschnitte) und 1936-1995 (an Pegeln bzw. einzelnen Standorten) im Vergleich. Zudem sind beobachtete und als Längsschnitt rekonstruierte Abflussscheitel des extremen Hochwassers vom August 2002 eingezeichnet.....	32
Bild 8:	Übersichtskarte mit wichtigen Teil-EZG, Pegeln und Talsperren (mit Jahren der Inbetriebnahme) im Hinblick auf die HW-Problematik im Bereich der Mittleren Elbe/Raum Dessau.	34
Bild 9:	Beobachtete, für die Varianten mit und ohne Talsperrenwirkung simulierte sowie unter der Annahme existierender Talsperren (TS) homogenisierte Abflussganglinien an den Pegeln Děčín und Dresden am Beispiel des HW-Ereignisses 1920.	35
Bild 10:	Wertepaare beobachteter und zum Teil (vor 1969) unter Annahme heutiger Talsperrenwirkung homogenisierter, jährlicher Abflussscheitelwerte des Pegels Dresden 1890-2002.	36
Bild 11:	Durch Ganglinien-Routing und Regressionsrechnung abgeleitete Abflussganglinien des ZG Dresden-Aken im Vergleich mit beobachteten Ganglinien der Pegel Bad Dübener (Mulde) und Löben (Schwarze Elster).....	37
Bild 12:	Lage der Standorte Golzern, Wurzen und Grimma an der Mulde sowie Wasserstands(W)-Abfluss(Q)-Wertepaare und rekonstruierte W-Q-Beziehungen für verschiedene Zeitabschnitte am Pegel Golzern und zwischen Wurzen und Golzern	38
Bild 13:	Zwischengebiet der Elbepegel Dresden und Aken mit topographischer Höheninformation und Lagen von Niederschlagsstationen. Links alle Stationen der RR60-/RR90-Kollektive des Deutschen Wetterdienstes, Mitte und rechts Ausdünnung auf 81 bzw. 31 Stationen mit fehlwertfreien Reihen ab 1970 bzw. 1961.....	39
Bild 14:	Nash-Sutcliffe-Effizienzkriterien (ENS) der Kreuzvalidierung für die Interpolation täglicher Niederschlagshöhen 1970-1996 nach der Inverse-Distanz-Methode, differenziert nach Jahreszeit und Großwetterlagen. Links für alle verfügbaren Reihen. Mitte und rechts entsprechende ENS ausgedünnter Kollektive.	40
Bild 15:	Simulation des HW-Ereignisses vom August 2002 im Zwischengebiet der Elbepegel Dresden (DD) und Aken (AK) mit Mittelgebirgsbereich (schraffiert). Das anhand 34-jähriger Referenzreihen entwickelte stochastische N-A-Modell wird ohne Nachkalibrierung auf das Ereignis angewandt. Ferner ist die Verknüpfung des Modells mit weiteren Modellen zur interdisziplinären Analyse einer HW-Wirkungskette dargestellt. Historische Ereignisse sind, soweit es verfügbare Daten erlauben, analog zum HW-Ereignis 2002 zu betrachten	41
Bild 16:	Prozesskette zur Rekonstruktion historischer Hochwasser im Projekt Xfloods	45
Bild 17:	Rekonstruiertes atmosphärisches Zirkulationsmuster für Westeuropa vom 26.-29.10.1824.....	46

Historische Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse

Bild 18:	Modellierte Gebietsniederschläge für den 29./30. Oktober 1824.....	47
Bild 19:	Schematische Übersicht über die einzelnen Schritte einer hydraulisch-hydrologischen Betrachtung eines historischen extremen Hochwasserereignisses.	52
Bild 20:	Schematische Abbildung des modellierten Gewässernetzes, inkl. der berücksichtigten Nebenflüsse.	53
Bild 21:	Im 1D-Modell verwendetes Netzwerk der Elbe im Bereich zwischen Pirna und Dresden. Markiert ist der Bereich zwischen Kilometer 33,3 und 49, für den historische Querschnitte vorlagen. Das Gerinne des Ostrageheges und der Kaditzer Flutrinne wurden zudem den Verhältnissen von 1890 im historischen Modell angepasst und sind punktiert dargestellt. Die Koordinaten entsprechen dem System UTM ETRS89, 33U.....	55
Bild 22:	Historischer Querschnitt der Elbe bei Kilometer 35,6. Zu erkennen sind – neben den einzelnen Hochwasserständen – die damals geplanten Maßnahmen zur Niedrigwasserregulierung, sowie der Regulierungswasserstand.....	55
Bild 23:	Vergleich des historischen Querschnitts bei Kilometer 35,64 mit dem aktuellen bei Kilometer 35,6.	56
Bild 24:	Simulierter und gemessener Wasserstand an den Pegeln Dresden (Kilometer 55,6) und Pillnitz (Kilometer 43) im Zeitraum 01.09.1890 bis 25.09.1890.....	57
Bild 25:	Veränderung der Gewässersohle zwischen 1890 und 2002 an der Elbe. Koordinatensystem ist UTM ETRS89.	59
Bild 26:	Detailansicht der Anlandungen im Vorland der Elbe bei Kilometer 46,2 bis 48,1.	60
Bild 27:	W-Q-Beziehungen am Pegel Pillnitz (obere Graphen) und am Pegel Dresden im Modell 2002 und 1890. Aufgrund der instationären Berechnung können auch die Unterschiede in den W-Q-Beziehungen zwischen ansteigendem und abfallendem Wasserstand gezeigt werden. Dies ist beispielhaft an der W-Q-Beziehung des Pegels Pillnitz für das Modell 2002 gezeigt.....	61
Bild 28:	Einsturz des Kreuzfixpfeilers im März 1845, an dem sich auch die damalige Pegellatte befand ...	62
Bild 29:	Hydraulischer Längsschnitt in der historischen Elbstromkarte.....	63
Bild 30:	Hochwasserstände 1845 an der Dresdner Alten Brücke in der historischen Elbstromkarte	64
Bild 31:	Querprofil in der historischen Elbstromkarte.	64
Bild 32:	Vergleich W-Q-Beziehungen (Schlüsselkurven) für verschiedene Gerinnerauheiten.....	65
Bild 33:	Berechnete Wasserspiegellagen für verschiedene Durchflüsse bei $n = 0,035 \text{ s/m}^{1/3}$ von Elbe-km 50,25 bis 60,64. Bezugswasserstand für die Querprofile = Fahrwasser 2°3' unter PN.	65
Bild 34:	Vergleich der W-Q-Beziehungen (Schlüsselkurven) am Pegel Dresden mit Streuung infolge Rauheitsschätzungen nach Bild 32.....	66
Bild 35:	Arbeitsschritte der Recherche und Aufbereitung historischer Informationen zur Erstellung langer Datenreihen für die Hochwasserstatistik.....	67
Bild 36:	Beispiele für Wasserstandslisten mit separat angegebenen Extremwerten.	69
Bild 37:	Die empirisch ermittelten W-Q-Beziehungen der Elbe am Pegel Dresden für den Zeitraum von 1852 bis 1930 zeigen eine deutliche Gruppierung.....	70
Bild 38:	Darstellung der niedrigsten Jahres-Wasserstände (Tageswerte) von 1809 – 2006 mit 30 jähriger Glättung bis 1955 sowie die Wasserspiegellagen für $45 \text{ m}^3/\text{s}$ und $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Ab Mitte des 20. Jh. erfolgte eine gezielte Niedrigwasseraufhöhung zugunsten der Binnenschifffahrt durch gesteuerte Speicherbewirtschaftung in der damaligen ČSSR, wodurch die Glättungskurve deutlich ansteigt. Beispielhaft dargestellt sind vier gewinnbare W-Q-Koordinaten für $110 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfluss.	72
Bild 39:	Darstellung der mittleren und höchsten Jahres-Wasserstände (Tageswerte) von 1809 – 2006 mit 30 jähriger (Mittelwasser) bzw. 70 jähriger (Hochwasser) Glättung bis 1955 bzw. 1975. Dargestellt sind auch die berücksichtigten W-Q-Koordinaten für die Hochwasserereignisse von 1845 mit knapp $4800 \text{ m}^3/\text{s}$ für 877 cm Wasserstand sowie rund $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ bei 837 cm Wasserstand im Jahr 1890.	73
Bild 40:	Beispielgraph einer funktionalen W-Q-Beziehung in Form einer 3-parametrischen Exponentialfunktion und Darstellung der Auswirkungen einzelner Parameterveränderungen auf den Kurvenverlauf.	75
Bild 41:	Graphen der 31 aufgestellten W-Q-Beziehungen der Elbe am Pegel Dresden für den Zeitraum von 1809 bis 2006.	76

Bild 42:	Auf Basis der aufgestellten W-Q-Beziehungen berechnete Wasserspiegellagen über der Zeit mit Verlauf der 30-jährigen Glättungskurven von Jahres-NW und Jahres-MW + 1,5 m und 70-jähriger Glättungskurve der Jahres-HW, außerdem eingetragen sind sämtliche einbezogenen Werte der durchgeführten Abflussmengenmessungen sowie die berücksichtigten Abflüsse der Extremereignisse 1845 und 1890.....	77
Bild 43:	An unterschiedliche Reihenlängen von Jahres-HQ-Werten des Pegels Dresden angepasste Extremwertverteilungen (GEV-Anpassung mittels MLM); während die Verteilungen mit Startjahren im 19. Jahrhundert recht eng zusammenliegen, fächern sie sich bei Beginn im 20. Jahrhundert zunehmend auf; für den Spitzenabfluss des Ereignisses 2002 ergibt sich für die Reihen mit Startjahr bis 1878 ein Wiederkehrintervall zwischen etwa 130 und 160 Jahren, für die kürzeren Reihen jedoch bis zu 650 Jahren.	80
Bild 44:	Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes bei der Erschließung wasserwirtschaftlicher Altunterlagen zu extremen Hochwasserereignissen.	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Quellen für Hochwasserereignisse, Wasserstände und die Gerinnegeometrie.....	22
Tabelle 2:	Modellierte Abflüsse während des Neckarhochwassers von 1824 im Vergleich mit den Werten für HQ_{100} und HQ_{extrem} (LFU 2000, 2005a) und $HQ_{\text{historisch}}$	48
Tabelle 3:	Im historischen Modell der Elbe verwendete Daten mit Angabe der Fundstelle	54
Tabelle 4:	Fließgeschwindigkeiten der Elbe an den Pegeln Pirna, Pillnitz und Dresden 1888 gemessen und 1890 bei einem Wasserstand von etwa alter PNP Dresden + 1 m simuliert. Am Pegel Dresden wird die Fließgeschwindigkeit am Brückenprofil (alle) und 40 m stromabwärts (zweiter simulierter Wert) angegeben. Zudem werden die mit ADCP-Messungen ermittelten mittleren Fließgeschwindigkeiten beim Hochwasserereignis 2006 in Schöna und Dresden zum Vergleich angegeben.....	58
Tabelle 5:	Deskriptive Statistik der zusammengeführten, korrigierten und homogenisierten Ausgangsdaten mit den unter Einbeziehung historischer Daten verlängerten (W) bzw. neu erstellten (Q) Zeitreihen des Pegels Dresden.....	78
Tabelle 6:	Deskriptive und explorative Statistik der ursprünglichen Jahres-HQ-Reihe des Pegels Dresden mit dem für Bemessungsgrößen bisher verwendeten Startjahr 1890, der bis auf den Anfang der bisher bekannten Tagesdaten verlängerten Reihe ab 1852 sowie der in diesem Projekt unter Einbeziehung historischer Daten modifizierten, plausibilisierten und verlängerten Jahres-HQ-Reihe ab 1852 bzw. 1798	79
Tabelle 7:	Überblick zu den vorgestellten Verfahren zur quantitativen Bestimmung historischer Hochwasserabflüsse.....	82

1 Grundlagen, Methoden

(Autoren: M. DEUTSCH, S. SCHÜMBERG, S. BARTL, K. BÜRGER, P. DOSTAL, M. HELMS, F. IMBERY, J. SEIDEL)

Wie Einträge in Jahrhunderte alten Chroniken sowie Berichte in amtlichen oder privaten Schriftstücken belegen, sind in der Vergangenheit auch in Deutschland immer wieder sehr schwere, schadenbringende Hochwasser abgelaufen. Entsprechende Hinweise in den Quellen finden sich u. a. für die Jahre 1342, 1501, 1613, 1784 und 1890 (vgl. u. a. GLASER 2001 und 2008, DEUTSCH & PÖRTGE 2003). Während die ältesten Hochwasserschilderungen häufig nur aus wenigen Worten oder Sätzen bestehen, werden die Berichte ab etwa 1500 immer ausführlicher. Dabei belassen es viele Schreiber nicht nur bei einer Berichterstattung über das eigentliche Hochwassergeschehen. Vielmehr informieren sie auch über die Witterungssituation und über den Zustand des Gewässers kurz vor, während und nach einem Ereignis. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts nimmt schließlich die Informations- und Datendichte nochmals deutlich zu. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die Einrichtung bzw. Neuorganisation von Wasser- und Baubehörden in vielen deutschen Staaten. In den Quellen finden sich jetzt häufiger sog. „amtliche Wasser=Rapporte“, in denen fachlich geschultes Personal den Hochwasserverlauf dokumentierte. Ergänzend dazu liegen erste Pegeldaten von Hochwasserabflüssen vor.

Unter Berücksichtigung weiterer sachrelevanter Quellendokumente, wozu beispielsweise originale Pläne von Überschwemmungsflächen, Gerinneprofile sowie Karten mit Angaben über die jeweiligen Überflutungstiefen gehören, sind insbesondere seit den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts äußerst umfangreiche, wasserwirtschaftlich relevante Datensätze und Informationsbestände vorhanden. Wie die im Rahmen ausgewählter RIMAX-Projekte durchgeführten und in den Folgekapiteln näher erläuterten Untersuchungen von extremen Abflussereignissen des 19. Jahrhunderts verdeutlichen, können durch die gleichzeitige Auswertung von historischen Hochwassern und meteorologischen Daten und unter Einbeziehung weiterer Informationen wie z. B. zum (Ausbau-) Zustand der Gerinne, zum Bewuchs der Ufer und Vorländer wertvolle Angaben aus der Zeit vor dem Beginn moderner und bis heute fortgeführter Messreihen (Wasserstand W und Durchfluss Q) erhoben werden. Damit eröffnen sich sowohl für die Analyse und Einordnung sehr seltener, extremer Hochwasserereignisse als auch für die Untersuchung typischer, hydrometeorologischer Ausgangsbedingungen für extreme Ereignisse weitreichende Nutzungsmöglichkeiten. Zu nennen sind u. a. Vergleiche historischer Hochwasserdaten des 19. und frühen 20. Jahrhunderts mit aktuellen Werten, wie sie beispielsweise während der schweren Hochwasser 1993 am Rhein, 1997 an der Oder, 2002 an der Elbe und 2005 an der Donau gemessen wurden.

Keinesfalls dürfen historische Datensätze und Informationen ungeprüft einer Weiterverarbeitung zugeführt werden. Die kritische Wertung aller Befunde, unter Berücksichtigung der Veränderungen an den Fließgewässern und in den Einzugsgebieten, ist vor allem bei frühen hydrologischen, aber auch bei frühen meteorologischen Werten dringend geboten. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die Tatsache, dass sich im Laufe der Zeit nicht nur die Messinstrumente und Messmethoden, sondern auch die Zustände der Flussläufe und Einzugsgebiete verändert haben oder historische Hochwassermarken nicht selten Rückstauinflüsse durch Brückenbauwerke dokumentieren. Aus diesem Grund sind jüngere Messwerte aus dem 20. und beginnenden 21. Jahrhundert nur bedingt mit historischen Datensätzen vergleichbar. Die Entwicklung des hydrometeorologischen und hydrologischen Messwesens soll aus diesem Grund in dieser Arbeit kurz vorgestellt werden, bevor Aussagen zur Verfügbarkeit historischer Daten und den entsprechend nutzbaren Erhebungsmethoden folgen (Abschnitt 1.2).

Abschließend soll auf den interdisziplinären Ansatz der Untersuchungen hingewiesen werden. Wie bereits die Fülle des Quellenmaterials zu historischen Hochwasserereignissen verdeutlicht, müssen für die Erfassung, kritische Überprüfung und erste Aufbereitung der Quellen, aber auch für die anschließende Analyse der historischen Datensätze, Kartenvorlagen und weiterer Informationen nach Möglichkeit Vertreter verschiedenster Fachdisziplinen zusammenarbeiten. Wie die Untersuchungen im Rahmen des RIMAX-Projektes in aller Deutlichkeit zeigten, müssten in diese Projekte Umwelthistoriker, Geographen, Hydrologen, Meteorologen sowie Wasserbauingenieure involviert sein. Damit bestehen die Möglichkeit und auch die große Chance, dass jeder Fachvertreter seine eigenen spezifischen Arbeitsmethoden, Forschungsansätze und Erfahrungen mit einbringen kann. Sofern die Bereitschaft zum interdisziplinären Arbeiten besteht, können historische Hochwasseruntersuchungen zu einem tragfähigen Ergebnis führen.