

Franziska Kirsch und Reinhard Pohl

Modellierung historischer Abflussverhältnisse für die Hochwasserprognose

Um historische Durchflussangaben an Flüssen, die in die Hochwasserstatistik eingehen, überprüfen und bewerten zu können, werden 1-D- und 2-D-Wasserspiegellagenberechnungen unter Verwendung historischer morphologischer Daten durchgeführt. Die Methodik sowie ihre Möglichkeiten und Grenzen werden am Beispiel der Elbe im Stadtgebiet von Dresden erläutert. Es wird deutlich, dass die notwendigen Korrekturen auch Auswirkungen auf die Hochwasserstatistik und damit auf die Schutzgrade haben.

1 Einführung

Die für die Bemessung von Wasserbauwerken benötigten Wiederkehrintervalle der Hochwasserscheitelwerte sollen aus möglichst langen Jahresreihen ermittelt werden, um zuverlässige Abschätzungen zu ermöglichen. Allgemein wird empfohlen, dass die zu untersuchenden Wiederkehrzeiten nur bis zu dreimal so lang sind wie die Jahresreihe der Beobachtungen

(DVWK-Regel 101, HQ-EX etc.). Für eine Verlängerung und Verbesserung von vorhandenen Datenreihen können verfügbare historisch überlieferte Wasserstandsangaben hinzugezogen werden [7]. Die Hochwasserstatistik verwendet für die anzupassenden Verteilungsfunktionen jedoch Durchflusswerte, wodurch eine Umrechnung der beobachteten Wasserstände notwendig wird. Die Verwendung von Schlüsselkurven, die aus möglicherweise

fehlerbehafteten historischen Abfluss- und Wasserstandswerten abgeleitet wurden, bedarf daher besonderer Vorsicht.

Nach den amtlichen Veröffentlichungen sollen in Dresden am 31.3.1845 bei einem Wasserstand von 877 cm über Pegelnull ($PN_{neu} = 102,73$ m ü. NN) in der Elbe $5\,700\text{ m}^3/\text{s}$ abgeflossen sein [14]. Im Vergleich dazu wurde im August 2002 bei einem Wasserstand von 940 cm nur ein Durchfluss von ca. $4\,580\text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt (Messung mit einem Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP). Um diese und andere Unstimmigkeiten klären zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich, die sich nach Meinung der Autoren auf Wasserspiegellagenberechnungen unter Hinzunahme von historischen Datensätzen stützen sollten. Die oft zur nachträglichen Ermittlung der Durchflüsse herangezogenen Fließformeln beziehen sich lediglich auf die Normalabflusstiefe und liefern damit unzureichende Ergebnisse [7].

Die Problematik zutreffender Schlüsselkurven beschränkt sich nicht nur auf historische Ereignisse, sondern ist nach wie vor aktuell. So konnte bereits früher an Beispielen gezeigt werden, dass bei Verwendung plötzlich geänderter Schlüsselkurven im Extrapolationsbereich die Durchflusswerte bei gleichen Wasserständen um mehr als 50 % voneinander abwichen [9].

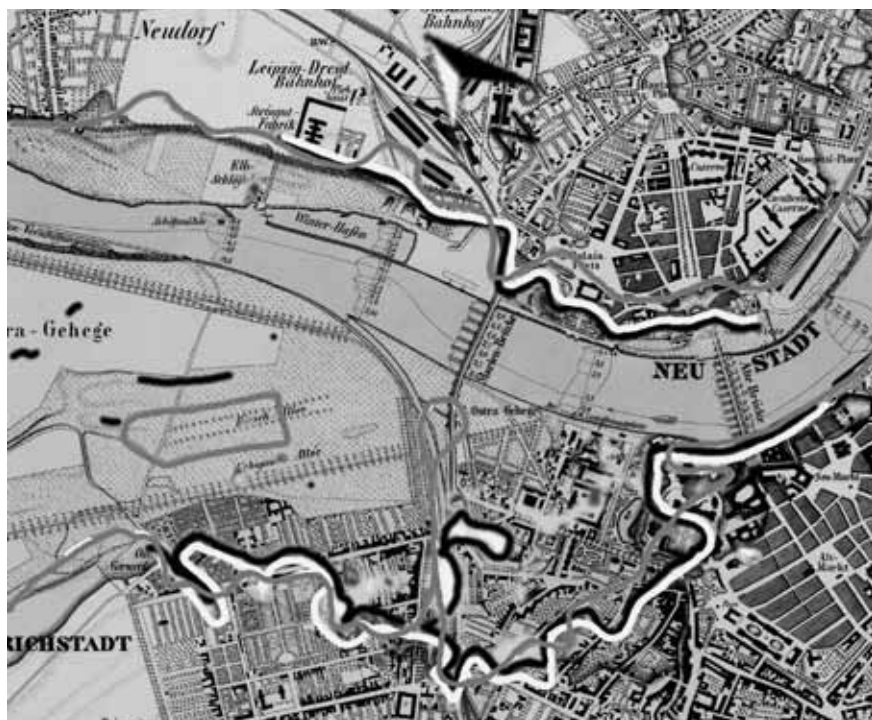


Bild 1: Vergleich der Anschlaglinien von 111,50 m ü. NN (schwarz) und 111,79 m ü. NN (weiß) im historischen Innenstadtbereich von Dresden mit der Überschwemmungsfläche vom Hochwasserereignis 31.03.1845 (grau hinterlegt) und der Überschwemmungslinie vom 17.08.2002 (grau)

2 Bisherige Untersuchungen

Nach grundsätzlichen Überlegungen mit überschlägigen Berechnungen konnte

festgestellt werden, dass der vermutlich tatsächliche Abflussscheitelwert für das Winterhochwasser 1845 um 1/3 bis 1/4 niedriger war als der offiziell angegebene [7]. Eine detailliertere Untersuchung mit einem 1-D-Berechnungsmodell ergab für 1845 einen Scheiteldurchfluss von $4\,335\text{ m}^3/\text{s}$ [13] und somit eine Reduktion auf 76 % (also um etwa 1/4 bezogen auf $5\,700\text{ m}^3/\text{s}$). Matz et al. [4] nahmen Berechnungen für das extreme Sommerhochwasser von 1890 vor, da anzunehmen war, dass die Abflusswerte ebenfalls zu hoch geschätzt worden sind. Danach ergab sich mit dem Scheitelwert von $3\,885\text{ m}^3/\text{s}$ ein auf 89 % reduzierter Wert als bis dato mit $4\,350\text{ m}^3/\text{s}$ offiziell angegeben.

Damit liegen die größten Abflüsse der untersuchten Hochwasserereignisse am Pegel Dresden im Bereich von $3\,900$ bis $4\,580\text{ m}^3/\text{s}$, wobei ähnliche Überschwemmungsflächen wie in **Bild 1** festgestellt wurden.

Um eine Überprüfung dieser Wasserstände und Durchflüsse anhand der Überflutungsflächen vornehmen zu können, wurde ergänzend eine 2-D-Berechnung für das Hochwasser im Jahr 1845 vorgenommen.

3 Datenbasis

In erster Linie können Wasserstandsaufzeichnungen an bekannten Pegeln für die Auswertung herangezogen werden. Oft sind Umrechnungen des Höhensystems erforderlich, weil sich die Bezugshöhen und die mathematische Beschreibung der Erdoberfläche geändert haben (Pegelnull, NN, HN, DHHN usw.).

Von historischen Hochwasserereignissen sind häufig nur Schäden, seltener Wasserstände und fast nie gemessene Durchflüsse schriftlich überliefert. Relativ genaue Angaben sind seit der Markierung



Bild 2: Vorlandabgrabungen zur Entfernung von Sedimenten gegenüber dem Pegel Dresden (Foto: Pohl 2010)

der Höchstwasserstände an erhalten gebliebenen Gebäuden möglich. Bereits früher wurde eine Übersicht über historische Quellen gegeben und darauf hingewiesen, dass die Rekonstruktion von Hochwassermarken, der Sachverstand von Chronisten, Kunstmalern und Bildhauern sowie die Zuverlässigkeit einzelner Informationsmaterialien bei der Rekonstruktion von Abflussverhältnissen quellenkritisch zu berücksichtigen sind [7].

Die Grundlage für die vorliegenden 2-D-Wasserspiegellagenmodellierungen bilden historische Quer- und Längsschnitte mit Wasserständen sowie das kartierte Überflutungsgebiet des Hochwassers von 1845 [11].

Die Kalibrierung des Modells bezüglich der aktuellen Höhenlage wurde durch einen Vergleich der Anschlaglinie im Stadtgebiet von Dresden vorgenommen (Bild 1). Die offiziellen Wasserstandsangaben für den 31.3.1845 belaufen sich auf $111,50\text{ m ü. NN}$ [2] bzw. $111,79\text{ m ü. NN}$ (Schäfer

1848, in [10]). In der historischen Elbstromkarte sind umgerechnet $111,69\text{ m ü. NN}$ angegeben [11]. Der damalige maximale Wasserstand dürfte den Geländeuntersuchungen folgend etwa $9\text{ m ü. PN}_{\text{neu}}$ betragen haben.

Die Lage und Beschaffenheit des Flussbettes und des Geländes wurde ausgehend vom dokumentierten Zustand der Elbe im Jahr 2002 zurückverfolgt und zu einem „historischen DGM“ verarbeitet. Wie das **Bild 2** mit Vorlandabgrabungen im Juni 2010 zeigt, finden solche Änderungen mit Auswirkungen auf die Schlüsselkurven auch noch heute statt. In der Vergangenheit gab es im Stadtgebiet von Dresden u. a. die folgenden wesentlichen Änderungen: im 19. und 20. Jahrhundert Sohlenvertiefungen durch Erosion stellenweise bis zu 60 cm , Brückenneu- und -umbauten (1852, 1895, 1901, 1910, 1930, 1936), Bau zweier Flutrinnen im Untersuchungsgebiet (1910 und 1920) und Trümmerverkipfung im Vorlandbereich (1945 bis 1950).



Bild 3: Vergleich der Überschwemmungslinien (weiß) in der Nähe des Pegels Dresden anhand der historischen Karte mit modellierten Abflüssen von $4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ ($111,65\text{ m ü. NN}$, links), $4\,700\text{ m}^3/\text{s}$ ($112,2\text{ m ü. NN}$, Mitte) und $4\,500\text{ m}^3/\text{s}$ ($111,80\text{ m ü. NN}$, rechts)

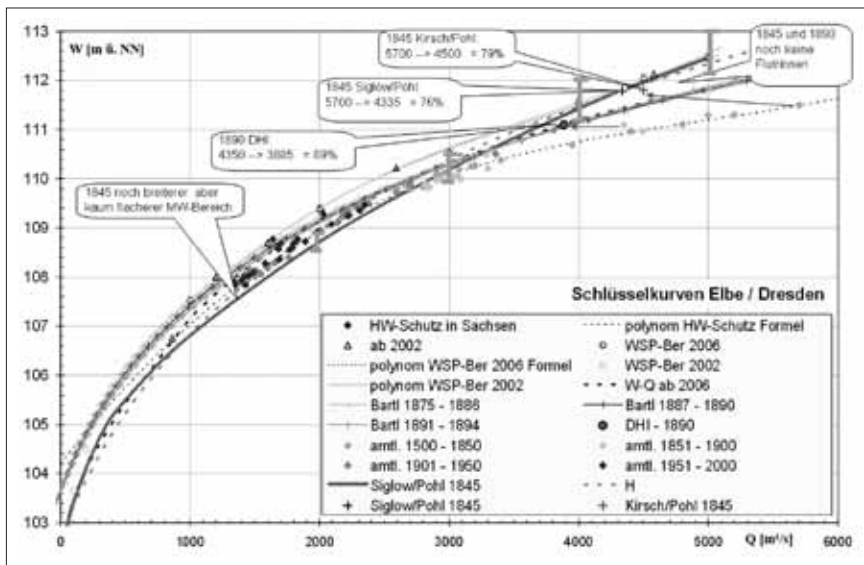


Bild 4: Vergleich der Schlüsselkurven der Elbe am Pegel Dresden bei (quasi-) stationärer Strömung (ohne Hysterese) mit Angabe der Streubereiche infolge möglicher Abweichungen der Rauheiten

Eine detailliertere Darstellung der Flussbaumaßnahmen an und in der Elbe ist z. B. in [7] enthalten. Hier soll noch festgestellt werden, dass es schon bedeutende natürliche Laufänderungen gegeben hat, bevor der Mensch etwa seit Beginn des 19. Jh. verändernd oder regulierend eingriff (z. B. Uferabbrüche, Auskolkungen, wandernde Sandbänke; s. a. [12]). Anhand der vorangegangenen Angaben zum historischen und aktuellen Gewässerzustand der Elbe konnten die Fließquerschnitte, Geländehöhen und vorhandenen Flussbauwerke entsprechend rekonstruiert, verändert und angepasst werden. Sie bilden damit die Grundlage für die durchgeführten 2-D-Wasserspiegellagenberechnungen [3].

4 Wasserspiegellagenberechnung mit historischen Datensätzen – Ergebnisse

Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms Hydro_AS-2d (2.1) durchgeführt. Als Pre- und Postprozessor stand das Surface Water Modelling System (SMS 8.0) zur Verfügung.

Die früheren Landnutzungen und zugehörigen Rauheiten wurden aus der historischen Elbstromkarte entnommen. Wegen städtebaulicher Maßnahmen mussten im historischen Untersuchungsgebiet von Dresden einige Geländehöhen, wie die heutige Flutrinne in Kaditz höher gelegt und andere Flächen wie das Ostragehege,

Altarme der Elbe in Striesen, die An-tonstadt sowie die Elbwiesen im unmittelbaren Uferbereich tiefer gelegt werden (Bild 1) [7]. Eine genaue Überprüfung der verwendeten Höhenwerte bedarf weiterer Nachforschungen.

Mit Hilfe der Wasserspiegellagenberechnungen konnte bei einem Wasserstand von 111,80 m ü. NN ein Abfluss von 4 500 m³/s am Pegel Dresden berechnet werden, bei dem die damals kartierten

und jetzt berechneten Überflutungsflächen fast deckungsgleich sind (Bild 3). Ein Vergleich zeigt, dass ein kleiner Teil der östlichen Innenstadt bei höheren Abflusswerten im Modell entgegen den historischen Kartenangaben nicht als überflutet berechnet worden ist. Es ist jedoch denkbar, dass damals die Weißeritz die Überflutung dieses Gebietes verursacht hat, da vor dem Elbehochwasser 1845 von ähnlich starken Regenfällen mit Hochwasser in den linken Elbenebenflüssen wie 2002 berichtet worden ist [10].

Die „Alte Brücke“ – die damals einzige Elbequerung mit relativ breiten Pfeilern und geringen lichten Weiten – erzeugte bereits ab einem Durchfluss von 1 000 m³/s einen deutlichen Pfeilerstau. Dieser konnte bei starken Brückenversetzungen oder Vereisungen noch größere Werte annehmen. Vermutet wird für 1845 ein Pfeiler- bzw. Eisstau von weniger als einem Meter. Wahrscheinlich wurde der Oberwasserstand im Hinblick auf Verlegung mit Eischollen und anderem Treibgut vor der Brücke zu hoch geschätzt.

Die berechneten Wasserstand-Abfluss-Beziehungen am Pegel Dresden sind in Bild 4 dargestellt. Bei Durchflusswerten von mehr als 3 000 m³/s können deutliche Abweichungen der Schlüsselkurvenwerte beobachtet werden. Bei extremen Hochwasserdurchflüssen ergaben Sensitivitätsuntersuchungen mit plausiblen Verände-

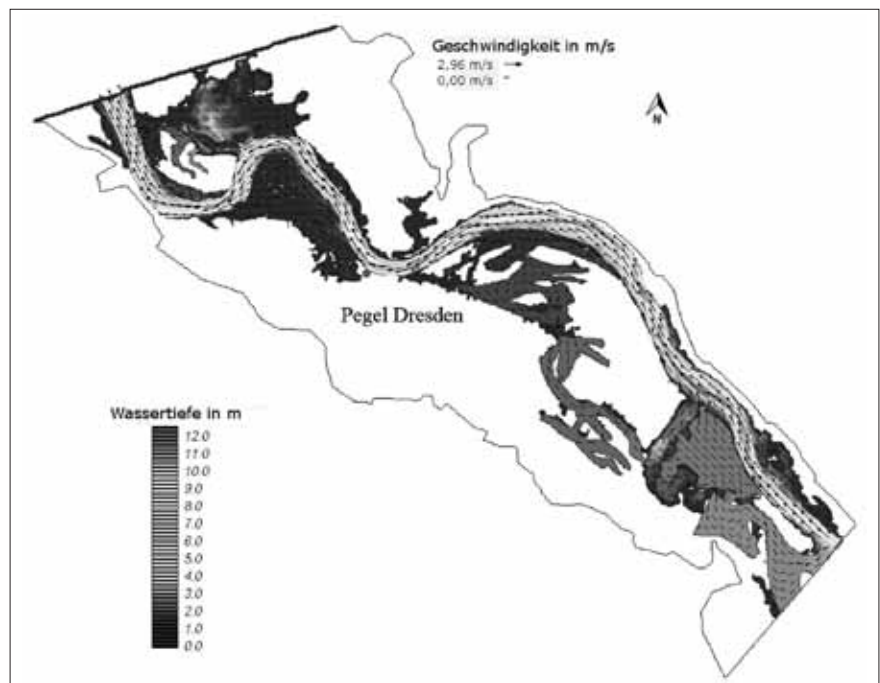


Bild 5: Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten während des Hochwassers 1845 bei einem Abfluss von 4 500 m³/s

rungen der Rauheitsbeiwerte Änderungen der Wasserstände in der Größenordnung einiger Dezimeter. Die alten und neuen Kurven liegen im Hochwasserbereich aber so weit auseinander, dass die Unterschiede nicht nur durch die Variation der Rauheit erklärt werden können.

5 Bewertung der Ergebnisse

Die berechneten Ergebnisse lassen sich als Überschwemmungslinien (bzw. Anschlaglinien, Bild 3), hydraulische Längsschnitte und als Schlüsselkurvenschar für eine bestimmte Station (Bild 4) und als Überflutungsflächen mit Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten (Bild 5) abbilden. Anhand der Wasserstand-Abfluss-Beziehungen, die streng genommen jeweils nur für ein bestimmtes Hochwasserereignis gültig sind, werden die Durchflüsse den Wasserständen zugeordnet. Die ermittelten Scheiteldurchflüsse werden dann in der Hochwasserstatistik weiter verarbeitet.

Die Abweichungen der Schlüsselkurven sind teilweise durch den Ausbau der Elbe zur Verbesserung der Schiffbarkeit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erklärbar [7]. Die jetzt berechnete Abflusskurve für das Ereignis von 1845 weist im oberen Bereich bei gleichen Wasserständen geringere Durchflusswerte auf als bisher angenommen. Nach dem Ausbau vor 150 Jahren haben sich die Fließquerschnitte vor allem durch Erosion und Sedimentation in den Vorländern, aber auch durch Baumaßnahmen verändert. Die jüngste Flussbaumaßnahme war der Sedimentabtrag auf den Vorlandflächen zur Erhöhung des Abführvermögens im Flussprofil (Bild 2). Die berechneten Wasserspiegellagenveränderungen der Gewässersohle liegen mit -60 cm bis +40 cm im Bereich der in der Literatur angegebenen Werte (z. B. [1]).

Wegen der mit Unsicherheiten behafteten historischen Eingangswerte empfiehlt sich die Durchführung von Sensitivitätsanalysen. Diese zeigen, dass die aus Veränderungen der Rauheitsannahmen folgenden Wasserspiegellagenänderungen zum Teil die Größenordnung der profilbedingten Änderungen erreichen können. Eine weitere Möglichkeit des Umganges mit Unschärfe und Unsicherheit ist die Benutzung von probabilistischen Ansätzen, bei denen die Eingangswerte (z. B. Sohlenlage, Rauheiten) und Ergebnisse (z. B.

Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit) als Zufallsvariable mit bestimmten Über- oder Unterschreitungswahrscheinlichkeiten aufgefasst werden können.

6 Hochwasseranalyse und extremwertstatistische Auswertung

Die dargestellte vereinfachte extremwertstatistische Auswertung mit dem Berechnungsprogramm HQ-EX (DHI-WASY) beinhaltet die Jahreshöchstabflüsse von 1805 bis 2008 am Pegel Dresden. Unter Verwendung der berechneten Schlüsselkurve wurde der Wasserstand von 1845 in einen Durchfluss umgerechnet und in die extremwertstatistische Untersuchung einbezogen. Ebenso wurde der korrigierte Wert für das Ereignis von 1890 einbezogen [4]. Für die Jahre 1845, 1890 und 2002 liegen die gültigen Schlüsselkurven gewissermaßen als Stützstellen vor. Die Reduktion der weiteren bisherigen amtlichen Spitzenwerte erfolgte hier zunächst (so lange nicht für jedes der 204 Jahre Schlüsselkurven ermittelt werden) mit Hilfe einer

linearen Trendbereinigung. Auf diese Weise wurde für den Quantilwert $HQ_{100} = 3\,880\text{ m}^3/\text{s}$ erhalten.

Bei einem Schutzziel mit einem Wiederkehrintervall von 100 bis 150 Jahren (Wasserstand 8,5 m) kann die Elbe mit wirksamem Hochwasserschutz in Dresden einen Durchfluss von etwas mehr als $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ abführen. Unter Berücksichtigung der Freibordhöhen bei diesem Schutzziel ist zu erwarten, dass ebenfalls Abflüsse oberhalb des HHQ von 2002 ohne Überflutung abgeführt werden können.

Für den Blick in die Zukunft ermöglichen die Ergebnisse aus der Vergangenheit eine Einordnung von aktuellen Extremereignissen und ein anschaulicheres Prozessverständnis. Untersuchungen, wie die vorliegende, werden vor allem angestellt, um auf dieser Grundlage Prognosen für das Hochwassergeschehen erstellen zu können (Bild 6).

In der Literatur sind unterschiedliche Wiederkehrintervalle für Hochwasserereignisse am Pegel Dresden zu finden. Für statistische Analysen wurden auch Teilreihen der Jahreshöchstabflüsse (anderer

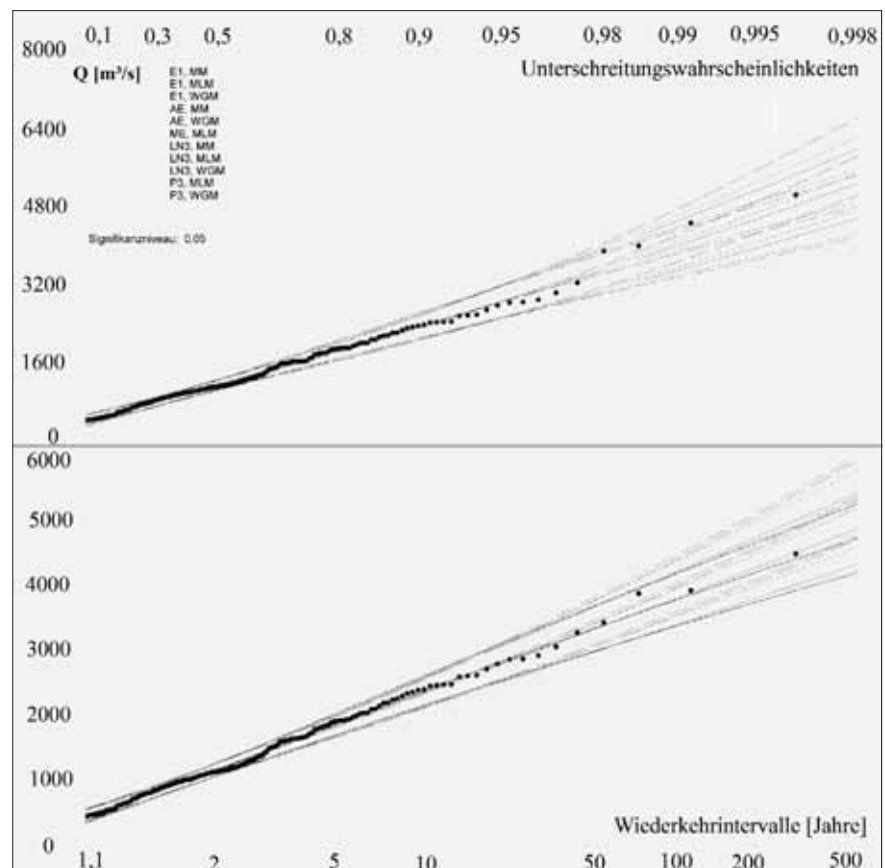


Bild 6: Extrapolation der Hochwasserscheiteldurchflusswerte (HQ-EX) mit historischen Hochwasserereignissen, oben: für die bisherigen Wasserstand-Abfluss-Beziehungen; unten: für die neuen Wasserstand-Abfluss-Beziehungen

Dauer) verwendet, wodurch in einer anderen Untersuchung [6] z. B. einem Wiederkehrintervall von 200 Jahren ein Durchflusswert von 3 600 m³/s zugeordnet worden ist und der Hochwasserscheitel vom August 2002 einmal alle 300 bis 500 Jahre auftreten würde. Nach den Berechnungen in der vorliegenden Arbeit liegt das Wiederkehrintervall der Hochwasserereignisse 1845 und 2002 bei 300 bis 400 Jahren und ist damit statistisch seltener als sich dies aus der in [14] angegebenen Reihe der Scheiteldurchflüsse ergeben würde.

7 Tendenzen und Trends

Eine Verringerung der Wiederkehrintervalle extremer Scheiteldurchflüsse unter Beibehaltung der zugehörigen Wasserstände führt zu einer divergenten Hochwasserstatistik. Diese könnte durch mögliche Trends im Abflussgeschehen hervorgerufen worden sein. Im Gesamtzeitraum bis 2008 zeichnet sich in **Bild 7** eine leicht fallende Tendenz ab, die mit den neu berechneten Durchflusswerten näher an einem stationären Verlauf liegt. Zwischen 1501 und dem Beginn des 19. Jh. wurden nur Aufzeichnungen von den größten Hochwasserereignissen überliefert, so dass eine Teilreihe dieser Zeit nicht repräsentativ sein kann.

Der Scheiteldurchfluss $HQ = 4\,580\text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Dresden vom 17.08.2002 wäre nach der vorliegenden Untersuchung der höchste bekannte Wert überhaupt (HHQ).

In einer Arbeit des Leipziger Institutes für Meteorologie und Hochwasserchronolo-

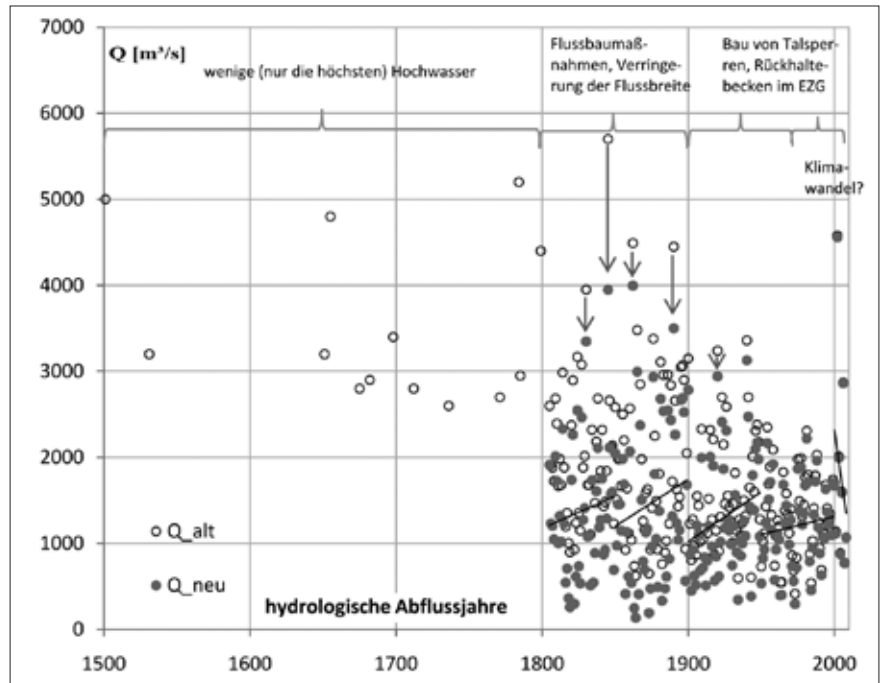


Bild 7: Hochwasserereignisse der Elbe in Dresden seit 1501 mit amtlichen (Kontur) und neu berechneten (gefüllt) Scheitelabflusswerten

gie konnte ebenfalls kein signifikanter Anstieg der Hochwasserwahrscheinlichkeit in den letzten 80 bis 150 Jahren festgestellt werden [5]. Die Anzahl der in den letzten 500 Jahren verzeichneten (mathematischen) Rekorde liegt mit drei (1501, 1845 und 1784 bisher oder 2002 mit korrigierten Werten) sogar unter der Hälfte der nach Glick 1978 bei stationären Verhältnissen zu erwartenden Anzahl [8]. Daher lassen sich zumindest formal aus den angestellten Betrachtungen (noch?) keine Auswirkungen instationär ansteigender

meteorologischer und hydrologischer Einwirkungen für den Abfluss der Elbe in Dresden ableiten. Sobald belastbare Informationen über eine mögliche Veränderung der Grundgesamtheit infolge eines Klimawandels oder anderer langfristiger Trends vorliegen, sollten die Wiederkehrintervalle überprüft und die Schutzziele gegebenenfalls erneut angepasst werden.

Auch wenn dies für die sächsische Elbe noch nicht mit statistischer Signifikanz nachgewiesen werden kann, ist in Zukunft ein vermehrtes Auftreten von Extremereignissen nicht auszuschließen.

In den letzten Jahren haben sich verschiedene Forschungsrichtungen etabliert, die die Anpassung der Gesellschaft (-en) an sich verändernde Anforderungen durch Naturereignisse beinhalten. Äußere Zeichen dafür sind auch wissenschaftliche Veranstaltungen, auf denen diese Problemkreise diskutiert werden wie „Urban Flood“ (Paris 2009) oder „Resilient Cities“ (Bonn 2010). Zentrale Fragestellungen beschäftigen sich mit der Entwicklung der Verletzlichkeit von Gemeinschaften durch Naturereignisse (Vulnerability) und des aufzubringenden Widerstandes gegenüber diesen Herausforderungen (Resilience). Eine erste Abschätzung entsprechender Kennwerte in **Bild 8** deutet auf eine diesbezüglich überwiegend positive Entwicklung im Beispielgebiet hin, die aber näher zu untersuchen und zu

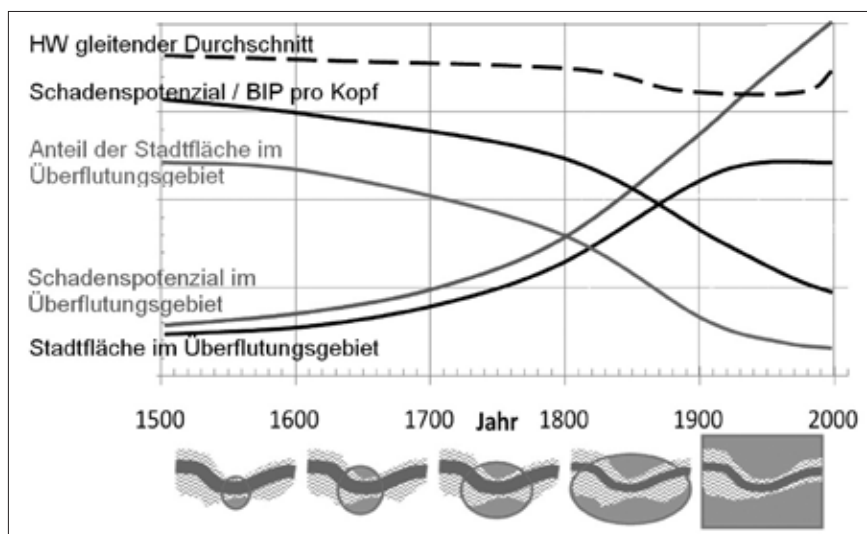


Bild 8: Qualitative Darstellung der geschätzten Auswirkungen der Extremhochwasserereignisse mit schematischer Darstellung einer überfluteten Stadtfläche

quantifizieren wäre, wozu erste Schritte initiiert wurden.

8 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblick

Am Beispiel der sächsischen Elbe wurden historische Durchflüsse überprüft. Mit historischen Fließquerschnitten aus Elbstromkartenblättern sowie weiteren Informationen zur damaligen Stadt- und Flussmorphologie wurde ein numerisches 2-D-Wasserspiegellagenmodell aufgebaut. Eine Schlüsselkurve für das Hochwasserereignis für 1845 konnte näherungsweise bestimmt werden. Die Ergebnisse legen nahe, dass den überlieferten Wasserständen bisher zu hohe Durchflussscheitelwerte zugeordnet wurden.

Das Ziel der Studie bestand darin, möglicherweise fehlerhafte Abflusswerte von Extremereignissen aufzuzeigen und zu korrigieren. Die daraus neu entstandene Hochwasserstatistik hat Auswirkungen auf Wiederkehrintervalle und Schutzgrade. Die überschlägig berechneten Wasserstand-Abfluss- und Hochwasserwerte sollten durch weitere Untersuchungen validiert und durch die Einbeziehung zukünftiger Ereignisse fortgeschrieben werden. Von Interesse sind auch die Tendenzen im Hochwassergeschehen und deren Auswirkungen auf urbane Bereiche.

Hier scheint sich abzuzeichnen, dass im Bereich der oberen Elbe (auch in Bezug auf die Nebenflüsse) bei vergleichbaren Ereignissen zwar die absoluten Schadenspotenziale wegen der höheren Sachwertdichte im potenziellen Überflutungsgebiet zugenommen haben, aber die relativen zu erwartenden Schäden (z. B. bezogen auf die im betroffenen Bereich befindlichen Werte oder das erwirtschaftete Bruttosozialprodukt sowie die Betroffenheit von Anwohnern (Vulnerability)) abgenommen haben. Zukünftige Untersuchungen können helfen, die zunächst qualitativ dargestellten Ergebnisse zu quantifizieren.

Dank

Die Autoren danken der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen für die Unterstützung bei der Bereitstellung der Datengrundlage.

Autoren

Dipl. Hyd. Franziska Kirsch

Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52056 Aachen
kirsch@iww.rwth-aachen.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl

Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik der Technischen Universität Dresden (IWD), 01062 Dresden
reinhard.pohl@tu-dresden.de

Franziska Kirsch and Reinhard Pohl

Modelling of Historic Flood Records with Respect to Flood Protection

1-D and 2-D water profile calculations were made using historic morphologic data to check and evaluate historic peak discharge values for the flood statistics. The methodology as well as its chances and limits are discussed considering the example of the Elbe River in Dresden, Germany. It becomes evident that necessary corrections also influence the flood statistics and consequently the degrees of flood protection.

Франциска Кирш и Райнхард Польш

Моделирование исторических характеристик стока для прогноза паводка

Для перепроверки и оценки исторических данных протекающего расхода воды, поступающих в статистику паводков, проводятся 1- и 2-х-мерные расчеты уровня воды с применением исторических морфологических данных. Методика, ее возможности и границы применения объясняются на примере реки Эльбы в районе городской черты Дрездена. Становится ясно, что необходимые поправки влияют на статистику паводков, и, таким образом, - на степень защиты.

Literatur

- [1] Faulhaber, P.: Veränderung hydraulisch-morphologischer Parameter der Elbe. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau (2000), Nr. 82, S. 97-117.
- [2] Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (Hrsg.): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet – Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick. Magdeburg, 2005.
- [3] Kirsch, F.: Auswertung von 2-dimensionalen Strömungsberechnungen mit historischen Datensätzen für die Hochwasseranalyse. Technische Universität Dresden, Diplomarbeit, 2010.
- [4] Matz, S.; Pohl, C.: Erstellung eines hydraulischen Teilmodells für die deutsche Obere Elbe anhand historischer Daten für das Sommerhochwasser von 1890. In: Erschließung und Einbeziehung historischer Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse – Fallbeispiele und Empfehlungen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), 2008.
- [5] Mudelsee, M.; Börngen, M.; Tetzlaff, G.; Grünewald, U.: No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. In: Nature Publishing Group 425 (2004), September, S. 166-169.
- [6] Nestmann, F., Büchele, B. (Hrsg.): Morphodynamik der Elbe. Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes, Karlsruhe, 2002.
- [7] Pohl, R.: Auswertung von Wasserspiegellagenberechnungen mit historischen Datensätzen für die Hochwasseranalyse. In: Wasserwirtschaft 97 (2007), Heft 5, S. 16-20.
- [8] Pohl, R.: Updating flood records using historic water profiles. In: Proc. HydroVision 2008. Sacramento, 2008.
- [9] Pohl, R.: Kennen wir die Hochwasserdurchflüsse unserer Flüsse? In: Wasser und Abfall (2002), Heft 11, S. 14-18.
- [10] Poliwoda, G. N.: Aus Katastrophen lernen – Sachsen im Kampf gegen die Fluten der Elbe 1784 bis 1845. Köln, Weimar, Wien: Böhlaus Verlag, 2007.
- [11] Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek: Karte des Elbstroms des Königreiches Sachsen in 15 Kartenblättern (Lithographie, Maßstab 1:12 000 mit den Grenzen der Überschwemmung vom 31. März 1845). Kartenforum Sachsen, 2010.
- [12] Schmidt, M.: Hochwasser und Hochwasserschutz in Deutschland vor 1850 – Eine Auswertung alter Karten. München: Oldenbourg Industrieverlag, 2000.
- [13] Siglow, A.: Auswertung von Wasserspiegellagenberechnungen mit Historischen Datensätzen für die Hochwasseranalyse. Technische Universität Dresden, Diplomarbeit, 2007.
- [14] Staatministerium für Umwelt und Landwirtschaft: Hochwasserschutz in Sachsen: Materialien zu Wasserwirtschaft. 2002 (ergänzende historische Wasserstandsangaben vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt).