

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 552

Stochastische und deterministische Wege zur Ermittlung von
Hochwasserwahrscheinlichkeiten

März 2025

VORSCHAU

VORSCHAU

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 552

Stochastische und deterministische Wege zur Ermittlung von
Hochwasserwahrscheinlichkeiten

März 2025

VORSCHAU

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft 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 Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

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

Satz:
Christiane Krieg, DWA

Druck:
druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:
978-3-96862-799-1 (Print)
978-3-96862-800-4 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2025

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Die DWA behält sich das Text- und Data-Mining nach § 44b UrhG vor, was hiermit Dritten ohne Zustimmung der DWA untersagt ist.

Vorwort

Die extremen, oftmals durch Starkregen bedingten Hochwasser der letzten Jahre zeigten, wie problematisch die Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten ist, wenn die Entstehung und der Verlauf dieser Ereignisse nicht differenziert berücksichtigt wird. Insbesondere die zunehmende Zahl von Sturzfluten erfordert ein neues Verständnis der Hochwassergefährdung in Deutschland. Dabei ist zu beachten, wie sich Sturzfluten von den herkömmlichen Flusshochwassern unterscheiden: extrem kurze Anstiegszeiten, hohe Fließgeschwindigkeiten, schießende Abflüsse, starke hydraulische Belastung der Gewässer und der Überflutungsflächen und oftmals extreme Schäden. Die Erfahrungen derartiger Extremhochwasser bildeten den Ausgangspunkt für die Überarbeitung des im Jahr 2012 veröffentlichten Merkblatts DWA-M 552 mit dem Ziel, die auf einer erweiterten Datenbasis beruhenden neuen hydrologischen Erkenntnisse in das Merkblatt einfließen zu lassen. Dazu hat die DWA im Frühjahr 2022 eine Arbeitsgruppe (AG HW-4.11 „Hochwasserwahrscheinlichkeiten“) berufen. Schwerpunkt der Überarbeitung war dabei die kausale Informationserweiterung, für die nunmehr quantitative Ansätze vorgeschlagen werden. Durch die Integration von Informationen zur Entstehung und zu den meteorologischen Ursachen von Hochwassern können nunmehr belastbare Aussagen zur Wahrscheinlichkeit extremer Ereignisse und zum Verlauf des Extrapolationsbereichs der statistischen Verteilungsfunktionen gemacht werden. Hierzu wird die Erweiterung der Datenbasis durch partielle Serien empfohlen. Neu sind ebenso Ausführungen zur multivariaten Statistik und zu Trend- und Bruchpunkttests. Wie bereits im Merkblatt DWA-M 552 (08/2012) wird auch hier die parallele Anwendung mehrerer Verfahren empfohlen. Ziel ist die Ermittlung einer Spannbreite für das gesuchte Hochwasserquantil, welche mittels objektiver Kriterien aus den verschiedenen Verfahren bestimmt werden kann. Der zugehörige Erwartungswert kann dann als Anhaltspunkt für die Schätzung verwendet werden.

Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 552 (08/2012) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Merkblatttitels;
- b) weitergehende Ausführungen zu kausaler Informationserweiterung;
- c) Aktualisierung und Neufassung der Ausführungen zu zeitlicher Informationserweiterung;
- d) neu aufgenommen: Hinweise zu multivariater und typbasierter Statistik;
- e) neu aufgenommen: statistische Bruchpunkt- und Trendtests, Verfahren zur Wahl der Verteilungsfunktion;
- f) Neuformulierung von Gesichtspunkten zur Anwendung der N-A-Modellierung;
- g) Präzisierungen, Klarstellungen und Verbesserungen der Verständlichkeit an folgenden Stellen: Stichprobengewinnung, Wahrscheinlichkeitsanalyse, zeitliche, kausale und räumliche Informationserweiterung, Verwendung der Verfahren;
- h) Anpassung an die geltenden Gestaltungsregeln nach Arbeitsblatt DWA-A 400:2018.

Zusätzlich zum Merkblatt erscheint das begleitende Webtool HQ-Statistik-Expert der DWA. Dieses Webtool mit benutzerfreundlicher grafischer Oberfläche enthält alle wesentlichen statistischen Funktionen, die in diesem Merkblatt vorgestellt werden. Es können sowohl eigene Datensätze als auch der Datensatz aus dem begleitenden Themenband „Beispielrechnungen und Anwendungsbeispiele zum Merkblatt DWA-M 552“ (DWA 2025) im Detail statistisch mit den hier vorgeschlagenen Methoden ausgewertet werden. Das Webtool soll den Anwender / die Anwenderin bei der Umsetzung des Merkblatts unterstützen und die Anwendung komplexer statistischer Verfahren erleichtern. Es ersetzt jedoch keinesfalls das hydrologische Expertenwissen, welches bei der Auswertung und Einschätzung der Ergebnisse benötigt wird.

In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich,

wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Die Autoren danken Dr. Simon Seibert vom LfU Bayern für die hilfreichen Kommentare zur N-A-Modellierung.

Frühere Ausgaben

Merkblatt DWA-M 552 (08/2012)

DWA-Klimakennung

Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung ausgezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Klimaschutz auseinandersetzt. Das vorliegende Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:

KA2 = Das Merkblatt hat direkten Bezug zur Klimaanpassung

KS0 = Das Merkblatt hat keinen Bezug zu Klimaschutzparametern

Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimakennung im DWA-Regelwerk“ erläutert, der online unter www.dwa.info/klimakennung verfügbar ist.

Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe HW-4.11 „Hochwasserwahrscheinlichkeiten“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Hydrologie und Wasserbewirtschaftung“ (HA HW) im DWA-Fachausschuss HW-4 „Hochwasserrisikomanagement“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe HW-4.11 „Hochwasserwahrscheinlichkeiten“ gehören folgende Mitglieder an:

FISCHER, Svenja	Dr. habil., Ruhr-Universität Bochum, Bochum (Sprecherin)
BÜTTNER, Uwe	Dipl.-Hydrologe, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden (stellv. Sprecher)
BENDER, Jens	Prof. Dr., Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach
BUCHHOLZ, Oliver	Dr.-Ing., Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
DALLA VALLE, Nicolas	M. Sc., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg
JOHANN, Georg	Dipl.-Hydrologe, Emschergenossenschaft, Essen
MERZ, Ralf	Prof. Dr., Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Halle (Saale)
ÖTTL, Marco Albert	M. Eng., Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach
SCHUMANN, Andreas	Prof. Dr., Ruhr-Universität Bochum, Bochum
SCHWIERSCH, Niklas	Dr.-Ing., Fichtner Water & Transportation GmbH, Stuttgart

Dem DWA-Fachausschuss HW-4 „Hochwasserrisikomanagement“ gehören folgende Mitglieder an:

PIROTH, Klaus	Dr.-Ing., CDM Smith Consult GmbH, Bickenbach (Obmann)
JÜPNER, Robert	Prof. Dr., RPTU Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Kaiserslautern (stellv. Obmann)
BRANDENBURG, Heinz	Dipl.-Ing., Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR, Köln
DISSE, Markus	Univ.-Prof. Dr.-Ing., Technische Universität München, München
FISCHER, Bernhard	Dr. rer. nat. Dipl.-Ing., Bonn
FISCHER, Svenja	Dr. habil., Ruhr-Universität Bochum, Bochum
GFRÖRER, Joachim	Dipl.-Ing., ARCADIS Germany GmbH, Karlsruhe
ILLING, Christian	Dr. rer. nat., Deutsches Rotes Kreuz Landesverband Nordrhein e. V., Bonn
KEYL, Marion	Dipl.-Ing., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg
MEON, Günter	Prof. Dr.-Ing., Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Braunschweig
MUDERSBACH, Christoph	Prof. Dr.-Ing., Siegen
MÜLLER, Uwe	Dr.-Ing. habil., Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden
NACKEN, Heribert	Prof. Dr.-Ing., RWTH Aachen, Aachen
RÖTTCHER, Klaus	Prof. Dr.-Ing., Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Suderburg
SCHEIBEL, Marc	Dipl.-Ing., Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Wuppertal
SIEMON, Christian	Dipl.-Ing., HGN Beratungsgesellschaft mbH, Braunschweig

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BARION, Dirk	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
--------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	5
Bilderverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
Hinweis für die Benutzung	11
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	18
2 Begriffe	18
2.1 Abkürzungen	18
2.2 Formelzeichen	19
3 Hochwasserdaten	23
3.1 Allgemeines	23
3.2 Konsistenzprüfung der Daten	23
3.3 Stichprobengewinnung	25
3.3.1 Vorbemerkungen	25
3.3.2 Hochwasserscheitelstatistik	25
3.3.3 Ereignisstatistik	28
3.3.4 Hochwassertypisierung	29
3.4 Inhomogenität und Instationarität von Hochwasserbeobachtungsreihen	30
4 Wahrscheinlichkeitsanalyse	36
4.1 Vorbemerkungen	36
4.2 Empirische Wahrscheinlichkeiten (<i>Plotting Positions</i>)	36
4.3 Verteilungsfunktionen	38
4.3.1 Funktionen zur Beschreibung von Jahresmaxima	38
4.3.2 Funktionen zur Beschreibung der partiellen Serie	38
4.3.3 Unterschiede zwischen den Verteilungsfunktionen	40
4.4 Parameterschätzung	40
4.4.1 Vorbemerkungen	40
4.4.2 Momentenmethode (Produktmomente)	40
4.4.3 Linear-Momente (L-Momente)	41
4.4.4 Maximum-Likelihood-Methode	41
4.4.5 Bewertung der Schätzverfahren	42
4.5 Konfidenzintervalle (Vertrauensbereich)	43
4.6 Wahl der Verteilungsfunktion	45
4.6.1 Vorbemerkungen	45
4.6.2 Grafischer Vergleich zwischen den empirischen Wahrscheinlichkeiten und der angepassten Verteilung	45
4.6.3 Anpassungstests	46
4.6.4 Informationskriterien	46

4.6.5	Große Hochwasser, die von der Verteilungsfunktion deutlich abweichen	47
4.7	Multivariate Statistik	49
5	Zeitliche Informationserweiterung	53
5.1	Vorbemerkungen	53
5.2	Historische Hochwasser	53
5.3	Einordnung des Zeitraums der Beobachtungsreihe.....	57
6	Kausale Informationserweiterung	59
6.1	Vorbemerkungen	59
6.2	Hochwasserstatistik unter Berücksichtigung der Hochwassergenese	59
6.2.1	Allgemeines	59
6.2.2	Saisonale Hochwasserstatistik.....	59
6.2.3	Typbasierte Hochwasserstatistik.....	62
6.3	Ereignisbasierte und kontinuierliche Niederschlag-Abfluss-Simulation mit deterministischen Modellen	65
6.3.1	Allgemeines	65
6.3.2	Hinweise zur Modellkalibrierung.....	66
6.3.3	Definition der Jährlichkeit der berechneten Hochwasserscheitel bei der Einzelereignissimulation.....	66
6.3.4	Kontinuierliche Niederschlag-Abfluss-Simulation	67
6.3.5	Verwendung der Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss-Modellierung	67
7	Räumliche Informationserweiterung	69
7.1	Vorbemerkungen	69
7.2	Abflussdiagramme und hydrologische Längsschnitte	69
7.3	Statistische Regionalisierungsverfahren	72
7.3.1	Vorbemerkungen	72
7.3.2	Definition hydrologisch ähnlicher Einzugsgebiete.....	73
7.3.3	Übertragung der Information von beobachteten auf unbeobachtete Gebiete.....	73
8	Zusammenführung und Bewertung des Ergebnisspektrums.....	75
8.1	Vorgehensweise.....	75
8.2	Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten mittels verschiedener Methoden beispielhaft für den Pegel Marienthal/Regen.....	80
Anhang A	Statistische Instationaritätstests	83
A.1	Vorbemerkungen	83
A.2	Bruchpunkttests	83
A.3	Trendtests	84
Anhang B	Statistische Kenngrößen und Parameterschätzer	85
Anhang C	Relevante Verteilungsfunktionen.....	86
Anhang D	Statistische Methoden zur Wahl der Verteilungsfunktion	94
D.1	Vorbemerkungen	94
D.2	Verteilungstests.....	94
D.3	Informationskriterien	95
Anhang E	Definitionen ausgewählter Archimedischer Copulas	96

Anhang F Verfahren zur Hochwassertypisierung	98
F.1 Vorbemerkungen	98
F.2 Hochwassertypisierung	98
Anhang G Verfahren zur Ermittlung von Saisonalität	101
G.1 Vorbemerkungen	101
G.2 Das wahrscheinlichkeitsgewichtete Burn-Diagramm	101
Anhang H Verfahren zur Berücksichtigung historischer Hochwasser	104
Quellen und Literaturhinweise	106

Bilderverzeichnis

Bild 1: Stellung des Merkblatts innerhalb des Systems der wasserbaulichen Hochwasserbemessung	12
Bild 2: Kriterien für unabhängige Hochwasserscheitel, MQ bezeichnet den langjährigen mittleren Abfluss	26
Bild 3: Unterschied AMAX- und POT-Werte in Bezug auf den Schwellenwert u	27
Bild 4: Schematische Darstellung verschiedener Bruchpunkte und Trends	31
Bild 5: Beispiel einer beobachteten Datenreihe, die den zugrundeliegenden Prozess nicht hinreichend beschreibt	33
Bild 6: Als signifikant identifizierte hochwasserarme und hochwasserreiche Perioden in den Jahreshöchstabflüssen am Pegel Köln/Rhein	33
Bild 7: Signifikante Trends über jeweils 30 Jahre im Ergebnis des Mann-Kendall-Test mit einem Signifikanzniveau von 0,05 in der Reihe der Jahreshöchstabflüsse in Köln 1817-2013	34
Bild 8: Beispiele für mögliche Ursachen von Instationaritäten: a) Erhöhung von Hochwasserabflüssen durch Urbanisierung im Einzugsgebiet; b) Abflachung der Hochwasserscheitel durch zusätzliche Retentionsflächen, c) Wirkung des technischen Rückhalts in Speichern, Scheitelreduzierung bei kleinen Ereignissen, Verringerung bzw. Verlust der Hochwasserscheitel- minderung bei Extremereignissen	35
Bild 9: Verschiedene Verteilungsfunktionen, angepasst mit unterschiedlichen Schätzverfahren an die Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen, dargestellt zusammen mit den empirischen Jährlichkeiten	43
Bild 10: 95%-Konfidenzintervall für die Hochwasserquantile geschätzt mittels GEV-Verteilung und L-Momenten sowie empirische Jährlichkeiten für den Pegel Marienthal/Regen	44
Bild 11: Q-Q-Plot der beobachteten Quantile der Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen und der theoretischen der GEV-Verteilung mit mittels L-Momenten geschätzten Parametern sowie Histogramm der Jahreshöchstabflüsse mit mittels L-Momenten angepasster Dichte der GEV-Verteilung (rechts)	46
Bild 12: Links: Bivariate Stichprobe von X und Y mit den univariaten Dichtefunktionen $f_x(x)$ und $f_y(y)$ sowie synthetischen Realisationen unter Verwendung einer Copula bei Annahme einer statistischen Unabhängigkeit. Rechts: in den Einheitsraum $[0,1]$ überführte Werte U und V	50
Bild 13: Beispiel der UND, ODER und konditionalen Wahrscheinlichkeit am Beispiel von ausgewerteten Hochwasserscheiteln und -füllen	52

Bild 14:	Historische Hochwasser am Pegel Wechselburg 1/Zwickauer Mulde innerhalb der systematischen Reihe 1910 bis 2020 und Veränderung der zugeordneten Jährlichkeiten.....	56
Bild 15:	Ergebnisse der Anwendung des in Anhang H dargestellten Verfahrens der partiellen wahrscheinlichkeitsgewichteten Momente zur Einbeziehung historischer Hochwasser in die statistische Analyse für den Pegel Wechselburg 1/Zwickauer Mulde.....	57
Bild 16:	Beobachtete maximale jährliche Abflussscheitel der Sehma bei Annaberg und der Zschopau bei Tannenberg	58
Bild 17:	Wahrscheinlichkeitsgewichtetes Kreisdiagramm der Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen	60
Bild 18:	Saisonale Verteilung für Sommer- und Winterhöchstabflüsse, Mischverteilung beider Saisons sowie Verteilung der Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen	61
Bild 19:	TMPS-Mischungsmodell und Typverteilungen sowie Verteilung der Jahreshöchstabflüsse für den Pegel Marienthal/Regen.....	63
Bild 20:	Beispiel für synthetische Ganglinien für verschiedene Hochwassertypen für das $HQ(100)$ von $83 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Achsheim/Schmutter a) mit mittleren Parametern für Anstiegs- und Rückgangszeit und b) mit einem Ensemble von Startparametern für Anstiegs- und Rückgangszeit	64
Bild 21:	MHQ -Diagramm der Gebiete von Mulde und Spree in Sachsen.....	69
Bild 22:	HQ -Längsschnitt der Lausitzer Neiße mit Benennung der Pegel und der bedeutendsten Zuflüsse	71
Bild 23:	Ausgewählte $HQ(T)$ -Längsschnitte der Lausitzer Neiße zwischen den Pegeln Hartau und Görlitz als Regressionsgeraden	71
Bild 24:	Mittels hierarchischem Clustering ermittelte hydrologisch ähnliche Regionen für die Formparameter der GPD und GEV im hydrologischen Bayern, differenziert nach Hochwassertyp	75
Bild 25:	Gesamtschau der Ergebnisse der Wahrscheinlichkeitsermittlung	79
Bild 26:	Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen	81
Bild E.1:	Dichten der Archimedischen Copulas für verschiedene Werte von Kendalls Tau.....	97
Bild F.1:	Schematische Darstellung der Hochwassertypisierung	98
Bild F.2:	Unterteilung der regengetriebenen Hochwasser anhand ihrer TQ-Werte mittels linearer Regression für den Pegel Marienthal/Regen.....	100
Bild F.3:	Unterteilung der schneeschnmelzbeeinflussten Hochwasser anhand ihrer Niederschlags- und Schneeschmelzsumme für den Pegel Marienthal/Regen.....	100
Bild G.1:	Burn-Diagramm der Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen	101
Bild G.2:	Wahrscheinlichkeitsgewichtetes Burn-Diagramm der Jahreshöchstabflüsse am Pegel Marienthal/Regen	103
Bild H.1:	Historische Hochwasser und Hochwasser der systematischen Reihe für den Pegel Wechselburg 1/Zwickauer Mulde in Sachsen.....	104
Bild H.2:	Berücksichtigung historischer Hochwasser für den Pegel Wechselburg 1/Zwickauer Mulde mittels PPWM.....	105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Empfohlene Verfahren und Methoden zur Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten	14
Tabelle 2:	Theoretische Unterschiede zwischen den statistischen Wiederkehrintervallen T_p , berechnet aus der partiellen Reihe, und T_a , berechnet aus der Reihe der Jahreshöchstwerte	39
Tabelle 3:	Überblick zu Schätzverfahren	42
Tabelle 4:	Mögliche Ursachen für extreme Hochwasser als Ursache schwerer Ränder von Hochwasserverteilungen	48
Tabelle 5:	Hochwasser, die einen Schwellenwert von $800 \text{ m}^3/\text{s}$ überschreiten, und deren empirische Jährlichkeit, bezogen auf den Zeitraum 1434 bis 2020 für den Pegel Wechselburg 1/Zwickauer Mulde	55
Tabelle 6:	Momente der Reihe der jährlichen Hochwasserabflüsse der Pegel Annaberg 1 und Tannenberg	58
Tabelle 7:	Einschätzung des Hochwasserverhaltens (Ergebnisspektrum) nach unterschiedlichen Methoden für den Pegel Marienthal am Regen	82
Tabelle B.1:	Stichprobenmomente	85
Tabelle B.2:	Statistische Kennwerte (Stichprobenschätzer)	85
Tabelle C.1:	Generalisierte Extremwertverteilung (GEV)	86
Tabelle C.2:	Extremwertverteilung Typ 1 (Gumbel- Verteilung)	87
Tabelle C.3:	Dreiparametrische Pearson-III-Verteilung	88
Tabelle C.4:	Dreiparametrische logarithmische Normalverteilung	89
Tabelle C.5:	Dreiparametrische logarithmische Pearson-III-Verteilung	91
Tabelle C.6:	Generalisierte Pareto-Verteilung	92
Tabelle C.7:	Cauchy-Verteilung	93
Tabelle E.1:	Definitionen häufig verwendeter Archimedischer Copulas	96

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

Einleitung

Gegenstand des vorliegenden Merkblatts

Eine Vielzahl wasserwirtschaftlicher Planungs- und Bemessungsaufgaben erfordert Kenntnisse über Hochwasserabflüsse und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten. Statt der Überschreitungswahrscheinlichkeit wird in der Hydrologie oft der Begriff „Jährlichkeit“ (Kehrwert der jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit eines Hochwasserscheitelabflusses) oder die Bezeichnung „statistisches Wiederkehrintervall“ (mittlere Zeitspanne, in der ein Hochwasserabfluss überschritten wird) verwendet. Ziel dieses Merkblatts ist es, Empfehlungen für die Anwendung von hochwasserstatistischen Verfahren zur Bestimmung von Hochwasserabflüssen an einem Fließgewässerquerschnitt für die jeweiligen ausgewählten Jährlichkeiten zu geben.

Die Zielsetzung der hier dargestellten Verfahren und Methoden besteht in einer bestmöglichen Schätzung der hochwasserstatistischen Kennwerte unter Verwendung der zum Zeitpunkt der Berechnung verfügbaren Information. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine Überschätzung und eine Unterschätzung als gleich wahrscheinlich anzunehmen sind. In der Statistik wird dann von dem Erwartungswert gesprochen, also jenem Abfluss einer bestimmten Jährlichkeit, der theoretisch im Mittel über viele Anwendungsfälle erreicht wird. Dies bedeutet allerdings auch, dass, zum Beispiel nach Vorliegen einer längeren Hochwasserdatenreihe, das heißt, beim Vorliegen neuer Informationen, eine abermalige Ermittlung des Hochwasserabflusses oftmals veränderte Rechenergebnisse ergeben wird.

Die Ergebnisse, das heißt, die berechneten Hochwasserabflüsse für die vorgegebenen Jährlichkeiten, hängen von der Datenbasis und den verwendeten Methoden ab. Meist ist die Datenbasis so beschaffen, dass die berechneten Werte erhebliche Unsicherheiten aufweisen. Auch die angewandten Verfahren und Methoden unterscheiden sich je nach Anwendungsfall und Datenbasis in ihrer Eignung, wodurch weitere Unsicherheiten bedingt sind.

Je nach Anwendungsfall werden Abflusswerte für unterschiedliche Jährlichkeiten benötigt. Dieses Merkblatt empfiehlt als grundsätzliche Vorgehensweise für alle Jährlichkeiten die parallele Anwendung mehrerer Methoden. Bei den dargestellten Methoden und Beispielen ist der Fokus auf Jährlichkeiten von 2 bis 200 Jahren gerichtet. Hierzu gibt es eine Reihe von gebräuchlichen und wissenschaftlich begründeten Ansätzen. Für die Ermittlung bzw. Abschätzung von Hochwasserabflüssen mit

VORSCHAU

Die extremen Überflutungen der letzten Jahre zeigen unter anderem, wie problematisch die Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten ist, wenn die Entstehung und der Verlauf dieser Ereignisse nicht differenziert berücksichtigt werden. Insbesondere die zunehmende Zahl von Sturzfluten infolge von Starkregen erfordert ein neues Verständnis der Hochwassergefährdung in Deutschland. Dabei ist zu beachten, wie sich Sturzfluten von den herkömmlichen Flusshochwassern unterscheiden: extrem kurze Anstiegszeiten, hohe Fließgeschwindigkeiten, schießende Abflüsse, starke hydraulische Belastung der Gewässer und der Überflutungsflächen und oftmals extreme Schäden. Die Erfahrungen derartiger Extremhochwasser bildeten den Ausgangspunkt für die Überarbeitung des im Jahr 2012 veröffentlichten Merkblatts DWA-M 552 mit dem Ziel, die auf einer erweiterten Datenbasis beruhenden neuen hydrologischen Erkenntnisse in das Merkblatt einfließen zu lassen.

Durch die Integration von Informationen zur Entstehung und zu den meteorologischen Ursachen von Hochwassern können nunmehr belastbare Aussagen zur Wahrscheinlichkeit extremer Ereignisse und zum Verlauf des Extrapolationsbereichs der statistischen Verteilungsfunktionen gemacht werden. Im vorliegenden Merkblatt wird die Erweiterung der Datenbasis durch partielle Serien empfohlen. Neu sind ebenso Ausführungen zur multivariaten Statistik und zu Trend- und Bruchpunkttests. Festgehalten wird an der parallelen Anwendung mehrerer Verfahren. Ziel ist die Ermittlung einer Spannbreite für das gesuchte Hochwasserquantil, welche mittels objektiver Kriterien aus den verschiedenen Verfahren bestimmt werden kann. Der zugehörige Erwartungswert kann dann als Anhaltspunkt für die Schätzung verwendet werden. Mit diesen Werkzeugen bietet das vorliegende Merkblatt neue Ansätze zur Ermittlung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten und bildet einen Baustein für das Hochwasser- und Starkregenerisiko-Management.

ISBN: 978-3-96862-799-1 (Print)
978-3-96862-800-4 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 | info@dwa.de | www.dwa.de