

DWA-Themen

Hochwasservorsorge – Zeitvariante Hochwasserrisiko- faktoren

Oktober 2023 · T3/2023

VORSCHAU

VORSCHAU

DWA-Themen

Hochwasservorsorge – Zeitvariante Hochwasserrisiko- faktoren

Oktober 2023 · T3/2023

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
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

bprintmedien

ISBN:

978-3-96862-614-7 (Print)

978-3-96862-615-4 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2023

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Themenbands 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 Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Themenbanderstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

Vorwort

Im Mai 2017 veröffentlichte der DWA-Fachausschuss HW-4 „Hochwasserrisikomanagement“ die Vorhabenbeschreibung zum vorliegenden Themenband in der „KA Korrespondenz Abwasser, Abfall“ und „KW Wasserwirtschaft“. Mit der Zielsetzung die Wirkung zeitvarianter Faktoren nachvollziehbar und allgemeinverständlich aufzuzeigen und Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Hochwasserrisikomanagementplanung abzuleiten, wurden die Arbeiten 2017 aufgenommen. Erste Ergebnisse waren für Anfang 2019 vorgesehen. „Corona“ und der damit verbundene Lockdown beeinflussten die Bearbeitungsdauer und die Ahrflut im Sommer 2021 offenbarte die Aktualität des Themas, und es stellt sich die Frage, welchen Bezug die Ereignisse im Ahrtal zu den hier aufgezeigten Einflüssen (Hochwasserrisikofaktoren) auf Schäden und Schadenerwartungen haben. Denn das Hochwasser an der Ahr hat Schwachpunkte im Hochwasserrisikomanagement schonungslos offengelegt. Und das betrifft alle vier in diesem Themenband behandelten Risikofaktoren:

- Die **Hochwasserwahrscheinlichkeit**: Welche Abflüsse (und verursachenden Niederschläge) sind für zu planende Hochwasserschutz- und Hochwasservorsorgemaßnahmen nach heutigem Kenntnisstand anzusetzen (Analyse vorhandener Niederschlags- und Abflusszeitreihen inklusive historischer Ereignisse) und welche Auswirkungen sind durch zukünftige Entwicklungen zu erwarten, die bisher nicht in den Beobachtungen abgebildet sind?
- Die resultierenden **Wasserstände**, die hier beispielhaft über den Profileinfluss (Rauheiten) behandelt werden, aber genauso auf mögliche Einflüsse durch (verklauete) Brücken übertragen werden können.
- Das **Wertevermögen** in den durch mögliche Überschwemmungen betroffenen Gebieten. Dies wird in diesem Themenband am Beispiel von „geschützten“ Gebieten hinter Deichen dargelegt, in denen im vermeintlichen „sicheren“ Schutz durch die Deiche die Wertevermögen überproportional anwachsen. Übertragen auf das Ahrtal, zeigt sich dies mit dem immer näheren Heranwachsen der Bebauung an das Gewässer und an und in, nach bestem Wissen und Gewissen nach Europäischer Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie ausgewiesenen „Gefahrenzonen“, die sich im Rückblick zudem als viel zu klein erwiesen haben.
- Die **Schadensanfälligkeit**, die ein Maß dafür ist, inwieweit man sich auf mögliche Überschwemmungen vorbereitet und durch geeignete Maßnahmen dafür sorgt, dass die auftretenden Schäden möglichst klein werden. Auch wenn „nur“ die baulichen Maßnahmen an Gebäuden als Maßstab zugrunde gelegt werden, spielen die Vorhersagen und Warnungen eine entscheidende Rolle. Insbesondere zur Rettung von Menschenleben ist die umfassende Akzeptanz dieser Warnungen und das Wissen, was zu tun ist, zentral. Dazu gehören auch Maßnahmen der Flächen-, Bau- und Eigenvorsorge.

Dieser Themenband gibt somit nur einen kleinen Ausblick auf das, was in Zukunft zu erwarten ist und zeigt auf, wie dies, in Bezug auf die monetären Auswirkungen und als Grundlage für eine Kosten-Nutzen-Betrachtung schon jetzt methodisch berücksichtigt werden kann. Er soll zur Diskussion anregen und bietet Struktur und Handwerkszeug für eine nachhaltige Entwicklung an.

Der Themenband richtet sich an alle Institutionen (Bund, Land, Verbände, Kommunen), Ingenieurbüros und Versicherungen, die mit der Thematik „Hochwasser“ befasst sind.

In diesem Themenband 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.

Verfasserinnen und Verfasser

Dieser Themenband wurde von der DWA-Arbeitsgruppe HW-4.5 „Zeitvariante Hochwasserrisikofaktoren“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Hydrologie und Wasserbewirtschaftung“ (HW) im DWA-Fachausschuss HW-4 „Hochwasserrisikomanagement“ erarbeitet.

Der Arbeitsgruppe HW-4.5 „Zeitvariante Hochwasserrisikofaktoren“ gehören folgende Mitglieder an:

PIROTH, Klaus	Dr.-Ing., Bickenbach (Sprecher)
ROTHER, Karl	Dr.-Ing., Mainz (stellv. Sprecher)
BROICH, Karl	Dr.-Ing., München
BRONSTERT, Axel	Prof. Dr.-Ing., Potsdam
DISSE, Markus	Prof. Dr.-Ing., München
DUNG, Viet Nguyen	Dr.-Ing., Potsdam
KAISER, Tobias	Dipl.-Ing., Donauwörth
KEYL, Marion	Dipl.-Ing., Augsburg
MERZ, Bruno	Prof. Dr.-Ing., Potsdam
MÜLLER, Uwe	Dr.-Ing. habil., Dresden
POHL, Christian	Dipl.-Ing., Bremen
ROSS, Uwe	Dipl.-Ing., Solingen

Als Gast hat mitgewirkt:

SEIFERT, Peter	Dipl.-Ing., Radebeul
----------------	----------------------

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

PIROTH, Klaus	Dr.-Ing., Bickenbach (Obmann)
JÜPNER, Robert	Prof. Dr., Kaiserslautern (stellv. Obmann)
ROTHER, Karl	Dr.-Ing., Mainz (stellv. Sprecher)
BRANDENBURG, Heinz	Dipl.-Ing., Köln
DISSE, Markus	Prof. Dr.-Ing., München
FISCHER, Bernhard	Dr. rer. nat. Dipl.-Ing., Bonn
FISCHER, Svenja	Dr. habil., Bochum
GFRÖRER, Joachim	Dipl.-Ing., Karlsruhe
GRÜNEWALD, Uwe	Prof. Dr. rer. nat. habil., Cottbus
ILLGEN, Marc	Prof. Dr.-Ing., Kaiserslautern
ILLING, Christian	Dr. rer. nat., Bonn
KEYL, Marion	Dipl.-Ing., Augsburg
MEON, Günter	Prof. Dr.-Ing., Braunschweig
MUDERSBACH, Christoph	Prof. Dr.-Ing., Siegen
MÜLLER, Uwe	Dr.-Ing. habil., Dresden
NACKEN, Heribert	Prof. Dr.-Ing., Aachen
RÖTTCHER, Klaus	Prof. Dr.-Ing., Suderburg
SCHEIBEL, Marc	Dipl.-Ing., Wuppertal
SIEMON, Christian	Dipl.-Ing., Braunschweig

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

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

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	4
Bilderverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
1 Einleitung	11
2 Abkürzungen und Formelzeichen	13
3 Risikofaktor „Hochwasserwahrscheinlichkeit“	16
3.1 Einordnung von Hochwasserereignissen	16
3.2 Flusshochwasser	17
3.2.1 Ergebnisse für Deutschland: Analyse der Vergangenheit bis heute	17
3.2.2 Exemplarische Modellierungsergebnisse zu künftigen Klimabedingungen	20
3.3 Sturzfluten und Extremniederschläge kurzer Dauer.....	22
3.4 Zusammenfassung	24
4 Risikofaktor „Profileinfluss“	25
4.1 Allgemeines	25
4.2 Die Wasserstands-Abfluss-Beziehung (Abflusskurve)	25
4.2.1 Herleitung der <i>W-Q</i> -Beziehung	25
4.2.2 ETA-Verfahren	26
4.3 Einflussfaktoren auf die Abflusskurve	26
4.3.1 Ursachen.....	26
4.3.2 Berechnung	27
4.4 Beispiele zeitvarianter Abflusskurven an ausgewählten Pegeln	28
4.4.1 Zeitvariante „Abflusskurven schiffbarer Flüsse“ (BfG-Fachdienst FLYS)	28
4.4.2 Zeitvariante „Abflusskurven nicht schiffbarer Flüsse“	32
4.5 Beispiele für Profiländerungen und Bewuchs an Gewässern	34
4.5.1 Beispiel 1: Profiländerung an der Lippe.....	34
4.5.2 Beispiel 2: Profiländerung am Lech	35
4.6 Schlussfolgerungen.....	36
5 Wertevermögen	36
5.1 Allgemeines	36
5.2 Was ist das Wertevermögen in Risikogebieten?	36
5.3 Trends des Wertevermögens in Deutschland	37
5.4 Trends des Wertevermögens in Hochwasserrisikogebieten	39
5.5 Trends des Wertevermögens in von Hochwasser bereits betroffenen Gebieten	40
5.6 Schlussfolgerungen zum Wertevermögen.....	41
6 Risikofaktor „Schadensanfälligkeit“	41
6.1 Allgemeines	41
6.2 Grundlagen zur Quantifizierung der Schadensanfälligkeit.....	41
6.3 Was beeinflusst die Schadensanfälligkeit?.....	42

Zeitvariante Hochwasserrisikofaktoren

6.4	Zeitliche Veränderungen der Schadensanfälligkeit	44
6.5	Folgerungen für Szenarioberechnungen	46
7	Modellkonzept zur Abbildung zeitvarianter Risikoentwicklungen	47
7.1	Anforderungen an die Modellstrategie	47
7.2	Modellstruktur	47
7.2.1	Skalierung: Das Projektgebiet	47
7.2.2	Zielgröße: Die Hochwasserschadenerwartung	48
7.2.3	Zeitvarianz: Die sich ändernden Einflussfaktoren	49
7.2.4	Bestimmung der Schadenerwartung	50
7.2.4.1	Schadenerwartung über das Schaden-Wahrscheinlichkeits-Integral	50
7.2.4.2	Schadenerwartung über die Generierung zufallsverteilter Hochwasserreihen	51
7.2.5	Modellergebnisse	54
7.2.5.1	Zielgrößen	54
7.2.5.2	Maßgebende Risikoniveaus	55
7.2.5.3	Vergleichbarkeit der Schadenerwartungen unterschiedlicher Risikoniveaus	56
7.2.6	Modellbeschreibung	57
7.3	Modellanwendung	58
8	Beispielhafte Gebietsbetrachtung	59
8.1	Anlass	59
8.2	Gebietsvorstellung	59
8.2.1	Auswahl und Beschreibung des Projektgebiets	59
8.2.1.1	Lage	59
8.2.1.2	Hochwasserereignisse	59
8.2.1.3	Überschwemmungsgebiet	60
8.2.1.4	Geplante Hochwasserschutzmaßnahmen	60
8.2.2	Zeitvarianz der Hochwasserwahrscheinlichkeit	60
8.2.2.1	Messdaten	60
8.2.2.2	Klimaveränderung	61
8.2.3	Zeitvarianz des Abflussprofils	61
8.2.3.1	Erosion und Sedimentation	61
8.2.3.2	Rauheiten in Fluss und Vorland	62
8.2.3.3	Bauwerke – Baumaßnahmen im Umfeld	62
8.2.4	Zeitvarianz des Wertevermögens	62
8.2.5	Zeitvarianz der Schadensanfälligkeit	64
8.2.6	Handlungsoptionen für die Zukunft	65
8.2.6.1	Vorbemerkungen	65
8.2.6.2	Szenario 1: HQ_{100} – Deich wird in den nächsten Jahren gebaut	65
8.2.6.3	Szenario 2: Es wird keine Hochwasserschutzanlage errichtet	66
8.3	Anwendung des Modellkonzepts	67
8.3.1	Datenaufbereitung	67
8.3.1.1	Hydrologische Daten	67
8.3.1.2	Nutzungsdaten	68
8.3.2	Modellkalibrierung	68

8.3.3	Ergebnisse	69
8.3.3.1	Szenarienübersicht.....	69
8.3.3.2	Historische Entwicklung von 1965 bis 2015	70
8.3.3.3	Szenario 1: „Weiter so, mit Hochwasserschutz“ – 2015 bis 2065.....	73
8.3.3.4	Szenario 2: „Hochwasserschutz mit Eigenvorsorge“ – 2015 bis 2065.....	75
8.3.3.5	Szenario 3: „Kontrollierte Nutzung, ohne Hochwasserschutz“ – 2015 bis 2065.....	77
8.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	78
9	Zusammenfassung, Empfehlungen	82
Anhang A	Berechnungsbeispiele zum Profileinfluss	85
A.1	Kenndaten.....	85
A.2	Ermittlung der geometrischen Parameter und Rauheitsparameter.....	85
A.3	Bestimmung der benetzten Umfänge U_i , der Flächen A_i und der hydraulischen Radien R_i	86
A.4	Berechnung der Leistungsfähigkeit des Gerinnes zu den gegebenen Wasserständen	86
A.5	Berechnung der Wasserstandsdifferenz.....	87
A.6	Vergleichsrechnung Gerinnegröße (großer/kleiner Fluss)	88
Anhang B	Definition und Erläuterung grundlegender Begriffe: jährliche Schadenerwartung, Zeitreihenschadenerwartung und Barwert des Zeitreihenschadens.....	90
B.1	Jährliche Schadenerwartung	90
B.2	Barwert des Zeitreihenschadens	91
	Quellen und Literaturhinweise	94
Bilderverzeichnis		
Bild 1:	Räumliche Verteilung von signifikanten Trends in Jahreshöchstabflüssen a) Gesamtjahr, b) Winter (November bis März), c) Sommer (April bis Oktober)	17
Bild 2:	Jahresmaxima der Abflüsse am Pegel Achleiten/Donau 1931 bis 2015	19
Bild 3:	Mittlere monatliche Hochwasserabflüsse am Pegel Worms/Rhein beim Zukunftsszenario 2021 bis 2050	21
Bild 4:	Projizierte Veränderung der Hochwasserabflüsse an verschiedenen Pegeln im Oberrheingebiet.....	21
Bild 5:	Analyse der Kurzniederschlagsereignisse mit starken Regenintensitäten an der Station Essen von 1945 bis 2009	23
Bild 6:	Abflusskurve (W - Q -Beziehung) mit Wasserstand in cm an der Pegellatte	25
Bild 7:	ETA-Verfahren	26
Bild 8:	Fotos der Pegel Hannoversch Münden, Wittenberg und Maxau.....	28
Bild 9:	Abflusskurven Pegel Hannoversch Münden, Weser	29
Bild 10:	Abflusskurven Pegel Maxau, Rhein.....	29
Bild 11:	Abflusskurven Pegel Wittenberg, Elbe.....	30
Bild 12:	Abflusskurven Pegel Achleiten, Donau	31
Bild 13:	Abflusskurven Pegel Frankfurt-Osthafen, Main	31
Bild 14:	Fotos bzw. Luftbild der Pegel Hohenkammer, Birkenfeld und Hollfeld.....	32

Zeitvariante Hochwasserrisikofaktoren

Bild 15:	Abflusskurven Pegel Hohenkammer, Glonn	32
Bild 16:	Abflusskurven Pegel Birkenfeld, Aisch	33
Bild 17:	Abflusskurven Pegel Hollfeld, Wiesent	33
Bild 18:	Wasserspiegellagen in der Lippe FKM 149-159 gemessen / 2D-WSP mit Bewuchs / 2D-WSP ohne Bewuchs	35
Bild 19:	Sohllagenentwicklung (1986 bis 2010) bei Lech FKM 49,6	35
Bild 20:	Nettoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen in Deutschland von 1991 bis 2014	37
Bild 21:	Nettoanlagevermögen (Bauten) zu Wiederbeschaffungspreisen in Deutschland von 2014 bis 2019	38
Bild 22:	Baupreisindex für Neubau von Wohngebäuden in Deutschland von 1958 bis 2020 ..	38
Bild 23:	Einfluss von Kontamination auf die Schadensanfälligkeit von Privathaushalten in Bezug auf Inventar und Gebäudeschäden	43
Bild 24:	Einfluss von privater Bauvorsorge auf die Schadensanfälligkeit von Privathaushalten in Bezug auf Inventar und Gebäudeschäden	43
Bild 25:	Zeitlicher Verlauf der Implementierung von 4 verschiedenen Hochwasservorsorgemaßnahmen durch hochwassergefährdete Haushalte entlang des deutschen Teils des Rheins	45
Bild 26:	Risikostruktur nach Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, schematisch	48
Bild 27:	Schadenerwartung für 50-jährige Zeitreihen des Modelldatensatzes ohne und mit Hochwasserschutzmaßnahmen	53
Bild 28:	Jährliche Schadenerwartungen und Zeitreihenschadenerwartung mit „zeitinvarianter“ und „zeitvarianter“ Risikoentwicklung (systematisch)	55
Bild 29:	Wohnbebauung und Gewerbe nördlich der Donau	59
Bild 30:	Flächennutzung im Projektgebiet, 1872	63
Bild 31:	Flächennutzung im Projektgebiet, 1945	63
Bild 32:	Flächennutzung und Bebauung im Projektgebiet, 1960	63
Bild 33:	Flächennutzung und Bebauung im Projektgebiet, 1964	63
Bild 34:	Flächennutzung und Bebauung im Projektgebiet, 1972	64
Bild 35:	Flächennutzung und Bebauung im Projektgebiet, 1988	64
Bild 36:	Flächennutzung und Bebauung im Projektgebiet, 2006	64
Bild 37:	Flächennutzungsplan, Prognose für 2030	64
Bild 38:	Beispiel für die Visualisierung von Risiken in einem Wohngebiet	66
Bild 39:	Maßgebende Wasserstands-Abflusskurve der Donau für das Projektgebiet	67
Bild 40:	Maßgebende Wahrscheinlichkeits-Abflussbeziehung der Donau für das Projektgebiet	67
Bild 41:	Entwicklung von Schadenerwartung und jährlicher Rücklage über den Zeitraum der historischen Entwicklung von 1965 bis 2015	72
Bild 42:	Entwicklung von Schadenerwartung und jährlicher Rücklage im Szenario „Weiter so, mit Hochwasserschutz“ von 2015 bis 2065, mit Hochwasserschutz HQ_{100}	74
Bild 43:	Entwicklung von Schadenerwartung und jährlicher Rücklage im Szenario „Hochwasserschutz mit Eigenvorsorge“ 2015 bis 2065, mit Hochwasserschutz gegen ein HQ_{100}	76
Bild 44:	Entwicklung von Schadenerwartung und jährlicher Rücklage im Szenario „Kontrollierte Nutzung, ohne Hochwasserschutz“ 2015 bis 2065	78
Bild 45:	Szenarienübersicht Zeitreihenschäden	79
Bild 46:	Szenarienübersicht Einzelereignisse (Zeitreihe 2015 – 2065, zeitvariant)	79

Bild 47:	Szenarienübersicht jährliche Rücklage.....	80
Bild A.1:	Kompaktes Gerinne mit Flachwasserzone	85
Bild A.2:	Rechnerische Wasserstandsdifferenz aus Gerinneänderung gemäß LUBW (2002) für einen angenommenen Durchfluss von 90 m ³ /s	87
Bild A.3:	Vergleichsrechnung Fluss mit $b = 25$ m und Bach mit $b = 2$ m	88
Bild A.4:	Rechnerische Wasserstandsdifferenz aus Bewuchs, Vergleichsrechnung Gerinnegröße (Differenzbildung mit Referenz Fall a) für Fälle b) und c) bzw. mit Referenz Fall d) für Fälle e) und f).....	89
Bild B.1:	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Hochwasserabflusses und Schaden als Funktion des Abflusses.	90
Bild B.2:	Auswirkungen von zeitlich veränderlichen Risikofaktoren auf die Wahrscheinlichkeitsdichte des Abflusses und der Schadenfunktion	91
Bild B.3:	Zeitlich veränderlicher Schadenerwartungswert im undiskontierten Fall und diskontiert auf den Beginn der Zeitreihe	92
Bild B.4:	Generierung von zufallsverteilten Hochwasserzeitreihen und Schäden	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Im Themenband verwendete Kurzzeichen	13
Tabelle 2:	Ergebnisse zu Trenduntersuchungen von jährlichen Höchstabflüssen an 10 deutschen Donaupegeln für den Zeitraum 1931 bis 2015	19
Tabelle 3:	Einflussfaktoren zeitvarianter Profilveränderungen.....	27
Tabelle 4:	Vergleich der Abflüsse 2013 und 2007 für verschiedene Jährlichkeiten am Pegel Wittenberg, Elbe	30
Tabelle 5:	Vergleich der Abflüsse 2000 und 1984 für verschiedene Jährlichkeiten am Pegel Frankfurt-Osthafen, Main.....	31
Tabelle 6:	Vergleich des aktuellen Abflusses mit den Abflusswerten der ETA-Kurven für verschiedene Jährlichkeiten am Pegel Hohenkammer, Glonn	33
Tabelle 7:	Vergleich des aktuellen Abflusses mit den Abflusswerten der ETA-Kurven für verschiedene Jährlichkeiten am Pegel Birkenfeld, Aisch	34
Tabelle 8:	Vergleich des aktuellen Abflusses mit den Abflusswerten der ETA-Kurven für verschiedene Jährlichkeiten am Pegel Hollfeld, Wiesent	34
Tabelle 9:	Relativer Schaden bei Hochwasserereignissen in Deutschland; der relative Schaden ist das Verhältnis von aufgetretenem Schaden zum Gesamtwert des betroffenen Objekts	46
Tabelle 10:	Anforderungen zu Eintrittswahrscheinlichkeiten für Gewässer mit signifikantem Risiko gemäß der Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie	60
Tabelle 11:	Eckdaten der Schadenmodellierung für das Projektgebiet	68
Tabelle 12:	Übersicht zu den eingeführten Risikoparametern in den Szenarien	70
Tabelle 13:	Veränderung in der Schadenerwartung über den Zeitraum der historischen Entwicklung im Projektgebiet (1965 bis 2015).....	71
Tabelle 14:	Schadenerwartung im Szenario „Weiter so, mit Hochwasserschutz“ 2015 bis 2065, mit Hochwasserschutz HQ_{100}	73
Tabelle 15:	Schadenerwartung im Szenario „Hochwasserschutz mit Eigenvorsorge“ 2015 bis 2065, mit Hochwasserschutz HQ_{100}	76
Tabelle 16:	Schadenerwartung im Szenario „Kontrollierte Nutzung, ohne Hochwasserschutz“ 2015 bis 2065, ohne Hochwasserschutzinvestition	77

Zeitvariante Hochwasserrisikofaktoren

Tabelle A.1:	Rechnerische Durchflüsse, benetzte Querschnitte und mittlere Fließgeschwindigkeiten für die Fälle a) bis f).....	86
Tabelle A.2:	Wasserstände und Wasserstandsunterschiede für einen angenommenen Durchfluss von 90 m ³ /s für die Fälle a) bis f).....	87
Tabelle A.3:	Gerinnestände für numerische Simulationen.....	88

VORSCHAU

1 Einleitung

Die Auseinandersetzung mit Hochwasser und Hochwasserschäden ist so alt wie die Siedlungsgeschichte der Menschheit und dennoch hat sich noch kein Patentrezept gefunden, wie damit dauerhaft umzugehen ist. Es vergeht kein Jahr, ohne dass weltweit von großen und größten Hochwasserkatastrophen berichtet wird, denen ungezählte Existenzen zum Opfer gefallen sind und die sogar ganze Gesellschaften an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit bringen können.

Ungeachtet wachsender Investitionen in den Hochwasserschutz werden Hochwasser von der Gesellschaft als zunehmend existenzielles Problem wahrgenommen. Genau genommen interessieren sich Gesellschaft und Betroffene aber eigentlich gar nicht für das Hochwasser, sondern vielmehr für die **Schäden**, die aus dem Hochwasser resultieren.

Dabei führen Hochwasser nur zu Schäden, wenn sie auf Nutzungen treffen, die nicht angepasst sind. Es gibt offensichtlich ein Prozesselement, das aus dem Hochwasser – als natürlichem Teil des Wasserkreislaufs – in der Konsequenz bestimmter Exposition und Nutzung eine Schadenfolge werden lässt.

Aus der verbreiteten Gleichsetzung von Hochwasser und Hochwasserschaden im Bewusstsein weiterer Teile der Gesellschaft lässt sich ableiten, dass wir es bei diesem Prozesselement, das aus dem Hochwasser einen Schaden werden lässt, mit einem „*missing link*“ zu tun haben, einem Element, was es unzweifelhaft geben muss, das aber in Funktion und Bedeutung noch nicht ausreichend identifiziert worden ist.

Rückblickend hat sich die Gemeinschaft der Hydrologen in der Tat weit mehr um den Prozess der Generierung von Hochwasser gekümmert als um die Generierung von Hochwasserschäden. Mehr oder weniger komplexe Modelle zur Abbildung aller Arten von Hochwassererscheinungen haben eine lange Tradition. Der anschließende Übergang vom Hochwasser zum Hochwasserschaden ist demgegenüber sehr viel weniger differenziert behandelt worden, ganz im Gegensatz zur tatsächlichen Bedeutung dieses Themas für Betroffene und Gesellschaft.

Die Folgen des Klimawandels, wie sie aus dem Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre insbesondere für den Wasserhaushalt prognostiziert werden, lassen erwarten, dass die Diskussionen um den richtigen Weg, wie mit Hochwasser und daraus resultierenden Hochwasserschäden umzugehen ist, eher noch an Dynamik gewinnen werden.

Die **Europäische Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken** vom 23. Oktober 2007 (kurz: Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, HWRM-RL, Richtlinie 2007/60/EG) hat einen Meilenstein gesetzt, wie sich Gesellschaften auf den Umgang mit Hochwasserrisiken vorbereiten können bzw. innerhalb der Europäischen Union darauf vorbereiten sollen. Die Richtlinie enthält wesentliche Eckpunkte und Grundsätze, die für das zentrale Anliegen dieses Themenbands von Bedeutung sind.

Dort wird festgehalten, dass die Auseinandersetzung mit dem Hochwasserrisiko ein kontinuierlicher Prozess ist, der sich fortlaufend an veränderliche Randbedingungen anzupassen hat.

Dabei sind zwei Grundstrategien zu unterscheiden, mit denen das Hochwasserrisiko beeinflusst werden kann: Zum einen der **technische Hochwasserschutz**, der über das Fernhalten von Überflutungen oder das „Kappen“ der Hochwasserwellen und Absenken der Wasserspiegel auf die Veränderung der Überflutungshäufigkeit hinwirkt. Maßnahmen der Wahl sind Hochwasserrückhaltungen, Hochwasserschutzbauten, der Ausbau oder auch die Renaturierung von Gewässern.

Die andere Strategie versucht, vulnerable Nutzungen in den Risikogebieten zu minimieren und damit die Schadenspotenziale abzusenken. Bei denselben Hochwasserständen gibt es, je nach dem Erfolg dieser Strategie, weniger bis gar keine Schäden. Es ist der besondere Verdienst der europäischen Hochwasserrichtlinie (HWRM-RL) das Augenmerk darauf gelenkt zu haben, dass das Management der

VORSCHAU

Der vorliegende Band der DWA-Themen zeigt die wesentlichen Faktoren auf, die in ihrem Zusammenwirken die Schäden von Überflutungsereignissen potenzieren können.

Es wird aufgezeigt, wie diese Faktoren und daraus resultierende Gefahren in Bezug auf die monetären Auswirkungen und als Grundlage für eine Kosten-Nutzen-Betrachtung methodisch berücksichtigt werden können. Die Publikation soll zur Diskussion anregen und bietet Struktur und Handwerkszeug für eine nachhaltige Entwicklung an.

Das Hochwasser an der Ahr im Jahr 2021 hat Schwachpunkte im Hochwasserrisikomanagement schonungslos offengelegt. Und das betrifft alle vier in diesem Themenband behandelten Risikofaktoren:

- Die Hochwasserwahrscheinlichkeit: Welche Abflüsse (und verursachenden Niederschläge) sind für zu planende Hochwasserschutz- und Hochwasservorsorgemaßnahmen nach heutigem Kenntnisstand anzusetzen (Analyse vorhandener Niederschlags- und Abflusszeitreihen inklusive historischer Ereignisse) und welche Auswirkungen sind durch zukünftige Entwicklungen zu erwarten, die bisher nicht in den Beobachtungen abgebildet sind?
- Die resultierenden Wasserstände, die hier beispielhaft über den Profileinfluss (Rauheiten) behandelt werden, aber genauso auf mögliche Einflüsse durch (verklauete) Brücken übertragen werden können.
- Das Wertevermögen in den durch mögliche Überschwemmungen betroffenen Gebieten. Dies wird in diesem Themenband am Beispiel von „geschützten“ Gebieten hinter Deichen dargelegt, in denen im vermeintlichen „sicheren“ Schutz durch die Deiche die Wertevermögen überproportional anwachsen. Übertragen auf das Ahrtal, zeigt sich dies mit dem immer näheren Heranwachsen der Bebauung an das Gewässer und an und in, nach bestem Wissen und Gewissen entsprechend der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie ausgewiesenen „Gefahrenzonen“.
- Die Schadenanfälligkeit, die ein Maß dafür ist, inwieweit man sich auf mögliche Überschwemmungen vorbereitet und durch geeignete Maßnahmen dafür sorgt, dass die auftretenden Schäden möglichst klein werden. Auch wenn „nur“ die baulichen Maßnahmen an Gebäuden als Maßstab zugrunde gelegt werden, spielen die Vorhersagen und Warnungen eine entscheidende Rolle. Ebenso wie Maßnahmen der Flächen-, Bau- und Eigenvorsorge.

Der Themenband richtet sich an alle Institutionen (Bund, Land, Verbände, Kommunen), Ingenieurbüros und Versicherungen, die mit der Thematik „Hochwasser“ befasst sind.

ISBN: 978-3-96862-614-7 (Print)
978-3-96862-615-4 (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