

Indikator-Factsheet: Hochwasser

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3716 48 104 0	
Mitwirkung:	Bearbeitet in Zusammenarbeit mit der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen (Peter Krahe) Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Dezernat W3 Hydrologie, Hochwasserschutz (Gerhard Brahmer)	
Letzte Aktualisierung:	16.07.2014	Ecologic Institut (Evelyn Lukat, Jenny Tröltzsch): Vorherige Indikator-Version im Rahmen von UBA FKZ 3711 41 106
	05.03.2019	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Neufassung des Indikators; der ehemalige Indikator „Hochwasser“ wird durch diesen neuen Indikator ersetzt und nicht weitergeführt
	17.04.2019	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung der Hinweise aus der Ressortabstimmung
	16.12.2019	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung kleiner redaktioneller Hinweise aus den LAWA-gremien
	12.08.2022	Bosch & Partner GmbH (Stefan von Andrian-Werburg): Anpassung der Nummerierung, kleine formale und redaktionelle Anpassungen, Aktualisierung von Links
	25.10.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung kleiner redaktioneller Anmerkungen aus der IMAA-Abstimmung
	30.11.2022	Bosch & Partner GmbH (Can Ölmez): Überarbeitung der Pegelauswahl: Austausch des Pegels Adorf 1 (SN) durch Bautzen 1 (SN) und Arenshausen (TH) durch Hellwege (NI), Ergänzung des Pegels Schmittlotheim (HE); Entfernen der Pegel Weferlingen, Ellingshausen, Meiningen, Aue und Chemnitz aufgrund überlappender Einzugsgebiete. Für NRW wurde eine Ergänzung des Pegels Feudinggen / Lahn angeregt, der als Teil des Klimafolgenmonitorings NRW erprobt ist; dieser ist allerdings mit einem Einzugsgebiet von 25,4 km ² sehr klein und im bereits berücksichtigten Pegel-Einzugsgebiet Marburg enthalten; Überarbeitung der Messstellenkarte; Durchführung von Fehlwertergänzungen
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	ab sofort	Die Flussgebietseinheit Donau ist flächenmäßig mit den ausgewählten Pegeln und deren Einzugsgebiete unterrepräsentiert. Aus Kapazitätsgründen im Bundesland BY ist eine Erweiterung der bisherigen Messstellen für den Monitoringbericht 2023 nicht möglich. In Zukunft muss geprüft werden, ob weitere Pegel ergänzt werden können. Aufgrund von Kapazitätsgründen in den datenliefernden Institutionen liegen teilweise (u. a. für NI) ungeprüfte Rohdaten und unvollständige Datenreihen vor. Geprüfte Daten müssen nachträglich ergänzt werden. Messlücken und Fehlwerte an den Stationen lassen sich aufgrund der hohen räumlichen Korrelation mit benachbarten Stationen ergänzen. In Abhängigkeit von der Anzahl der Fehlwerte und

		der betroffenen Stationen im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Stationen sollte hier eine einheitliche Methodik entwickelt werden um Fehlwerte zu kompensieren (siehe Anlage 3).
--	--	--

I Beschreibung

Interne Nr. WW-I-4	Titel: Hochwasser
<p>Einheit: <u>Teil A:</u> Anzahl <u>Teil B:</u> Anzahl <u>Zusatz:</u> ohne Einheit</p>	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Flächengemittelte Anzahl von Tagen über mittleren Hochwasserabflüssen im hydrologischen Winterhalbjahr in mesoskaligen Einzugsgebieten, differenziert für die großen Flussgebietseinheiten <u>Teil B:</u> Flächengemittelte Anzahl von Tagen über mittleren Hochwasserabflüssen im hydrologischen Sommerhalbjahr in mesoskaligen Einzugsgebieten, differenziert für die großen Flussgebietseinheiten <u>Zusatz:</u> Verhältnis von Tagen über mittleren Hochwasserabflüssen im hydrologischen Winterhalbjahr zu Tagen über mittleren Hochwasserabflüssen im gesamten hydrologischen Jahr</p> <p>Berechnungsvorschrift: <u>Schritt 1:</u> Prüfung der Datenreihen auf Fehlwerte, Fehlwertergänzung nach dem in Anlage 3 beschriebenen Verfahren <u>Schritt 2:</u> Teil A: Berechnung der vieljährig gemittelten höchsten Tagesabflüsse je Pegel für das hydrologische Winterhalbjahr der Periode 1961-1990 $MHQ_{HyWinter} 1961-1990$ je Pegel = Mittel der jeweils höchsten im hydrologischen Winterhalbjahr der Periode 1961-1990 aufgetretenen Tagesabflusswerte je Pegel hydrologisches Winterhalbjahr ($MHQ_{HyWinter}$): 1. November des Vorjahres – 30. April Teil B: Berechnung der vieljährig gemittelten höchsten Tagesabflüsse je Pegel für das hydrologische Sommerhalbjahr der Periode 1961-1990 $MHQ_{HySommer} 1961-1990$ je Pegel = Mittel der jeweils höchsten im hydrologischen Sommerhalbjahr der Periode 1961-1990 aufgetretenen Tagesabflusswerte je Pegel hydrologisches Sommerhalbjahr ($MHQ_{HySommer}$): 1. Mai – 31. Oktober <u>Schritt 3:</u> Teil A: Berechnung der Anzahl der Hochwassertage im hydrologischen Winterhalbjahr ($sumD_{HyWinter}$) je Pegel $sumD_{HyWinter}$ = Anzahl der Tage im hydrologischen Winterhalbjahr, an denen der Tagesabflusswert den $MHQ_{HyWinter}$ (1961-1990) des Pegels (aus Schritt 2) überschreitet Teil B: Berechnung der Anzahl der Hochwassertage im hydrologischen Sommerhalbjahr ($sumD_{HySommer}$) je Pegel $sumD_{HySommer}$ = Anzahl der Tage im hydrologischen Sommerhalbjahr, an denen der Tagesabflusswert den $MHQ_{HySommer}$ (1961-1990) des Pegels (aus Schritt 2) überschreitet Hochwassertage sind Tage, für die gilt: Mittlerer Tagesabfluss - $MHQ > 0$</p>

	<p><u>Schritt 4:</u> Berechnung des flächengewichteten Mittels der Hochwassertage aller Pegel einer jeden Flussgebietseinheit bzw. der wie folgt zusammengefassten Flussgebietseinheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flussgebietseinheit Donau • Flussgebietseinheit Rhein inkl. Maas • Flussgebietseinheit Weser und Ems • Flussgebietseinheit Elbe inkl. Oder • Flussgebietseinheit Eider inkl. Schlei/Trave, Warnow/Peene <p>Zur Pegelzuordnung zu den Flussgebietseinheiten s. Anlage 1 Zu den Faktoren für die Flächengewichtung s. Anlage 1. Die Gewichtung erfolgt jeweils nach dem Anteil des oberirdischen Einzugsgebiets (AEo) des einzelnen Pegels an der gesamten durch die berücksichtigten Pegel repräsentierten Fläche (also nicht nach der Gesamtfläche) der Flussgebietseinheit.</p> <p>Teil A: $\text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Donau} = \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Hundersingen} * 0,444 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Sonthofen} * 0,066 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Pfaffenhofen} * 0,086 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Mettendorf} * 0,051 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Böhmischbruck} * 0,082 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Teisnach} * 0,106 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Weilheim} * 0,103 + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ am Pegel Stein} * 0,062$</p> <p>Hinweis: Die Zusammenfassung der kleinen Flussgebietseinheiten (bzw. der kleinen nationalen Anteile größerer Flussgebietseinheiten) hat insbesondere darstellerische Gründe. Aufgrund der flächengewichteten Verrechnung sind die Werte der kleinen Einheiten sehr gering.</p> <p>analog für alle anderen Flussgebietseinheiten und für Teil B</p> <p><u>Zusatz:</u> <u>Schritt 1:</u> Teil A: $\text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Donau flächengewichtet} = \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Donau (aus obigem Schritt 3)} * 0,087$ Analog für alle anderen Flussgebietseinheiten und für Teil B Zu den Faktoren für die Flächengewichtung s. Anlage 1.</p> <p><u>Schritt 2:</u> $\text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ Gesamtfläche} = \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Donau flächengewichtet} + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Rhein / Maas flächengewichtet} + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Weser / Ems flächengewichtet} + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Elbe / Oder flächengewichtet} + \text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ für Eider / Schlei/Trave / Warnow/Peene}$ analog für das hydrologische Sommerhalbjahr</p> <p><u>3. Schritt:</u> Verhältnis HyWin zu HyJh = $\frac{\text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ Gesamtfläche}}{\text{sumD}_{\text{HyWinter}} \text{ Gesamtfläche} + \text{sumD}_{\text{HySommer}} \text{ Gesamtfläche}}$</p>
<p>Interpretation des Indikatorwerts:</p>	<p>Teile A und B: Je höher der Indikatorwert, desto mehr Tage mit Hochwasser sind im jeweiligen hydrologischen Halbjahr in den Flussgebietseinheiten aufgetreten.</p> <p><u>Zusatz:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher ist die Anzahl der Hochwassertage im Winterhalbjahr im Vergleich zu der im gesamten hydrologischen Jahr. Indikatorwerte größer als 0,5 bedeuten ein Überwiegen der winterlichen Hochwassertage, Werte unter 0,5 ein Überwiegen der sommerlichen Hochwassertage. Werte von 0,5 oder nahe 0,5 weisen auf über das Jahr gleichverteilte Anzahl der Hochwassertage hin.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
-----------------------	-------------------------------------

Themenfeld:	Abflussverhältnisse
Thematischer Teilaspekt:	Häufung und Verstärkung von Hoch- und Niedrigwasser
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatoren-systeme:	<p>Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur (EEA): CLIM 017 River floods</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-WH-2 Hochwasserabfluss</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-WW-2 Hochwasser</p> <p>Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-W1: Jahreszeitliche Auflösung der Abflüsse (hier: Hochwasserscheitelabflüsse am Pegel Dresden)</p>
Begründung:	<p>Ursache-Wirkungszusammenhang:</p> <p>Hochwasserereignisse gehören zu den natürlichen Phänomenen und treten je nach Entstehungsursache jahreszeitlich und räumlich in unterschiedlicher Ausprägung auf. Im Sommer kommt es aufgrund sommerlicher Starkniederschlagsereignisse beispielsweise im Zuge von Gewittern oft zu räumlich begrenzten Hochwasserereignissen in Bächen und kleineren Flüssen, während lang andauernde und großräumige Niederschlagsereignisse oft in Verbindung mit einer Schneeschmelze im Winter und im Frühjahr zu Hochwasser in den mittleren und größeren Flüssen führen.</p> <p>Der Klimawandel kann zu einer Veränderung der Häufigkeit und Intensität (Schwere) von Hochwasserereignissen führen, wenn sich sommerliche Starkniederschlagsereignisse intensivieren, es durch die häufiger auftretenden stationären VB-Wetterlagen extrem lang andauernde Niederschlagsereignisse gibt oder die winterlichen Niederschläge zunehmen bzw. vermehrt als Regen und weniger als Schnee fallen. Bei den in den Wintermonaten häufig wasser-sättigten Böden werden diese Niederschläge i. d. R. direkt abflusswirksam.</p> <p>Relevanz:</p> <p>Extreme Hochwässer können je nach Ort des Auftretens und der Nutzung ufer-naher Bereiche zu gravierenden gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schä-den führen. In den vergangenen Jahrzehnten ist das Hochwasserrisiko gestie-gen, da hochwassergefährdete Gebiete eine immer stärkere Nutzung erfahren haben. Zudem können sich die Verminderung von Retentionsräumen und die Flächenversiegelung verstärkend auf natürliche Hochwasserphänomene aus-wirken. Andererseits werden zunehmend technische Maßnahmen ergriffen (z. B. gesteuerte Polder, Hochwasser-Rückhaltebecken, Talsperren) mit denen der Hochwasserscheitel, also der höchste Pegel-/Wasserstand, der während eines Hochwassers erreicht wird, vermindert werden kann.</p> <p>Auswahl der Messstellen für das bundesweite Netz:</p> <p>Für den Indikator zu den Hochwassertagen werden Daten von den Ländern ausgewählter Messstellen ausgewertet. Die Auswahl der Messstellen erfolgte nach den folgenden Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Einzugsgebietsgrößen der Pegel bewegen sich in einer Größenord-nung von 250 bis 2.500 km². Damit werden Hochwasserereignisse im mit-telgroßen Maßstab erfasst, also auch Hochwasser in kleineren Fließge-wässern mit erfasst, die ebenfalls signifikante Schäden verursachen kön-nen. Bei Einzugsgebieten < 250 km² schlagen sich anthropogene Beein-flussungen (wie Aufstau, Hochwasserschutzmaßnahmen) in den Daten deutlicher nieder, was die Interpretation im Klimawandelkontext erschwert. • Die Pegel repräsentieren bestmöglich die hydrologische Situation im Land.

	<ul style="list-style-type: none"> Die Pegel sollten möglichst wenig anthropogen beeinflusst sein (z. B. durch Wasserüberleitungen oder Stauhaltungen), um die Auswirkungen des Klimawandels möglichst direkt abbilden zu können. Die Pegel liefern Daten ab 1960 (sodass eine Auswertung mit Beginn des hydrologischen Jahres 1961 möglich ist). Die künftige Fortsetzung der Datenerhebung an den Pegeln ist bestmöglich gesichert. <p>Auswertung der Daten: Der Indikator fokussiert mit der vorgenommenen Pegelauswahl auf die Einzugsgebiete mittlerer Größe. Er nimmt über die separate Auswertung nach den großen Flussgebietseinheiten eine gewisse Regionalisierung vor und ermöglicht so, auch unterschiedliche Entwicklungen in den Klimaregionen Deutschlands herauszuarbeiten.</p>
Einschränkung:	<p>Die Berechnung und Darstellung erlauben keine räumliche Differenzierung innerhalb der großen Flussgebietseinheiten. So kann sich das Hochwasserge-schehen auf einzelne Pegel konzentrieren, während andere innerhalb der Flussgebietseinheit nicht betroffen sind.</p> <p>Mit den der Berechnung zugrunde gelegten mesoskaligen Einzugsgebieten lassen sich möglicherweise lokal auftretende sommerlicher Starknieder-schlagsereignisse, die oft zu räumlich begrenzten Hochwasserereignissen in Bächen und kleineren Flüssen führen, nicht oder nur teilweise abbilden bzw. führen nicht zu einem ausgeprägten Signal.</p> <p>Die hinter den Teilstapeln zu den Flussgebieten liegenden Werte sind flächen-gewichtet bezogen auf das Bundesgebiet. Sie lassen sich nicht als Absolutwer-te interpretieren (d. h. die Werte sind gegenüber den real aufgetretenen Hoch-wassertagen zu niedrig) (vgl. Anlage 2 mit Auswertung ohne Flächengewich-tung).</p>
Rechtsgrundla-gen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. April 2013 (BGBl. I S. 734) (WHG) EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007) (HWRM-RL) Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013 (MKRO 2013), beschlossen von der Ministerkonferenz für Raumordnung am 06.02.2013
In der DAS beschriebene Kli-mawandelfolgen	<p>DAS, Kapitel 3.2.11: Die Wasserstände in deutschen Flüssen variieren schon immer beträchtlich. Im Zuge des Klimawandels könnten diese Schwankungen zunehmen. Folgenabschätzungen von Klimaänderungen fokussieren sowohl auf längerfristige Veränderungen des Wasserdargebots (Mittelwerte) als auch auf eine Zunahme von Schwankungen (Variabilität und Extreme), die sich auf Wasserstände und Abflüsse und damit auf die Schifffbarkeit der Flüsse auswir-ken können.</p>
Ziele:	<p>DAS: Kap. 3.2.3: Unterstützung der Eigenvorsorge im Hochwasserschutz Kap. 3.2.14: In Flussgebieten Schutz gegen zunehmende Hochwasserrisiken durch Verstärkung von passiven Sicherungsmaßnahmen (insbesondere Frei-haltung von Bebauung) als auch durch aktive Abflussregulierung sowie erhebli-che Ausweitung der Retentionsflächen in regionaler und überregionaler Ab-stimmung. WHG, § 76 Abs. (2): Festsetzung von Überschwemmungsgebieten 1. innerhalb</p>

	<p>der Risikogebiete (oder der nach § 73 Absatz 5 Satz 2 Nummer 1 zugeordneten Gebiete) mindestens die Gebiete, in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist, und 2. die zur Hochwasserentlastung und Rückhaltung beanspruchten Gebiete. Die unter 1. genannten Gebiete sind bis zum 22. Dezember 2013 festzusetzen.</p> <p>EU-HWRM-RL: Art 7.1: Auf der Grundlage der Karten nach Artikel 6 erstellen die Mitgliedstaaten auf Ebene der Flussgebietseinheiten oder Bewirtschaftungseinheiten (nach Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe b) für die Hochwasserrisikogebiete (nach Artikel 5 Absatz 1 sowie nach Artikel 13 Absatz 1 Buchstabe b) koordinierte Hochwasserrisikomanagementpläne (für die im Einklang mit den Absätzen 2 und 3 des vorliegenden Artikels).</p> <p>Art 7.3: Die Hochwasserrisikomanagementpläne umfassen Maßnahmen zur Erreichung der gemäß Absatz 2 festgelegten Ziele und beinhalten ferner die in Teil A des Anhangs beschriebenen Bestandteile. Die Hochwasserrisikomanagementpläne erfassen alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements, wobei der Schwerpunkt auf Vermeidung, Schutz und Vorsorge, einschließlich Hochwasservorhersagen und Frühwarnsystemen, liegt, und die besonderen Merkmale des betreffenden Einzugsgebietes bzw. Teileinzugsgebietes berücksichtigt werden. Die Unterstützung nachhaltiger Flächennutzungsmethoden, die Verbesserung des Wasserrückhalts und kontrollierte Überflutungen bestimmter Gebiete im Falle eines Hochwasserereignisses können ebenfalls in die Hochwasserrisikomanagementpläne einbezogen werden.</p> <p>Art. 7.5: Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass die Hochwasserrisikomanagementpläne bis zum 22. Dezember 2015 erstellt und veröffentlicht werden.</p> <p>Art. 14: (1) Die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos oder die Bewertung und Beschlüsse nach Artikel 13 Absatz 1 werden bis zum 22. Dezember 2018 und danach alle sechs Jahre überprüft und erforderlichenfalls aktualisiert. (2) Die Hochwassergefahrenkarten und die Hochwasserrisikokarten werden bis zum 22. Dezember 2019 und danach alle sechs Jahre überprüft und erforderlichenfalls aktualisiert. (3) Der bzw. die Hochwasserrisikomanagementpläne, einschließlich der in Teil B des Anhangs beschriebenen Bestandteile, werden bis zum 22. Dezember 2021 und danach alle sechs Jahre überprüft und erforderlichenfalls aktualisiert.</p> <p>MKRO 2013, Kap. 3.1: Das Handlungskonzept identifiziert folgende Handlungsbedarfe: Sicherung vorhandener Überschwemmungsbereiche als Retentionsraum, Rückgewinnung von Überschwemmungsbereichen als Retentionsraum, Risikovorsorge in potenziellen Überflutungsbereichen, Verbesserung des Wasserrückhaltes in der Fläche der Einzugsgebiete der Flüsse, Sicherung potentieller Standorte für Hochwasserschutzmaßnahmen.</p>
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Abflusspegel der Länder: Messungen zum Abfluss (mittlere Tagesabflüsse) (s. Anlage 1)	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	Flussgebietseinheiten
Geographische Abdeckung:	Flussgebietseinheiten Deutschlands, zur besseren Ablesbarkeit der Grafik werden die Pegel der Maas der Flussgebietseinheit Rhein und die der Oder der Flussgebietseinheit Elbe zugeordnet. Die Flussgebietseinheiten Weser und Ems werden zusammen betrachtet, ebenso wie die Einheiten Eider, Schlei/Trave und Warnow/Peene als „Flussgebietseinheiten im Einzugsgebiet Ostsee“.	

	Alle Flussgebietseinheiten Deutschlands sind durch Pegel repräsentiert, insgesamt 75 Pegel (der Pegel Dobbrun in Sachsen-Anhalt kann für diesen Indikator nicht genutzt werden, da er im Hochwasserfall als zu stark beeinflusst gilt). Alle Bundesländer (außer dem Saarland sowie den Stadtstaaten Hamburg, Berlin und Bremen) sind repräsentiert, für das Saarland konnten kein Pegel gefunden werden, die den vorgegebenen Kriterien entsprechen.
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1961
Beschränkungen:	keine
Verweis auf Daten-Factsheet:	WW-I-4_Daten_Hochwasser.xlsx WW-I-4_Berechnungen_Hochwasser.xlsx

V Zusatz-Informationen

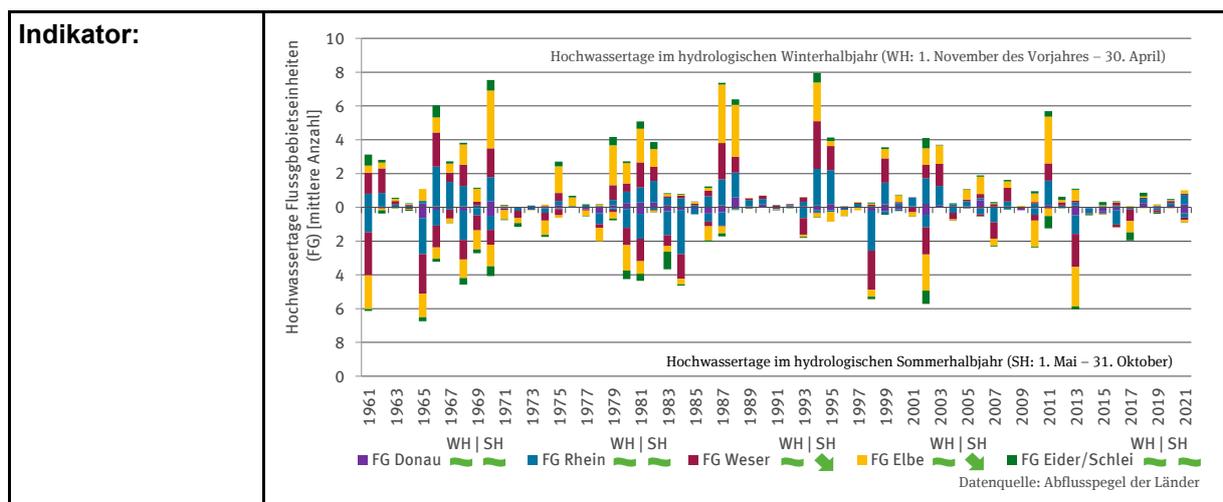
Glossar:	<p>Hochwasser: Gemäß DIN 4049 ist Hochwasser der „Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat“. In der Regel haben die Schwellenwerte Bedeutung im Hinblick auf das einem Hochwasser anhaftende Schadenspotenzial. Dieses wird bestimmt durch a) Scheitelhöhe, Dauer und Abflussvolumen, b) Topographie und Nutzung sowie c) die Jahreszeit, in der das Ereignis eintritt (Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN (1994): DIN 4049-3, Hydrologie Teil 3: Begriffe der quantitativen Hydrologie).</p> <p>Gemäß § 72 WHG ist Hochwasser eine zeitlich beschränkte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, insbesondere durch oberirdische Gewässer oder durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser. Davon ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwasseranlagen.</p> <p>MHQ: Mittlerer Hochwasserabfluss der betrachteten Zeitspanne als arithmetische Mittel der höchsten Abflüsse (HQ) gleichartiger Zeitabschnitte für die Jahre des Betrachtungszeitraums innerhalb eines Einzugsgebiets (in l/s oder m³/s)</p>
Weiterführende Informationen:	<p>Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutscher Wetterdienst) (Hg.) 2002: Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 2.1.3: „Analyse zum Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse“. KLIWA-Berichte H. 2, Mannheim, 98 S.</p> <p>Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutscher Wetterdienst) (Hg.) 2006: KLIWA-Projekt A 1.1.3 Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern „Trenduntersuchungen extremer Niederschlagsereignisse in Baden-Württemberg und Bayern“, KLIWA-Berichte H. 8, Offenbach, 93 S.</p> <p>Belz J.U., Brahmer G., Buiteveld H., Engel H., Grabher R., Hodel H., Krahe P., Lammersen R., Larina M., Mendel H.-G., Meuser A., Müller G., Plonka B., Pfister L., van Vuuren W. 2007: Das Abflussregime des Rheins und seiner Nebenflüsse im 20. Jahrhundert. Analyse, Veränderungen und Trends. CHR-Reports I-22, Lelystad, 377 S. www.chr-khr.org/sites/default/files/chrpublications/abflussregime_2010_0.pdf</p> <p>Dyck S. & Peschke G. 1995 „Grundlagen der Hydrologie“, Berlin, 536 S.</p> <p>Plate E. J. & Merz B. (Hg.) 2001: Naturkatastrophen: Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. Schweizerbart, Stuttgart, 475 S.</p> <p>Görgen K., Beersma J., Buiteveld H., Brahmer G, Carambia M., de Keizer O., Krahe P., Nilson E., Lammersen R., Perrin C., Volken D. 2010: Assessment of Climate Change Impacts on Discharge in the Rhine River Basin: Results of the</p>

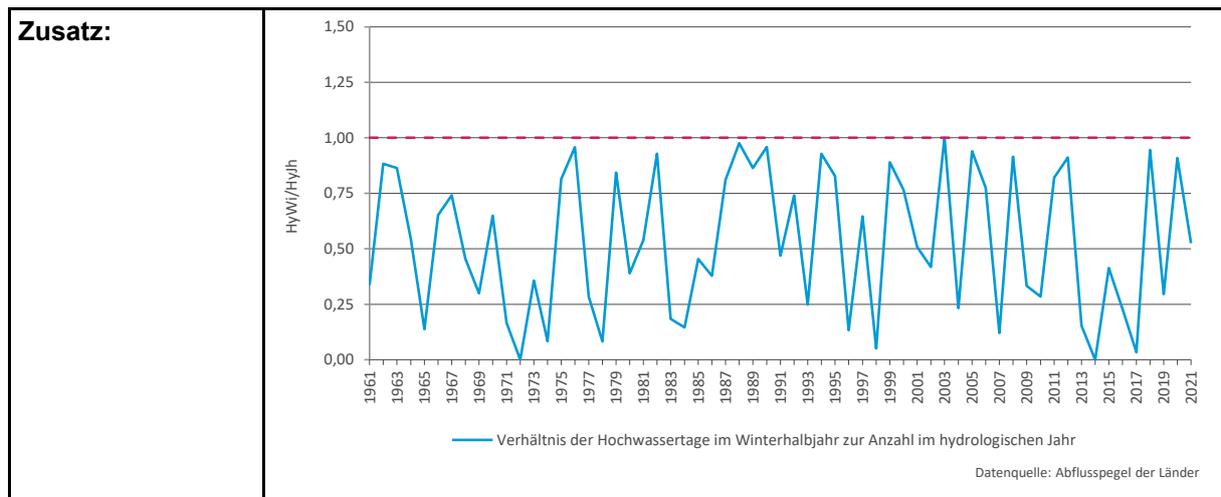
	<p>RheinBlick2050 project, International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, Lelystad, 229 S. www.news.admin.ch/news/message/attachments/20770.pdf</p> <p>Hennegriff W. & Kolokotronis V. 2007: Methodik zur Ableitung von Klimaänderungsfaktoren für Hochwasserkennwerte in Baden-Württemberg. <i>Wasserwirtschaft</i> H. 9: 31-35.</p> <p>LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2017: <i>Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen – Bundesweite Zusammenstellung und Handlungsempfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung</i>. Stuttgart, 128 S.</p>
--	---

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	3	Der Indikator basiert auf Länderdaten. Alle Länder (mit Ausnahme der drei Stadtstaaten) müssen Daten von ihren Messstellen zuliefern.
	Daten-verarbeitung:	3	Zur Darstellung des Indikators ist eine komplexere Datenaufbereitung und -verarbeitung notwendig.
	<u>Erläuterung:</u> Die Abfrage der Daten bei den Ländern und deren strukturierte Ablage nimmt etwa 16 Stunden in Anspruch (erfolgt aber gemeinsam für alle drei Indikatoren zum Abfluss). Die Auswertung der Daten kann auf der Grundlage der angelegten Daten-Factsheets erfolgen und nimmt ca. 8 Stunden in Anspruch.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Koordinationsstelle mit Unterstützung der BfG		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag





VIII Anlagen

Anlage 1 – Lage der ausgewählten Pegelmessstellen und deren Zuordnung zu den großen Flussgebietseinheiten

Liste der Pegel (75):

Hinweis: Die in der rechten Spalte gelisteten Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Pegel ergeben in der Summe den Wert 1,0. Sie ermitteln sich aus dem AEo-Anteil der einzelnen Pegel an der gesamten durch die ausgewählten Pegel repräsentierten Fläche der Flussgebietseinheit.

Die fett gedruckten Gewichtungsfaktoren entsprechen den Flächenanteilen der jeweiligen Flussgebietseinheiten an der gesamten Fläche.

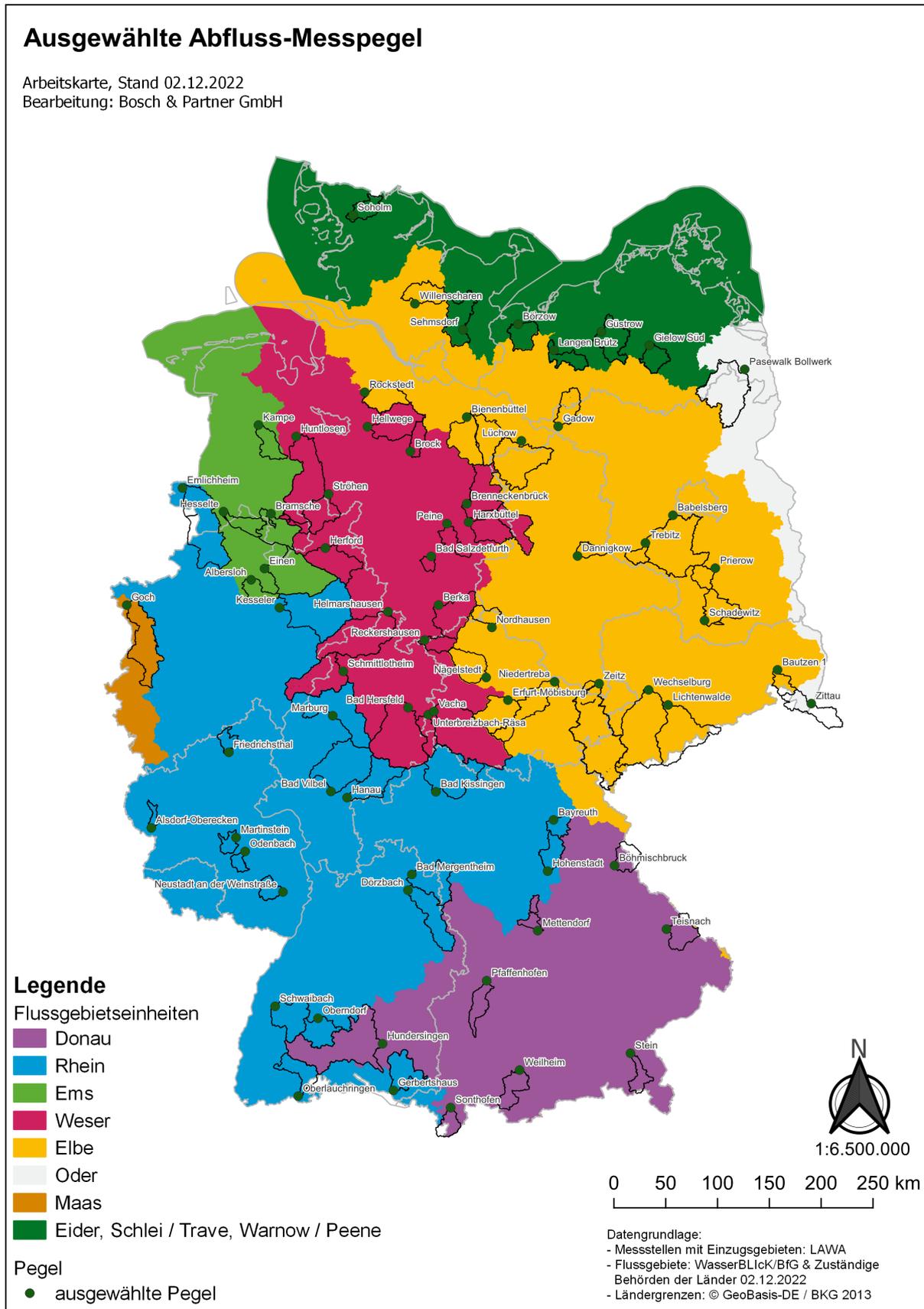
Die Pegelauswahl wurde für den Monitoringbericht 2023 noch einmal überarbeitet. Dabei wurden zum einen erbetene Überarbeitungen der Pegelauswahl durch die Bundesländer umgesetzt. Zum anderen wurden Pegel entfernt, deren Einzugsgebiete sich mit ebenfalls in der Pegelauswahl enthaltenen Pegeln überlagern, um Mehrfachbewertungen zu vermeiden.

Flussgebiets-einheit	Land	Fluss	Pegelname	Größe des Pegel-einzugsgebiets AEo (km ² gerundet)	Gewich-tungsfaktor	
Donau über GIS ermit-telte Fläche: 56.190,18 km ²	BW	Donau	Hundersingen	2.621,32	0,444	
	BY		Iller	Sonthofen	387,91	0,066
			Zusam	Pfaffenhofen	505,07	0,086
			Schwarzach	Mettendorf	303,73	0,051
			Pfreimd	Böhmischbruck	483,32	0,082
			Schwarzer Regen	Teisnach	626,63	0,106
			Ammer	Weilheim	607,39	0,103
			Traun	Stein	367,36	0,062
			durch Pegel repräsentierte Fläche:			
Rhein über GIS ermit-telte Fläche: 105.201,32 km ²	BW		Tauber	Bad Mergentheim	1.017,00	0,050
			Wutach	Oberlauchringen	630,12	0,031
			Kinzig	Schwaibach	955,05	0,047
			Neckar	Oberndorf	690,48	0,034
			Jagst	Dörzbach	1.029,99	0,050
			Schussen	Gerbertshaus	782,21	0,038
	BY		Roter Main	Bayreuth	340,28	0,017

Flussgebiets-einheit	Land	Fluss	Pegelname	Größe des Pegel-einzugsgebiets AEo (km ² gerundet)	Gewich-tungsfaktor	
		Pegnitz	Hohenstadt	488,50	0,024	
		Fränkische Saale	Bad Kissingen	1.576,22	0,077	
	HE	Nidda	Bad Vilbel	1.619,30	0,079	
		Kinzig	Hanau	919,88	0,045	
		Lahn	Marburg	1.666,20	0,081	
	NI	Vechte	Emlichheim	1.731,xx	0,085	
	NRW	Lippe	Kesseler 3	2.002,97	0,098	
	RP	Wied	Friedrichsthal	680,45	0,033	
		Speyerbach	Neustadt a.d.W.	311,77	0,015	
		Nahe	Martinstein 2	1.468,00	0,072	
Glan		Odenbach	1.088,00	0,053		
Nims		Alsdorf-Oberecken	263,81	0,013		
durch Pegel repräsentierte Fläche:				19.261,22	-	
Maas über GIS ermit-telte Fläche: 3.966,11 km ²	NRW	Niers	Goch	1.203,21	0,059	
	durch Pegel repräsentierte Fläche:				1.203,21	-
Rhein und Maas zusammen	durch Pegel repräsentierte Fläche:				20.464,43	0,304
Weser über GIS ermit-telte Fläche: 48.902,70 km ²	HE	Fulda	Bad Hersfeld	2.120,20	0,110	
		Diemel	Helmarshausen	1.757,12	0,091	
		Eder	Schmittlotheim	1.202,00	0,062	
	NI	Lamme	Bad Salzdetfurth	127,xx	0,007	
		Rhume	Berka R	895,xx	0,046	
		Aller	Brenneckenbrück	1.638,xx	0,085	
		Böhme	Brock	285,xx	0,015	
		Schunter	Harxbüttel	592,xx	0,031	
		Wümme	Hellwege	893,xx	0,046	
		Hunte	Huntlosen II	1.714,xx	0,092	
		Fuhse	Peine	360,xx	0,019	
		Leine	Reckershausen	321,xx	0,017	
	Große Aue	Ströhen	584,xx	0,030		
NRW	Werre	Herford	871,09	0,045		
TH	Ulster	Unterbreizbach-Räsa	399,00	0,021		
	Werra	Vacha	2246,00	0,117		
durch Pegel repräsentierte Fläche:				16.004,41	-	
Ems über GIS ermit-telte Fläche: 17.330,37 km ²	NI	Hase	Bramsche	682,xx	0,035	
		Speller Aa	Hesselte	370,xx	0,019	
		Soeste	Kampe	408,xx	0,021	
	NRW	Werse	Albersloh	321,58	0,017	
Ems	Einen	Einen	1.485,77	0,077		
durch Pegel repräsentierte Fläche:				3.267,35	-	
Weser und Ems zusammen	durch Pegel repräsentierte Fläche:				19.271,76	0,286
Elbe über GIS ermit-telte Fläche: 99.220,04 km ²	BB	Kleine Elster	Schadewitz	637,xx	0,034	
		Plane	Trebitz	227,xx	0,012	
		Nuthe	Babelsberg	1.787,xx	0,095	
		Löcknitz	Gadow	464,xx	0,025	
		Dahme	Priorow 2	399,xx	0,021	
	NI	Ilmenau	Bienenbüttel	1.434,xx	0,076	
		Jeetzel	Lüchow	1.300,xx	0,069	
		Oste	Rockstedt	611,xx	0,032	
	SH	Stör	Willenscharen	467,xx	0,025	

Flussgebiets- einheit	Land	Fluss	Pegelname	Größe des Pegel- einzugsgebiets AEo (km ² gerundet)	Gewich- tungsfaktor	
	SN	Spree	Bautzen 1	278,xx	0,015	
		Zwickauer Mulde	Wechselburg 1	2.099,xx	0,111	
		Zschopau	Lichtenwalde 1	1.572,xx	0,083	
	ST	Weiße Elster	Zeitz	2.485,65	0,131	
		Ehle	Dannigkow	263,31	0,014	
	TH	Zorge	Nordhausen	304,00	0,016	
		Ilm	Niedertrebra	894,30	0,047	
Unstrut		Nägelstedt	716,00	0,038		
Gera		Erfurt-Möbisburg	842,80	0,045		
durch Pegel repräsentierte Fläche:				16.781,06	-	
Oder	SN	Lausitzer Neiße	Zittau 1	695,xx	0,034	
	MV	Uecker	Pasewalk Bollwerk	1.431,xx	0,070	
	durch Pegel repräsentierte Fläche:				2.126,00	-
Elbe und Oder zusammen	durch Pegel repräsentierte Fläche:				18.907,06	0,280
Eider	SH	Soholmer Au	Soholm	352,xx	0,122	
Schlei/Trave	MV	Stepenitz	Börzow	441,xx	0,153	
	SH	Trave	Sehmsdorf	722,xx	0,251	
Warnow/Peene	MV	Warnow	Langen Brütz	352,xx	0,122	
		Ostpeene	Gielow Süd	361,50	0,126	
		Nebel	Güstrow	645,xx	0,224	
Eider, Schlei/ Trave und Warnow/Peene zusammen über GIS ermit- telte Fläche zusammen: 39.485,12 km ²	durch Pegel repräsentierte Fläche:				2.873,50	0,042
gesamt durch Pegel repräsentierte Fläche:				67.419,48	1,0	

Lage der Pegel in den Flussgebietseinheiten:

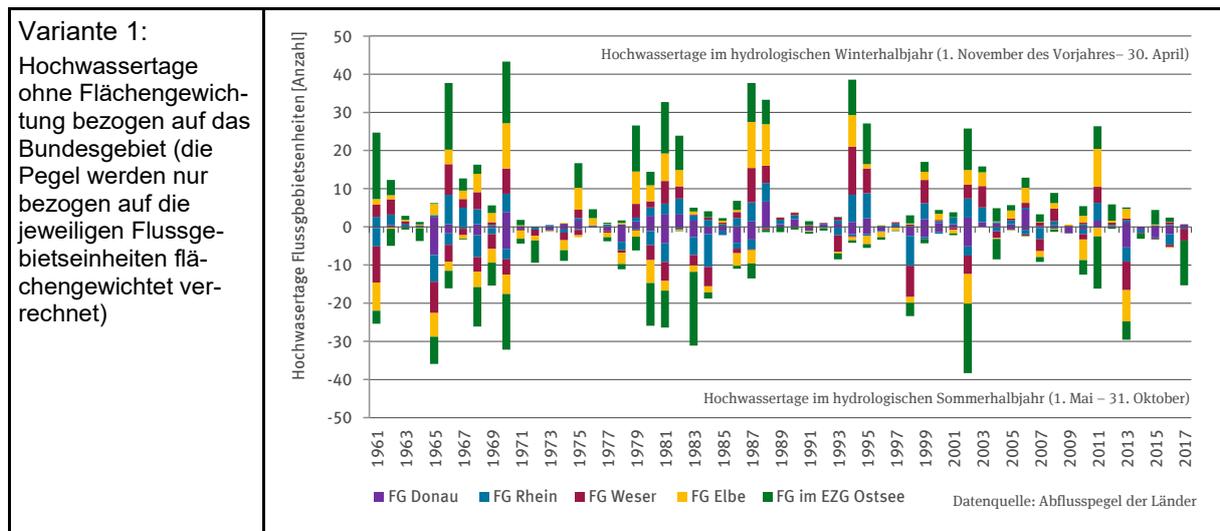


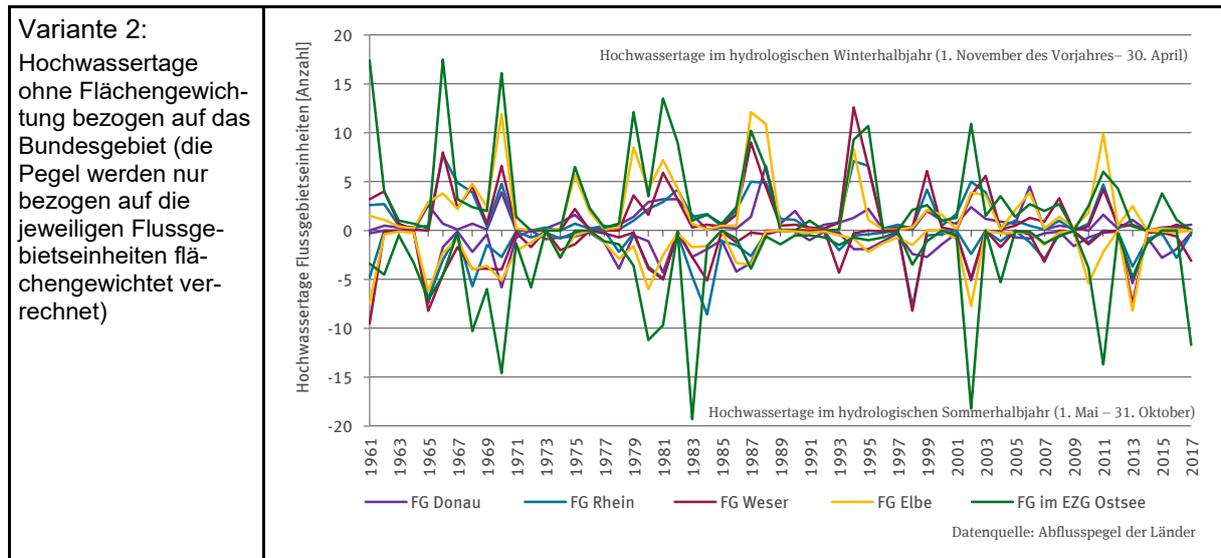
Anlage 2 – Ergänzende Auswertungen

Die nachstehenden Ausführungen wurden im Zusammenhang mit der Ausarbeitung des DAS-Monitoringberichts 2019 erstellt. Sie wurden im Kontext des Monitoringberichts 2023 nicht nochmalig überarbeitet.

Ergänzend zum Indikator, in dem die Werte für die einzelnen Flussgebietseinheiten bezogen auf das Bundesgebiet gewichtet abgebildet sind, werden nachstehend Grafiken präsentiert, die als Stapelsäulen (Variante 1) oder Linien (Variante 2) die ungewichteten Werte abbilden. Diese Darstellung hat den Vorteil, dass sich die in den einzelnen Flussgebietseinheiten aufgetretenen Hochwassertage in einer realistischen Dimension bewegen und so für das jeweilige Flussgebiet interpretiert werden können. In Form von Stapelsäulen über alle Flussgebietseinheiten aufsummiert (Variante 1) resultieren allerdings Anzahlen, die aufgrund der zeitlichen Parallelität der Ereignisse irrealen Größenordnungen erreichen.

Auffallend ist die hohe Zahl an Hochwassertagen an Pegeln, die in Flussgebieten im Einzugsgebiet der Ostsee liegen. Dies kann an dem überwiegend niedrigen Gefälle, der Abflussminderung durch Krautstau, der Retention durch Seen oder dem Rückstau der Küstenzuflüsse liegen. Diese Fragestellungen sollten im Hinblick auf zu erwartende häufigere Extremereignisse näher untersucht werden.





Anlage 3 – Bearbeitung der Messlücken und Fehlwerte

Messlücken und Fehlwerte an den Stationen lassen sich aufgrund der hohen räumlichen Korrelation mit benachbarten Stationen ergänzen. Die Fehlwertergänzung erfolgt durch die Multiplikation des Tageswerts an der benachbarten bzw. nächstgelegenen Nachbarstation X mit einem Gewichtungsfaktor. Der Gewichtungsfaktor berechnet sich aus der Division der mehrjährigen Mittelwerte (1981 bis 2010) der beiden Stationen. Die Fehlwertergänzung erfolgt nach der folgenden Formel:

$$\text{Messwert}_{\text{StationY}} = \frac{\text{Mittelwert}_{\text{StationY}} (1981-2010)}{\text{Mittelwert}_{\text{StationX}} (1981-2010)} * \text{Tageswert}_{\text{StationX}}$$

Die folgende Tabelle zeigt die von Messlücken betroffenen Pegel sowie den jeweils nächstgelegenen und für die Fehlwertergänzung geeigneten Pegel.

Flussgebiets-einheit	Land	Pegelname	Land	Nächstgelegener Pegel
Rhein	BW	Oberndorf Dörzbach	BW	Schwaibach Bad Mergentheim
	RP	Martinstein 2 Alsdorf-Oberecken	RP	Odenbach Friedrichsthal
Weser	NI	Bad Salzdettfurth Brenneckenbrück Harxbüttel Huntlosen II Peine Reckershausen Ströhen	NI	Harxbüttel
			ST	Weferlingen Weferlingen
			NW	Herford
			NI	Harxbüttel
	TH	Arenshausen		
	NW	Herford		
	TH	Unterbreizbach-Räsa	TH	Vacha
Elbe	BB	Schadewitz Trebitz Gadow Prierow 2	BB	Babelsberg Babelsberg
			NI	Bienenbüttel
			BB	Babelsberg
			NI	Lüchow
	SN	Lichtenwalde	SN	Chemnitz
	ST	Dannigkow Dobbrun	BB	Babelsberg
	NI		NI	Bienenbüttel

Flussgebiets- einheit	Land	Pegelname	Land	Nächstgelegener Pegel
Ems	NI	Kampe	NI	Bramsche
	NW	Albersloh	NW	Einen
Oder	MV	Pasewalk	SN	Zittau
Schlei/Trave, Warnow/Peene	MV	Gielow Süd Güstrow	MV	Güstrow Gielow Süd
	SH	Sehmsdorf	MV	Börzow