

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Herzog, Petra; Fischer, Helmut; Horchler, Peter**  
**Hoch- und Niedrigwasser an großen Fließgewässern aus**  
**quantitativer und qualitativer Sicht sowie ökologische**  
**Auswirkungen**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:  
**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische**  
**Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107527>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Herzog, Petra; Fischer, Helmut; Horchler, Peter (2021): Hoch- und Niedrigwasser an großen Fließgewässern aus quantitativer und qualitativer Sicht sowie ökologische Auswirkungen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserbau zwischen Hochwasser und Wassermangel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 65. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 5-15.

**Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# **Hoch- und Niedrigwasser an großen Fließgewässern aus quantitativer und qualitativer Sicht sowie ökologische Auswirkungen**

Petra Herzog  
Helmut Fischer  
Peter Horchler

Die Niedrigwässer 2018- 2020 an der Elbe werden als Extremereignisse angesehen, wobei 2018 hydrologisch als ein Ereignis einzuordnen ist, das in den letzten 100 Jahren nicht auftrat. Die Hochwässer 2002 und 2013 an der Elbe sind Extremereignisse an der Ober- bzw. Mittel- elbe, die pegeldifferenziert die höchsten bislang gemessenen Wasserstände übertrafen. Durch gezielte Analysen und Vorhersagen der Extremereignisse werden Grundlagen zur Entscheidungsfindung bereitgestellt. Mit dem Gesamtkonzept Elbe, dem Nationalen Hochwasser- schutzprogramm und dem DAS Basisdienst sind derzeit Konzepte, Programme und Produkte in Bearbeitung, die eine Ein- und Abschät- zung künftiger Maßnahmen erlauben und verschiedene Interessen zur Entwicklung der Elbe berücksichtigen. Die Auswirkungen der Hyd- rologischen Extreme auf Wasserqualität und Ökologie zeigen die en- gen interdisziplinären Zusammenhänge auf.

Stichworte: Extremereignisse, Hochwasser, Niedrigwasser

## **Einleitung**

Die ausgeprägten Niedrigwasserereignisse der letzten Jahre sowie die verstärkt auftretenden Hochwasser v.a. in den letzten beiden Dekaden sind vielen präsent. Sie werfen nicht nur die Frage auf, wie oft und in welchem Ausmaß dies in Zukunft auftreten wird, sondern auch welche Auswirkungen derartige Ereignisse auf die großen Fließgewässer und ihre Auen haben und welche Maßnahmen zu ergreifen sind. Exemplarisch wird dafür der Fokus auf die Elbe gelegt.

Die Niedrig- und Hochwasserwasserphasen der letzten beiden Dekaden an der Elbe werden hydrologisch eingeordnet und ein Ausblick auf mögliche Maßnahmen und Rahmenbedingungen gegeben. Zukünftige Szenarien werden auch unter dem Aspekt des Klimawandels vorgestellt. Diese Themen stellen den Kernbereich des Artikels dar, die Auswirkungen auf die Gewässerqualität und Ökologie schließen sich exemplarisch daran an.

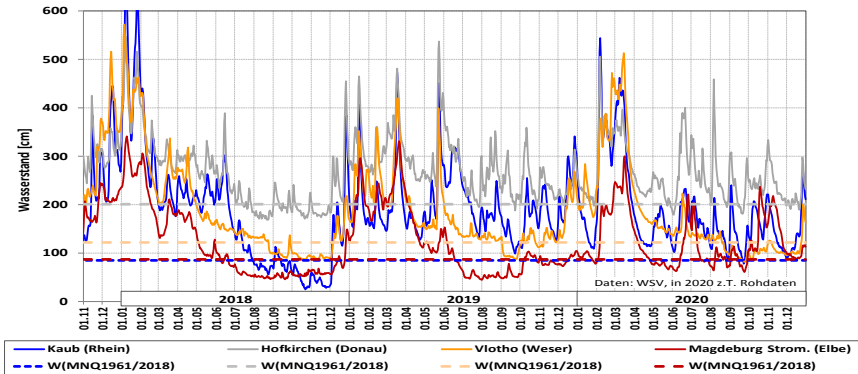
Für die Extremereignisse werden der Schadstofftransport sowie die Salzkonzentration analysiert und deren Wechselwirkungen mit den Abflüssen dargestellt.

Die Vernetzung zwischen Abiotik und Biotik in Bezug auf Extremereignisse zeigt sich beispielhaft über die Phytoplanktonentwicklung und die Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Vegetation.

## **Hydrologische Einordnung der Extremereignisse sowie maßnahmenbezogene Handlungsoptionen**

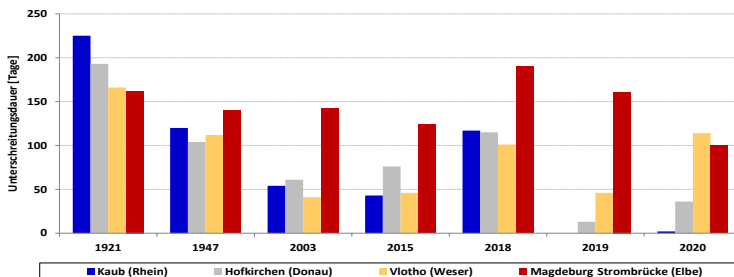
### Niedrigwasser

Die Niedrigwasserereignisse der Jahre 2018, 2019 und 2020 haben in Deutschland bei Fachleuten und Medien den Fokus stark auf das Phänomen Niedrigwasser gerichtet. Innerhalb der Jahre 2018, 2019 und 2020 traten insbesondere an Elbe und Weser regelmäßige Niedrigwasserphasen mit teils ausgeprägter Unterschreitung des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ) auf. Im Jahr 2018 waren auch Rhein und Donau von langanhaltend geringen Niedrigwasserabflüssen betroffen (s. Abb. 1)



**Abbildung 1:** Wasserstandsganglinien maßgeblicher Pegel der Flussgebiete der Jahre 2018/2019/2020 im Vergleich zu jeweiligen MNQ

Die langzeitliche Einordnung der Niedrigwasserextremjahre 2018-2020 bezogen auf die Unterschreitungsdauer des MNQ zeigt für das Elbegebiet eine deutliche Häufung seit 2015 (s. Abb. 2). Die Betroffenheit für das Jahr 2018 an der Elbe ist besonders groß, seit einem Jahrhundert wurden nicht mehr so viele Tage mit Unterschreitung von MNQ aufgezeichnet. Sowohl 2018 als auch in 2019 wurden dauerbezogen die langjährigen Extremjahre 1921 und 1947 an der Elbe übertroffen. Generell verstärken sich an der Elbe Dauer und Intensitäten von Niedrigwasser nach stromab, v.a. als eine Folge der Niedrigwasserstützung durch die tschechische Talsperrenkaskade im Oberlauf.



**Abbildung 2:** Vergleich der Niedrigwasserextremjahre bzgl. MNQ- Unterschreitungstage an repräsentativen Pegeln der Flussgebiete

Maßgeblichen Einfluss auf die Ausprägung von Niedrigwassern haben die langzeitliche Intensität und Häufigkeit der Niederschläge, der Zustand der terrestrischen Wasserspeicher in Form von Schnee und Grundwasser, Temperatur und Vegetation sowie anthropogene Einflüsse aus Nutzung und Wasserbewirtschaftung wie z.B. Talsperren und Überleitungen.

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) analysiert die hydrologische Entwicklung der großen Flüsse in Deutschland und erstellt in Niedrigwasserphasen diesbezügliche wöchentliche Situationsberichte, die unter [www.bafg.de](http://www.bafg.de) abrufbar sind. Zudem werden im Nachgang in ereignisbezogenen Analyseberichten die Niedrigwässer ausgewertet und hydrologisch eingeordnet. Der bestehende Bedarf an bundesweit einheitlichen Niedrigwasserinformationen soll zukünftig durch eine neue deutschlandweit homogene und umfassende Berichtsplattform Niedrigwasser gedeckt werden, die an der BfG angesiedelt ist. Dabei ist es das Ziel, verschiedene Nutzergruppen aktueller und umfassender informieren und beraten zu können.

Zur Abschätzung der Niedrigwasserauswirkungen dienen der Schifffahrt und Industrie Wasserstandsvorhersagen für die Bundeswasserstraßen. Für die Elbe wird, sofern kein Hochwasser auftritt, die verkehrsbezogene Wasserstandsvorhersage arbeitstäglich vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Magdeburg berechnet und über den Elektronischen Wasserstraßen-Informationsservice ELWIS veröffentlicht. Für den Pegel Neu Darchau wurde von der BfG eine 6 Wochen-Vorhersage entwickelt, die sich derzeit im prä-operationellen Betrieb befindet, d.h. die Ergebnisse werden regelmäßig einem beschränkten Benutzerkreis über E-Mail zur Verfügung gestellt (BfG, 2019). Im Hochwasserfall erfolgt die Berechnung und Veröffentlichung der Vorhersage durch die Hochwasservorhersagezentrale des Landes Sachsen-Anhalt mit Unterstützung durch Sachsen.

Die ausgeprägten Niedrigwasserextreme beeinflussen die Nutzung der Elbe. Deshalb sind im Gesamtkonzept Elbe (GKE) Leitlinien formuliert, um die Interessen der Binnenschifffahrt, der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes miteinander zu verbinden. Es gibt damit auch einen Gestaltungsrahmen für mögliche Maßnahmen an der Elbe vor. Konkretes Ziel ist es u.a. die Gewährleistung der verkehrlichen Nutzung mit möglichst geringem Unterhaltungsaufwand und unter Ausschluss des Baus von Staustufen sowie den Erhalt und die Wiederherstellung der möglichen dynamischen Breiten- und Tiefenvarianz der Elbe und ihrer Verbindung zu den begleitenden Auen zu verfolgen. Flussbauliche Maßnahmen werden nur akzeptiert, wenn sie zugleich ökologischen, wasserwirtschaftlichen und verkehrli-

chen Zielen dienen und diese Ziele in sinnvoller Weise verbinden. (BMVI, BMU 2017) Dabei arbeiten Bund und Länder eng mit der Schifffahrt und dem Naturschutz zusammen.

## Hochwasser

Die Hochwasserereignisse in den letzten 30 Jahren an deutschen Strömen sind heute noch vielfach vor Ort durch Markierungen gekennzeichnet. Im Elbeeinzugsgebiet sind insbesondere seit der Jahrtausendwende markante Hochwasser aufgetreten: 2002, 2006, 2011 und 2013. Dabei hatten die Ereignisse 2002 und 2013 die Dimension mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von mehr als 100 Jahren an verschiedenen Pegeln und werden im Folgenden näher betrachtet. Gleichwohl war der Ablauf der Hochwasserwelle bei beiden Ereignissen unterschiedlich: 2002 lag der Schwerpunkt an der oberen Elbe, 2013 an der Mittel-elbe stromab der Saalemündung.

**Tabelle 1:** Abflüsse und Wiederkehrintervall der HW- Ereignisse an der Elbe (Belz et al, 2014)

	2002		2006	2011	2013	
	HQ [m <sup>2</sup> /s]	Wieder- kehr- intervall, Bezug 1890-2013 [Jahre]			HQ [m <sup>2</sup> /s]	HQ [m <sup>2</sup> /s]
Dresden	4 580	100-200	2 870	2 280	3 950	50-100
Barby	4 320	20-50	3 180	2 830	5 250	100-200
Wittenberge	3 830	20-50	3 720	3 790	4 330	100-200
Neu Darchau	3 420	20-50	3 600	3 600	4 080	100-200

(Werte ggf. jeweils retentionsbereinigt)

Der zeitlich und räumlich dimensionierte Wellenablauf des Hochwassers 2002 zeigt die höchsten Jährlichkeiten im oberen Elbestromgebiet. Der Pegel Dresden stieg auf bisher nicht gekannte Werte von 9,40 m im Maximum. Deichbrüche und vor allen das Havelstauregime verbunden mit der Poldernutzung führten zur Kappung des Hochwasserscheitels. Außerdem führte die Saale im Vergleich zu 2013 weniger Wasser ab. Im Ergebnis traten an der Mittel-elbe nur Wasserstände mit geringeren Wiederkehrintervallen als an der Oberelbe ein.

Beim Hochwasser 2013 wurde die von der Oberelbe kommende Welle vor allem durch hohe Abflussbeiträge aus Mulde und Saale entscheidend aufgehöhht, sodass Extremwerte mit bislang nicht bekannter Dimension an der mittleren Elbe und auch der Saale auftraten. Gut dokumentiert ist dies am Pegel Magdeburg mit 747 cm ü PNP. An der gesamten Mittel-elbe sowie in

der Saale flussab der Mündung der Weißen Elster wurden die bis dahin höchsten gemessenen Wasserstände (HHW) übertroffen. Unterhalb der Saalemündung sorgten Deichbrüche, die Flutung der Havelpolder und im Folgenden ausbleibende größere Zuläufe von Nebengewässern zu einer allmählichen Abflachung der Welle stromabwärts.

Nach den verheerenden Hochwasserereignissen wurde die Erarbeitung eines Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) beschlossen. Kernstück ist die bundesweite Aufstellung der durch die Bundesländer geplanten prioritären, überregional wirksamen Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes. Im Jahr 2020 umfasst das NHWSP 90 raumgebende Maßnahmen mit einer Gesamtfläche von 326 km<sup>2</sup> (ungesteuerte Maßnahmen wie bspw. Deichrückverlegungen) und einem Rückhaltevolumen von 1,4 Mrd. m<sup>3</sup> (Flutpolder, Hochwasserrückhaltebecken). (Hatz, Schuh, Duong, Maurer, 2021 in Vorbereitung). Damit könnte ein maßgeblicher Beitrag zur Scheitelabsenkung bei Hochwasserereignissen geleistet werden. Die BfG hat bei diesem Vorhaben in Abstimmung mit den Bundesländern einen bundesweit einheitlichen Untersuchungsansatz, der Anforderungen an die Nachweisführung sowie an die hierzu zu verwendenden Grundlagen und die eingesetzten Modellwerkzeuge (gekoppelte, hydraulische Bund-Länder-Modellsysteme) formuliert.

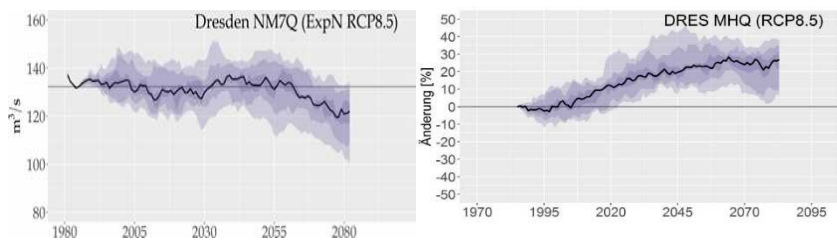
## Szenarien des Klimawandels

Im BMVI-Expertennetzwerk ([www.bmvi-expertennetzwerk.de](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de)) werden die aktuellen und zukünftigen Klimaänderungen im Verkehrsbereich, zu denen auch die Wasserstraßen zählen, erforscht. Dabei werden relevante Szenarien, die dem aktuellen Weltklimabericht folgen für verschiedene Parameter für die nahe und ferne Zukunft (bis Ende dieses Jahrhunderts) modelliert. Die daraus folgenden Projektionen geben Aufschluss über die Entwicklung und Spannweite z.B. der Temperaturen, Wasserstände und Abflüsse in den Flüssen. Die Operationalisierung der Ergebnisse bildet im Anschluss die Grundlage für Beratungsdienste, die im DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ nutzerorientiert aufbereitet und anschließend als Produkte zur Verfügung gestellt werden (z.B. [DAS-Basisdienst@bafg.de](mailto:DAS-Basisdienst@bafg.de)).

Die aktuellen Wasserhaushaltsprojektionen lassen für die Zukunft hydrologische Veränderungen in Deutschland erkennen, die eine Umverteilung der Abflüsse vom Sommer in den Winter und insgesamt eine leichte Zunahme

vorhersagen (Nilson et al, 2020). Dies wirkt sich auch auf Extremereignisse in allen deutschen Flusseinzugsgebieten aus. Insbesondere in der 2. Hälfte dieses Jahrhunderts wird eine Zuspitzung der Niedrigwassersituationen erwartet. Das Maß der Veränderung hängt davon ab, in welcher Größenordnung in Klimaschutzmaßnahmen investiert wird. Auch für Hochwasserereignisse ist eine Zunahme der Abflüsse für die Zukunft projiziert.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen exemplarisch eine deutliche Verschärfung der Extreme sowohl im Niedrig- als auch Hochwasserbereich an der Elbe für das RPC 8.5- Szenario, dass die Klima-Situation „weiter wie bisher“, also kein zunehmender Klimaschutz abbildet. Dargestellt sind 30-jährige gleitende Mittel des Medians der Ensembles. Die Schattierungen entsprechen unterschiedlichen Perzentilen (85., 75., 60., 40., 25., 15.). Die horizontale schwarze Linie zeigt das Mittel des Bezugszeitraums 1971-2000.



**Abbildung 3:** Veränderungen des Niedrigwasserabflusses NM7Q (links) und des mittleren Hochwasserabflusses MHQ (rechts) am Pegel Dresden/Elbe (über DAS-Basisdienst@bafg.de)

## Qualitative Aspekte

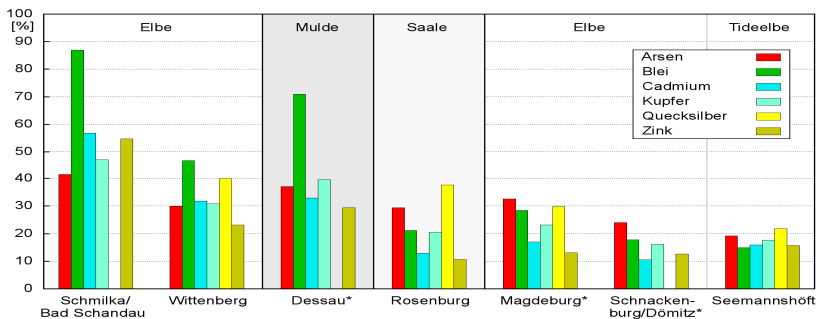
Zur Beurteilung des Einflusses von Extremereignissen auf die Wasserqualität ist ein gutes Mess- und Monitoringsystem Voraussetzung. Die Wasserqualität an der Elbe wird intensiv untersucht: neben den dauerhaften Gütemessstellen besteht ein Messprogramm für hydrologische Extremereignisse der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe, an der u.a. auch die BfG beteiligt ist. Es erfasst die Wasserbeschaffenheit bei ausgeprägten Hoch- und Niedrigwassern durch ereignisbezogene Sondermessungen. Unter <http://undine.bafg.de> sind die Ergebnisse des Messprogrammes abrufbar.

Hydrologische Extremereignisse sind Gradmesser der jeweiligen Belastungssituation eines Flusslaufes. Hochwasserereignisse können den Schadstofftransport innerhalb des Flusssystem stark erhöhen. Niedrigwasserbe-



zogene Langzeitvergleiche der Wasserqualität ermöglichen die Identifizierung relevanter Trends bei der Gewässerchemie.

Für diesen Artikel werden ausgewählte Extremereignisse an der Elbe der letzten Dekade als Beispiele herangezogen (HW 2013, NW 2015, NW 2018). Dabei werden exemplarisch für den Schadstofftransport die Schwermetall- und Arsenfrachten bei dem HW- Ereignis dargestellt. Die Analysen zeigen deutlich die Auswirkungen von Extremereignissen auf die Schadstofffracht: die Schwermetallkonzentrationen erhöhen sich durch die Remobilisierung bei Hochwasser (Abbildung 4). Für die beiden Niedrigwasserereignisse ist der Vergleich über die Salzkonzentrationen in Abhängigkeit vom Abfluss untersucht worden. Dabei steigt Chlorid, als Indikator für die Salzkonzentration mit fallendem Abfluss durch Aufkonzentrierung. (Hübner, G., Schwandt, D. 2020)



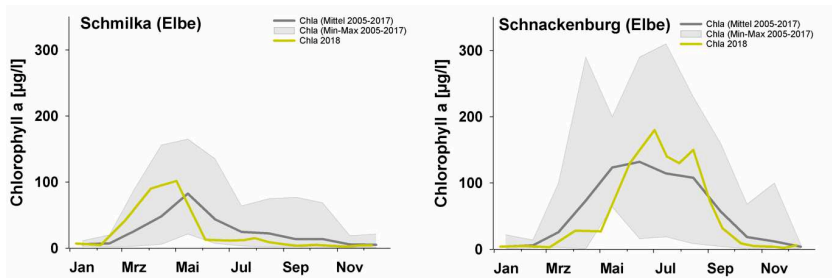
**Abbildung 4:** Schwermetall-/Arsenfracht an Messstellen der Elbe, Mulde und Saale im Zeitraum 3.-20. Juni 2013 im prozentualen Verhältnis zur Gesamtfracht des Jahres 2013 (Jahresfrachtberechnung nach (\*) Wochenmischproben, ansonsten nach Einzelproben), (Hübner, G., Schwandt, D., 2016)

## Vernetzung aquatischer Abiotik mit Biotik

In der Elbe entwickeln sich in jedem Jahr während der Vegetationsperiode (Mai-Oktober) große Mengen schwebender Algen (Phytoplankton), die im Längsverlauf transportiert werden und sich dabei weiter vermehren. In vielen Fließgewässern wird eine solche Algenentwicklung durch Niedrigwasser begünstigt, weil Niedrigwasser die Verweilzeit des Wassers und damit die für das Wachstum der Algen verfügbare Zeit verlängert. In frei

fließenden Flüssen wird zudem durch niedrige Wasserstände die Durchlichtung des Wasserkörpers verbessert, wodurch ebenfalls das Algenwachstum gefördert wird.

Dementsprechend ergeben Simulationen von Niedrigwasserereignissen eine Erhöhung des Planktonwachstums und eine stromauf Verschiebung des Phytoplanktonpeaks im Längsverlauf (Fischer, 2011). Im Gegensatz zu dieser Erwartung war jedoch im Niedrigwasserjahr 2018 die Phytoplanktonentwicklung in der Elbe nicht außergewöhnlich hoch (Abb. 5). Es wirkten vermutlich weitere Faktoren wie die Nährstoffverfügbarkeit und das Wachstum von Fressfeinden so stark auf die Phytoplanktondynamik ein, dass sie die rein abflussbedingten Effekte überlagerten.



**Abbildung 5:** Jahresgang des Phytoplanktons (indiziert als Chlorophyll a-Konzentration) an den Messstationen Schmilka (Elbe-km 3,9) und Schnackenburg (Elbe-km 474,5). Daten der FGG Elbe, Datenquelle [www.fgg-elbe.de](http://www.fgg-elbe.de), abgerufen am 24.1.2021.

Die Wasserstände prägen zudem die Vegetationszonierung der Ufer und Flussauen. Die Lebewesen in Flussauen sind sozusagen von Natur aus daran „gewöhnt“, starke hydrologische und hydraulische Schwankungen zu ertragen. Wechselnde Wasserstände führen zu mehr oder weniger leichten Verschiebungen dieser Vegetationszonierung, die sich vor allem bei den kurzlebigen Pflanzenarten bemerkbar macht.

Extreme Hochwässer führten z.B. an der Elbe zu leichten Änderungen der Artenzusammensetzung. In tief gelegenen, lange überstauten Bereichen wurde die Vegetation jedoch massiv verändert (Scholz & Löffler 2013).

Deutlich stärker sind die Auswirkungen langanhaltender Niedrigwasserperioden, wie sie v.a. 2018 beobachtet werden konnten. An den Ufern der Flussabschnitte z.B. der Mittelelbe, die maßgeblich von Sohlerosion betroffen sind und in denen das Vorland stark vom Fluss- und Grundwasser ent-

koppelt ist, kam es nach Beobachtungen der BfG zu einem großflächigen Absterben von Bäumen, selbst von Pappeln und Weiden, die eine gewisse Schwankungstoleranz aufweisen.

Solange derartigen Extremereignissen „normale“ hydrologische Jahre folgen, wird die Ufer- und Auenvegetation keine gravierenden Änderungen erfahren. Sollten langanhaltende sommerliche Niedrigwasserphasen wie im Jahr 2018 aber zur Regel werden, wird sich die Vegetation (und Fauna) vermutlich dauerhaft in ihrer Artenzusammensetzung ändern.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurden exemplarisch für extreme Hoch- und Niedrigwasserextremereignisse insbesondere an der Elbe eine fachwissenschaftliche Einordnung vorgenommen sowie Angebote und Maßnahmen vorgestellt, mit diesen Phänomenen umzugehen. Dabei wurden die Auswirkungen von Extremereignissen an ausgewählten, repräsentativen Beispielen vorgestellt. Extremereignisse und ihre Auswirkungen werden in Zukunft weiterhin unsere ganze Aufmerksamkeit und unbedingtes integratives Handeln erfordern, um den wachsenden Herausforderungen zu begegnen. Die BfG kann in dieser Hinsicht durch ihre 3 Abteilungen quantitative und qualitative Gewässerkunde sowie Ökologie maßgebliche Beiträge liefern.

## Literatur

- Belz, J-U. et al (2014): Das Hochwasserextrem 2013 in Deutschland, Dokumentation und Analyse (BfG- Mitteilungen Nr.31), Koblenz, 2014  
DOI: 10.5675/BfG\_Mitteilungen\_31.2014
- BfG (2019): Hydrologische Vorhersagen auf unterschiedlichen Skalen – Methoden, Produkte und Nutzungen. Kolloquium am 23./24. September 2019 in Koblenz. – Veranstaltungen 2/2019, Koblenz, September 2019, 64 S.; DOI: 10.5675/BfG\_Veranst\_2019.2
- BMVI, BMUB (2017): Gesamtkonzept Elbe: Strategisches Konzept für die Entwicklung der deutschen Binnenelbe und ihrer Auen, Bonn, 2017
- Fischer, H (2011) Entwicklung des Phytoplanktons und des Nährstoffs Phosphor. In: Wechsung F, Koch H, Gräfe P (Hrsg.) Elbe-Atlas des globalen Wandels, Kap. 4-21, Weißensee Verlag, Berlin, 88-89.
- Hatz, M., Schuh, C., Duong,D., Maurer, T. (2021): Abschlussbericht Modellbasierte Untersuchungen zur Wirkung der raumgebenden Hochwasser-

- schutzmaßnahmen des NHWSP, Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau, 2021 (in Vorbereitung)
- Nilson, E. et al (2020): Expertennetzwerk des BMVI, Beiträge zu einer verkehrsträgerübergreifenden Klimawirkungsanalyse: Wasserstraßenspezifische Wirkungszusammenhänge, Schlussbericht Schwerpunkt 106, Schiffbarkeit und Wasserstraßen, Bonn 2020
- Hübner, G. & Schwandt, D. (2020): Wasserbeschaffenheit beim Elbe-Niedrigwasser 2018 - ein Langzeitvergleich. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie: Ergebnisse der Jahrestagung 2020
- Hübner, G., Schwandt, D. (2016): Wasserbeschaffenheit und Schadstofftransport beim extremen Niedrigwasser der Elbe von Juli bis Oktober 2015. - Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.).
- Scholz, M. & Löffler, F. (2013): Einschätzung der durch den Klimawandel bedingten Änderungen der Vegetation an Bundeswasserstraßen und deren Auswirkungen auf Planungsvorhaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung am Beispiel von Auen der Mittleren Elbe. Geobotanisches Monitoring. In: Mosner, E., Horchler, P. (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation der Flussauen. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 5.06. KLIWAS-53/2014. BfG, Koblenz. DOI: 10.5675/Kliwas\_53/2014\_5.06.  
 URL: [http://doi.bafg.de/KLIWAS/2014/Kliwas\\_53\\_2014\\_5.06.pdf](http://doi.bafg.de/KLIWAS/2014/Kliwas_53_2014_5.06.pdf)

[www.bafg.de](http://www.bafg.de): zuletzt abgerufen am 20.1.21

[www.bmvi-expertennetzwerk.de](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de): zuletzt abgerufen am 20.1.21

[www.ELWIS.de](http://www.ELWIS.de): zuletzt abgerufen am 20.1.21

[www.fgg-elbe.de](http://www.fgg-elbe.de): zuletzt abgerufen am 24.1.21

[www.UNDINE.de](http://www.UNDINE.de): zuletzt abgerufen am 20.1.21

Autoren:

Dipl.-Ing. Petra Herzog

Dr. Helmut Fischer

Dr. Peter Horchler

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor1

58068 Koblenz

E-Mail: [herzog@bafg.de](mailto:herzog@bafg.de)

E-Mail: [fischer@bafg.de](mailto:fischer@bafg.de)

E-Mail: [horchler@bafg.de](mailto:horchler@bafg.de)