



# Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Hydrology and Water Resources Management



Fachartikel  
Niedrigwasserstatistische Betrachtungen zur Trockenperiode 2014 bis 2020 in Sachsen

Interview  
Ökohydrologie

## Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Die Zeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) ist eine deutschsprachige Fachzeitschrift, die Themen der Hydrologie und Wasserwirtschaft umfassend behandelt. Sie bietet eine Plattform zur Veröffentlichung aktueller Entwicklungen aus Wissenschaft und operationeller Anwendung. Das Spektrum der Fachbeiträge sollte aus den folgenden Themenbereichen entstammen und sie im Hinblick auf qualitative, quantitative sowie ökologische Gesichtspunkte betrachten:

- Hydrologische Prozesse und Kreislaufgeschehen von Binnen- und Küstengewässern
- Bewirtschaftung der Wasservorkommen
- Wasser- und Stoffflüsse, Gewässerschutz
- Ökologische Studien und Bewertungen
- Limnologische Untersuchungen
- Darstellung und Entwicklung von Grund- und Bodenwasser.

Zur Veröffentlichung werden nur fachlich fundierte, originäre Artikel zu aktuellen Themen zugelassen. Ein Redaktionsausschuss sowie assoziierte Editoren, bestehend aus Hochschulvertretern, Vertretern des Bundes und der Länder, gewährleisten, dass nur qualitativ hochwertige Fachbeiträge veröffentlicht werden (peer review). Die HyWa enthält außerdem einen nachrichtlichen Teil, der über aktuelle Projekte und Studien aus Forschung und Praxis sowie neue Publikationen informiert.

### Redaktionsausschuss (Stand: Juli 2024)

Markus Anhalt,  
Niedersächsischer Landesbetrieb für  
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz  
Prof. Dr. Axel Bronstert,  
Universität Potsdam  
Prof. Dr.-Ing. Markus Disse,  
Technische Universität München  
Stephanie Gudat,  
Stadtentwässerung Hannover  
Prof. Dr. Bruno Merz,  
Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam  
Prof. Dr. Britta Schmalz,  
Technische Universität Darmstadt  
Dr. Natalie Stahl-van Rooijen,  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Dr. Jeanette Völker,  
Umweltbundesamt  
Sebastian Wrede,  
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

#### Redaktion:

Dr. Thomas Lüllwitz, Leitung, v.i.S.d.P. • redaktion@hywa-online.de •  
Telefon: 0261/1306-5879  
Dr. Jasmin Böhm, Redaktion, Telefon: 0261/1306-5514  
Proofreading Englisch: ISL Übersetzungsbüro, 56068 Koblenz

#### Anschrift:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)  
Am Mainzer Tor 1 • 56068 Koblenz • www.hywa-online.de

#### Verlagsrechte:

Die eingereichten Aufsätze und Kurzberichte müssen Originalarbeiten sein. Sie dürfen in der vorgelegten oder in ähnlicher Form weder an anderer Stelle eingereicht noch veröffentlicht sein. Mit der Annahme des Manuskripts willigen die Autoren ein, das eingereichte Manuskript nicht unverändert in einer anderen Zeitschrift zu veröffentlichen.

#### Hinweis:

Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion und des Herausgebers wieder.

#### Erscheinungsweise:

zweimonatlich im Abo, 34,- €/Jahr, Studententarif 17,- € (gg. Nachweis),  
Buchhandelsbestellung 25 % Rabatt. Kündbar jeweils drei Monate vor  
Jahresende.

#### Herausgeber:

BfG für die gewässerkundlichen Fachverwaltungen des Bundes und  
der Länder

#### Satz und Druck:

Druckerei des BMDV, Bonn  
ISSN 1439-1783

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

The journal Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) (Hydrology and Water Resources Management) is a German-language periodical which comprehensively reports on hydrological topics. It serves as a platform for the publication of the latest developments in science and operational application. The range of contributions relates to the following subjects that are considered from qualitative, quantitative and ecological viewpoints:

- hydrological processes and circulation of inland and coastal waters
- water resources management
- water and material fluxes, water protection
- ecological studies and assessment
- limnological investigations
- Description and processes of ground- and soilwater.

Only scientifically substantiated articles on current topics are selected for publication. An editing committee comprising representatives from universities, the Federal Republic and the Federal States guarantees that only high-quality contributions are published (peer review).

HyWa also contains a news section informing on current projects and studies in research and practice as well as on recent publications.

### Assoziierte Editoren (Stand: Februar 2024)

Prof. Dr.-Ing. Jens Bender,  
Duale Hochschule Baden-Württemberg  
Prof. Dr. Günter Blöschl,  
Technische Universität Wien  
Prof. Dr. Markus Casper,  
Universität Trier  
Prof. Dr. Bernd Cyffka,  
Universität Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt  
Norbert Demuth,  
Landesamt für Umwelt, Rheinland-Pfalz  
Prof. Dr. Svenja Fischer,  
Universität Wageningen/NL  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Haberlandt,  
Universität Hannover  
Dr. Dr. Dietmar Mehl,  
biota GmbH  
Prof. Dr. Lucas Menzel,  
Universität Heidelberg  
Prof. Dr. Konrad Miegel,  
Universität Rostock  
Prof. Dr. Elisabeth I. Meyer,  
Universität Münster  
Dr. Volker Mohaupt,  
Potsdam (ehem. UBA)  
Prof. Dr. Heribert Nacken,  
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Dr. Enno Nilson,  
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz  
Angela Pfister,  
Emschergenossenschaft  
Dr. Ina Pohle,  
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin  
Prof. Dr. Frido Reinstorf,  
Hochschule Magdeburg-Stendal  
Prof. Dr. Benny Selle,  
Beuth Hochschule  
Prof. Dr. Markus Weiler,  
Universität Freiburg  
Prof. Dr. Rolf Weingartner,  
Universität Bern

# Inhalt | Contents

## Vorwort | Foreword

Mit Ereignisanalysen Dürren und ihre Folgen verstehen 264

---

## Fachartikel | Scientific reports

DOI: 10.5675/HyWa\_2024.5\_1

Winfried Willems, Henrike Geiselmann, Jörg Walther, Petra Walther & Stefanie Weißbach

Niedrigwasserstatistische Betrachtungen zur Trockenperiode 2014 bis 2020 in Sachsen

Low-flow statistics for the 2014 to 2020 dry period in Saxony

266

---

## Hydrologische Notizen | Hydrological notes

Aktuelles | Latest news 281

---

Interview | Interview – Ökohydrologie 300

---

## Nachrichten | News

Deutsche Hydrologische Gesellschaft | German Hydrological Society 303

---

Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften | Association for Hydrological Sciences 304

---

Neue Publikationen | New publications 305

---

Termine | Events 307

---

Die Fachzeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung ist gelistet im:  
Science Citation Index Expanded (SCIE), Journal Citation Reports/Science Edition, Scopus und Geobase.

## Mit Ereignisanalysen Dürren und ihre Folgen verstehen

Der fortschreitende Klimawandel erhöht die Frequenz von Extremwetterereignissen – sowohl Starkregen als auch Dürren. Trotz des feucht-kühlen Wetters in der ersten Jahreshälfte 2024 ist es daher nur eine Frage der Zeit, bis auch in Deutschland die nächste heiße und trockene Phase kommt. Es ist also wichtig, sich damit zu beschäftigen, wie eine Dürre zustande kommt und welche Folgen sie hat, um abzuschätzen, wie diesen sinnvoll entgegengewirkt werden kann.

Eine Dürre ist definiert als ein anhaltender Mangel an Wasser. Dieser kann verschiedene Umweltkompartimente betreffen: Eine meteorologische Dürre beispielsweise ist durch ein mehrwöchiges Niederschlagsdefizit gekennzeichnet, das oftmals mit einer erhöhten Verdunstung einhergeht. Eine fortdauernde meteorologische Dürre führt zu einem Bodenwasserdefizit, welches ein geringeres Pflanzenwachstum bedingt und damit zu einer land- und forstwirtschaftlichen Dürre sowie zu einer reduzierten Grundwasserneue- und Abflussbildung führt. Die dadurch sinkenden Wasserstände in Flüssen, Seen und im Grundwasser sind charakteristische Merkmale einer hydrologischen Dürre.

Neben diesen unmittelbaren Ausprägungen können Dürren erhebliche sozioökonomische Auswirkungen haben. Land- und forstwirtschaftliche Dürren führen beispielsweise oftmals zu Ertragseinbußen und einer verringerten Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen andere Umwelteinflüsse. Hydrologische Dürren wiederum sind mit Stress für die im Wasser lebenden Organismen verbunden. Dies geschieht sowohl direkt, z. B. infolge zu geringer Wasserstände, als auch indirekt, z. B. durch Sauerstoffmangel oder durch erhöhte Schadstoffkonzentrationen mangels ausreichender Verdünnung von Abwassereinleitungen. Eine hydrologische Dürre kann außerdem Wasserentnahmen sowie andere wirtschaftliche Nutzungen an und auf den Gewässern, etwa durch Fischerei, Binnenschifffahrt oder Wassertourismus, einschränken oder verhindern. Diese Schäden lassen sich in Zahlen ausdrücken: Im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz beauftragten Projekt „Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland“ werden die durch Hitze und Dürre in den Jahren 2018 und 2019 entstandenen Schäden auf 35 Mrd. € geschätzt, wie eine gemeinsame Pressemitteilung von BMWK und BMUV am 18. Juli 2022 bekanntgab.

Um die vielfältigen Auswirkungen von Dürren zu verstehen, verfolgte das Sächsische Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft (LfULG) in seiner „Ereignisanalyse der Trockenheit in Sachsen 2014 – 2020“ einen integrativen Ansatz. Beteiligt waren dabei die für Klima, Wasser, Boden, Luft, Fischerei sowie Land- und Forstwirtschaft zuständigen Fachabteilungen und Fachleute im LfULG. Dadurch wurde sichergestellt, dass in der Ereignisanalyse neben dem Verlauf und den Ausprägungen der meteorologischen und hydrologischen Dürre auch die Dürrefolgen in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft sowie für die Wasserversorgung und die Luftqualität beschrieben, bewertet und in ihren Zusammenhang gestellt wurden. Die Ereignisanalyse wird noch im Herbst 2024 innerhalb der Schriftenreihe des LfULG veröffentlicht, ihre wichtigsten Ergebnisse seien hier kurz zusammengefasst.

Häufige langanhaltende Hochdruckwetterlagen in den Jahren 2014 bis 2020 führten in Sachsen zu unterdurchschnittlichen

Niederschlägen verbunden mit geringen Schneerücklagen sowie zu einer überdurchschnittlichen Verdunstung. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf das Wasserdargebot waren bis einschließlich 2017 nur moderat, ab dem Jahr 2018 jedoch gravierend. Bereits ab dem Frühjahr 2018 gingen die Abflüsse in den Gewässern deutlich zurück und es stellte sich landesweit eine Niedrigwassersituation ein, die mit nur kurzen Unterbrechungen bis 2020 andauerte. An vielen Pegeln wurden in einem der drei Jahre 2018, 2019 und 2020 Abflüsse beobachtet, die niedriger waren als die bis dahin niedrigsten bekannten Werte NNQ. Die Grundwasserstände reagierten auf die Trockenheit in der Regel verzögert erst im Jahr 2019 mit einem deutlichen Rückgang und fielen im Jahr 2020 weiter auf ein im Landesdurchschnitt bisher nicht beobachtetes Niveau.

Die Methoden, die im Rahmen der sächsischen Ereignisanalyse zur hydrologischen Auswertung und statistischen Einordnung der Trockenperiode 2014 bis 2020 hinsichtlich der Abflüsse in den Fließgewässern angewendet wurden, entstammen größtenteils dem Merkblatt DWA-M 541 „Statistische Analyse von Niedrigwasserkenngößen“. Falls darin nicht enthalten, liegen ihnen darauf aufbauende Überlegungen zugrunde, z.B. im Hinblick auf die dauerübergreifende NMxQ-Analyse, oder sie sind der Fachliteratur entnommen. Im vorliegenden Heft werden die spezifischen methodischen Grundlagen und Ergebnisse dieser Auswertung im Artikel „Niedrigwasserstatische Betrachtungen zur Trockenperiode 2014 bis 2020 in Sachsen“ vorgestellt. Die in dieser Untersuchung vorgenommenen statistischen Analysen von Abfluss-, Dauer- und Defizitkenngößen erfolgten gemäß DWA-M 541 auf der Basis von Wasserhaushaltsjahren (WHJ) vom 1. April bis 31. März des Folgejahres.

Unter den Ergebnissen ragt bei der statistischen Einordnung von Einzeljahren das WHJ 2018 heraus. Hier werden die höchsten Jährlichkeiten > 100 a in den Flussgebieten Freiberger Mulde, Vereinigte Mulde und Lausitzer Neiße nicht nur vereinzelt, sondern an allen bzw. an den meisten Pegeln über fast alle Kenngrößen erreicht. Abweichend von dieser Einschätzung sind im Flussgebiet der Schwarzen Elster die ermittelten Jährlichkeiten für die WHJ 2019 und 2020 durchschnittlich höher als im WHJ 2018. Auch im historischen Kontext sind die WHJ 2018, 2019 und 2020 markante Trockenjahre. Gleichwohl werden auch für die historischen Niedrigwasserjahre 1934, 1962, 1963, 1964 und 1976 teilweise ähnlich hohe Jährlichkeiten ausgewiesen. Im Ergebnis der statistischen Einordnung von Zeiträumen, die länger sind als ein Jahr, erweist sich die Aufeinanderfolge der drei Jahre 2018, 2019 und 2020 als ein außergewöhnliches mehrjähriges Niedrigwasserereignis, insbesondere in den Flussgebieten Freiberger Mulde, Vereinigte Mulde und Nebenflüsse der Elbe.

Mit der anhaltenden Trockenheit in Sachsen waren vielfältige wasserwirtschaftliche Folgewirkungen verbunden, vor allem in den extremen Trockenjahren 2018, 2019 und 2020. Durch die niedrigen Abflüsse war die Verdünnung eingeschränkt, sodass es bei Stoffen, die kontinuierlich und in gelöster Form in die Fließgewässer eingetragen werden, wie Phosphor in Form von Orthophosphat-Phosphor, die Salzbildner Chlorid und Sulfat sowie der Arzneimittelwirkstoff Carbamazepin, zu erhöhten Konzentrationen in den Gewässern kam. Des Weiteren führten in den sächsischen Talsperren die verminderten Zuflüsse während

der Dürrejahre zwar zu einem geringeren Nährstoffeintrag, aber gleichzeitig wurden durch die stark verringerten Stauinhalte Sedimente freigelegt, die einen zunehmenden Einfluss auf den Restwasserkörper hatten. Mit der Verringerung des Stauvolumens gingen außerdem eingeschränkte güterwirtschaftliche Bewirtschaftungs- und Steuerungsoptionen einher, z. B. für Wasserabgaben nicht nutzbare Entnahmeeinrichtungen. Weitere negative Folgewirkungen für die Trinkwasserversorgung waren Beeinträchtigungen der Rohwassergüte von Oberflächenwasser und Uferfiltrat, Brunnenverockerung sowie ein erhöhtes Verkeimungsrisiko durch hohe Temperaturen im Verteilungsnetz. Trotz dieser Einschränkungen und Beeinträchtigungen war die Trinkwasserversorgung dank der leistungsfähigen wasserwirtschaftlichen Infrastruktur stets gesichert.

Auch die sächsische Land- und Forstwirtschaft war von teils gravierenden Dürrefolgen betroffen. So gab es von 2018 bis 2020 teilweise erhebliche Ertragseinbußen im Pflanzenbau, die im Jahr 2018 am höchsten waren und durchweg alle Kulturen betrafen. Dabei reagierten die Sommerkulturen empfindlicher auf die Vor- und Frühsommertrockenheit als die Winterkulturen. Regional waren die Oberböden bereits Ende April so trocken, dass die Saat ungleichmäßig aufstieg. Im gleichen Jahr kam es zu einem sprunghaften Anstieg der durch Dürre direkt geschädigten Waldfläche. Gleichzeitig begünstigte die ab dem Jahr 2018 anhaltende Tro-

ckenheit die Massenvermehrungen von Borkenkäfern, wodurch sich der Waldzustand weiter verschlechterte. Schließlich wurden nicht wenige der durch Trockenheit und Borkenkäferbefall geschwächten Bäume Opfer zweier Orkantiefs im Februar 2022.

Die Ereignisanalyse für Sachsen veranschaulicht anhand eines Bundeslandes die flächendeckenden Auswirkungen eines markanten Dürreereignisses auf Umweltkompartimente und ökologische Systeme sowie auf davon abhängige Wirtschaftszweige. Sie verdeutlicht damit exemplarisch deren Vulnerabilität gegenüber Dürre und unterstreicht den Handlungsdruck, unter den Bedingungen des Klimawandels die Resilienz von ökologischen und sozioökonomischen Systemen gegenüber Dürreereignissen zu stärken.

*Dr. Jörg Walther,*

*Petra Walther,*

*Dr. Stefanie Weißbach*

*Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

*Dr. Winfried Willems,*

*Henrike Geiselman*

*Ingenieurhydrologie, Angewandte Wasserwirtschaft  
und Geoinformatik (IAWG)*

Winfried Willems, Henrike Geiselmann, Jörg Walther, Petra Walther & Stefanie Weißbach

# Niedrigwasserstatistische Betrachtungen zur Trockenperiode 2014 bis 2020 in Sachsen

Low-flow statistics for the 2014 to 2020 dry period in Saxony

Die langanhaltende Trockenperiode im Zeitraum 2014 bis 2020 in Sachsen war Anlass für umfassende Analysen von Niedrigwasser-Serien mit dem Ziel wahrscheinlichkeitsanalytischer Einordnungen. Die Betrachtungen erfolgten an 34 Pegeln des Landes und mit Blick auf die sieben Niedrigwasserkennwerte NM7Q, NM15Q, NM30Q, maxD, maxV, sumD und sumV, wobei die vier letztgenannten Kennwerte anhand des Q80-Schwellenwertes abgeleitet wurden.

Niedrigwasser-Serien weisen häufig stochastische Abhängigkeiten auf. Erfährt dieses im Widerspruch zur klassischen Wahrscheinlichkeitsanalyse stehende Phänomen keine Berücksichtigung, so führt dies beispielsweise dazu, dass Nullhypothesen statistischer Tests zu häufig verworfen, Konfidenzbereiche unterschätzt und die Wiederkehrzeiten von Runs, das sind Sequenzen aufeinanderfolgender Trockenjahre, überschätzt werden. Diese Studie zeigt, wie stochastische Abhängigkeiten in ähnlicher Weise in die niedrigwasserstatistischen Jährlichkeitsbetrachtungen integriert werden können wie Trends im Rahmen der instationären Wahrscheinlichkeitsanalyse. Zusätzlich zu diesen erweiterten wahrscheinlichkeitsanalytischen Ansätzen für univariate Serien werden auch dauerübergreifende NMxQ-Betrachtungen, copulabasierte zweidimensionale Wahrscheinlichkeitsmodelle und Modelle zur Erfassung von Runs dargestellt.

**Schlagwörter:** Niedrigwasserstatistik, univariate und bivariate Extremwertanalyse, Autokorrelation, Trend, Run-Wahrscheinlichkeiten, Unsicherheiten

The prolonged dry spell from 2014 to 2020 in Saxony was the reason for comprehensive analyses of low flow series in terms of probabilistic statistics with regard to the seven low flow parameters NM7Q, NM15Q, NM30Q, maxD, maxV, sumD and sumV, calculated at 34 gauging stations, with the last four parameters derived based on the Q80 threshold value.

Low flow series are often characterised by stochastic dependencies. Failure to account for this phenomenon, which is inconsistent with classical probability theory, leads, for example, to over-rejecting null hypotheses of statistical tests, underestimating confidence intervals, and overestimating return periods of runs, i.e. sequences of successive dry years. This study demonstrates how stochastic dependencies can be integrated into low-flow statistics in a manner similar to instationary extreme value analysis. In addition to these extended univariate probability approaches, cross-duration NMxQ considerations, copula-based two-dimensional probability models, and models to characterise return periods of runs are presented.

**Keywords:** Low-flow statistics, univariate and bivariate extreme value analysis, autocorrelation, trend, run probabilities, uncertainties

## 1 Einleitung

Nach dem Hochwasserereignis im Jahr 2013 folgte in Sachsen ein langer Zeitabschnitt, der oft durch hohe Temperaturen und geringe Niederschläge geprägt war. Dies führte zu Veränderungen im Landschaftswasserhaushalt, die sich erstmals im Jahr 2015 zeigten und in den außerordentlich trockenen Jahren 2018, 2019 und 2020 besonders deutlich wurden. Es kam dabei zu extremen Bodentrockenheiten, einer sachsenweiten Grundwasserdürre und extremem Niedrigwasser in den Flüssen, einhergehend mit deutlichen gewässerökologischen Folgen. Auch die Bewirtschaftung der Talsperren wurde aufgrund der Wasserknappheit vor Herausforderungen gestellt.

Aufgrund des Klimawandels ist eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität solcher Extremereignisse möglich, so dass Strategien erarbeitet und Maßnahmen geplant werden sollten, um mögliche Folgen für Wirtschaft und Bevölkerung abzumildern und die Oberflächengewässer und das Grundwasser auch bei sich änderndem Klima nachhaltig zu bewirtschaften. Als wichtige Planungsgrundlage dienen dabei Niedrigwasserkenngrößen (DWA, 2022).

Vor diesem Hintergrund beauftragte das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie das Unternehmen IAWG (Ingenieurhydrologie, Angewandte Wasserwirtschaft und

Geoinformatik) Ottobrunn mit der Erarbeitung einer umfassenden Analyse ausgewählter Niedrigwasserkenngrößen. Ziel war die statistische Einordnung sowohl der gesamten Niedrigwasserperiode 2014 bis 2020 als auch einzelner Jahre innerhalb dieser Periode aus hydrologischer Sicht. Dabei wurden den Niedrigwasserkenngrößen in Einzeljahren sowie in mehrjährigen Phasen Jährlichkeiten  $T_n$  zugeordnet.

## 2 Datengrundlage und Datenaufbereitung

Datengrundlage für die statistische Auswertung bildeten Zeitreihen von täglichen Durchflüssen  $Q$ , die an 34 Pegeln in Sachsen beobachtet wurden. Gegenstand der Betrachtung waren die folgenden Niedrigwasserkenngrößen entsprechend des Merkblattes der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abfall und Abwasser (DWA, 2022):

- die Durchflusskenngrößen NM7Q, NM15Q, NM30Q,
- die Dauerkenngrößen maxD und sumD sowie
- die Defizitkenngrößen maxV und sumV.

Zur Ableitung der Dauer- und Durchflussdefizit-Kenngrößen wurde als Schwellenwert das Überschreitungsquantil Q80, also der Durchfluss, der an 80 % der Tage überschritten wird, verwendet.

Die Datenaufbereitung erfolgte gemäß DWA-Merkblatt M 541. Dazu wurden jährliche Serien der oben genannten Kenngrößen mit je einem Wert pro Wasserhaushaltsjahr (WHJ) vom 1. April bis 31. März des Folgejahres gebildet. Als Pooling-Verfahren für die maxD- und maxV-Kenngrößen lag der Ansatz der gleitenden Mittelwerte mit einer Intervallbreite von 5 Tagen zugrunde. Sowohl im Rahmen der Festlegung des Schwellenwertes Q80 als auch bei der Fixierung der Intervallbreite des Pooling-Fensters wurden Sensitivitätsanalysen mit verschiedenen Varianten umgesetzt, wobei ein wichtiges Auswahlkriterium eine möglichst kleine Anzahl von in den Serien jeweils enthaltenen Nullen darstellte. Die Pooling-Intervallbreite sollte einerseits möglichst klein sein, auf der anderen Seite aber bei der Entfernung von sog. „Minor Droughts“ aus dem Datensatz wirksam sein.

Für die gemeinsame, bivariate Auswertung der Kenngrößen maxD und maxV wurden darüber hinaus partielle Serien gebildet. Als Bezugszeiträume dienten ein 30-jähriger Zeitraum von 1991 bis 2020, bezogen auf alle 34 betrachteten Pegel, und ein 90-jähriger Zeitraum von 1931 bis 2020, bezogen auf 17 Pegel mit längeren Verfügbarkeiten.

Die Homogenität der Daten wurde sowohl vor als auch nach der Serienbildung geprüft, wobei als Verfahren Doppelsummenanalysen für mittlere tägliche Abflüsse, kontinuierliche Wavelet-Analysen für monatliche Niedrigwasserabflüsse sowie verschiedene Homogenitätstests bezogen auf die jährlichen und partiellen Serien zum Einsatz kamen. Bei der Mehrzahl der Pegel wurde dabei die Inhomogenitätshypothese verworfen. So detektierte beispielsweise der für autokorrelierte Daten angepasste Kruskal-Wallis-Test, der auf die sieben betrachteten Serien angewendet wurde, bezogen auf den kurzen Bezugszeitraum bei bis zu 26 % und bezogen auf den langen Bezugszeitraum bei bis zu 35 % der Pegel Inhomogenitäten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Die verschiedenen Homogenitätstests werden im Folgenden nicht weitergehend betrachtet.

### 3 Methodik

#### 3.1 Erfassung stochastischer Abhängigkeiten in Kennwerte-Serien

Eine zentrale Voraussetzung klassischer Wahrscheinlichkeitsanalysen ist die stochastische Unabhängigkeit der betrachteten Stichprobenelemente. Generell sind dabei zwei Formen von stochastischer Abhängigkeit zu unterscheiden, nämlich die zuerst von HURST (1951) bei Studien am Nil erkannte Langzeitautokorrelation (Long-Range-Dependence, LRD) sowie die z. B. in BOX & JENKINS (1976) umfassend betrachtete Kurzzeitautokorrelation. Letztere wird üblicherweise im Rahmen sogenannter ARMA(p,q)-Prozesse der Ordnungen p und q behandelt, wobei p für die Anzahl autokorrelativer Terme (AR) steht und q für die Anzahl von Moving-Average-Termen (MA). Wenngleich Langzeitautokorrelationen erheblichere Auswirkungen auf verschiedene statistische Analysen haben können als Kurzzeitautokorrelationen, werden hier allein Letztere betrachtet. Dies ist damit zu begründen, dass die Stichprobenumfänge bei vielen der hier betrachteten Reihen für LRD-Betrachtungen zu kurz wären und darüber hinaus auch theoretische Probleme beim Umgang mit LRD zu lösen wären, z. B. im Hinblick auf geeignete Verfahren zur gleichzeitigen Schätzung von Parametern der zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeitsfunktion und des Parameters, der die LRD quantifiziert.

Wesentliche Hilfsmittel bei der von BOX & JENKINS (1976) vorgeschlagenen Gesamtmethodik zur Aufdeckung von stochastischen Kurzzeit-Abhängigkeitsstrukturen in äquidistanten Zeitreihen sind die Autokorrelationsfunktion (ACF) sowie die partielle Autokorrelationsfunktion (PACF), welche beide Werte im Bereich zwischen  $\pm 1$  annehmen können. Die ACF erfasst etwas vereinfacht formuliert die Pearson-Korrelation einer gegen sich selbst um das Lag  $\tau$  sukzessive verschobenen Zeitreihe. Die PACF verhält sich zur ACF wie der partielle Korrelationskoeffizient zum Korrelationskoeffizienten: Sie erfasst den linearen Zusammenhang zwischen  $Y_t$  und  $Y_{t-\tau}$  unter Ausschaltung des Einflusses der dazwischen liegenden Variablen.

Bei Beschränkung auf rein autokorrelative Prozesse AR, also ohne MA-Prozesse, lässt sich die Ordnung p anhand der PACF bestimmen, indem ermittelt wird, bis zu welcher Verschiebung (Lag) die partiellen Autokorrelationskoeffizienten signifikant sind (BOX & JENKINS, 1976).

Zu beachten ist, dass die Nutzung zeitreihenanalytischer Tools wie ACF und PACF in Bezug auf Extremwertserien nur näherungsweise zulässig ist, weil die vorausgesetzte Äquidistanz der Einzelwerte streng betrachtet bei Extremwertserien nicht gegeben ist. So liegt zwar jeweils ein Wert pro Jahr vor, allerdings kann der Auftretenszeitpunkt innerhalb des jeweiligen Jahres deutlich schwanken. Komplexere Ansätze zum Umgang mit Nicht-Äquidistanz (REHFELD et al., 2011) werden hier jedoch nicht betrachtet. Auch die bei einigen Dauer- und Defizit-Serien zum Teil auftretenden Nullwerte bei der Ermittlung von ACF und PACF behandelt diese Studie nicht speziell, wobei aber, wie in Kapitel 2 beschrieben, zumindest deren Anteil möglichst klein gehalten wurde.

#### 3.2 Wahrscheinlichkeitsanalyse unter Einbeziehung von Trends und Autokorrelationen

##### 3.2.1 Verteilungsanpassung mittels spezieller Regressionsverfahren

Für die Anpassung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen an eine gegebene Stichprobe liegen eine Reihe unterschiedlicher Verfahren vor. Am bekanntesten sind die Momenten-, die L-Momenten- und die Maximum-Likelihood-Methode. Bei der letztgenannten lässt sich die Anpassung der theoretischen Verteilung an eine Stichprobe Y auffassen als ein spezielles Regressionsproblem ohne Einspeisung von erklärenden Variablen. Wird beispielsweise eine klassische Regression an eine Stichprobe angepasst und dabei auf jegliche erklärenden Variablen verzichtet, dann entspricht der geschätzte Interzept dem Mittelwert  $\mu$  und die geschätzte Residualstreuung der Standardabweichung  $\sigma$  einer auf diese Weise angepassten Normalverteilung NOR als Responseverteilung, d. h.  $y \sim \text{NOR}(\mu = \text{const}, \sigma = \text{const})$ .

Dementsprechend ist es möglich, bei sehr allgemeiner Formulierung von Regressionsverfahren andere Responseverteilungen zu wählen (RIGBY & STASINOPOULOS, 2005), wie beispielsweise die Verallgemeinerte Extremwertverteilung GEV oder eine beliebige andere Verteilung. Dieses Vorgehen macht es möglich, die Verteilungsparameter, im Fall der GEV also Location, Scale und Shape, auf diese Art zu schätzen. Weist die Stichprobe einen Trend auf, der den Mittelwert verändert, dann führt dies im Fall klassischer Regression zum Ansatz  $y \sim \text{NOR}(\mu = a + b \cdot \text{Zeit}, \sigma = \text{const})$ . Dabei wird also der Mittelwert als lineare Funktion der externen Variable „Zeit“ modelliert und dann die Parameter a, b und  $\sigma$  geschätzt. In

gleicher Weise lässt sich dies bei Daten, die z. B. der GEV-Verteilung entstammen, in der Form  $y \sim \text{GEV}(\text{loc} = a + b \cdot \text{Zeit}, \text{scale} = \text{const}, \text{shape} = \text{const})$  umsetzen (COLES, 2001). Sind Daten einer gegebenen, z. B. dreiparametrischen Verteilung DIST entsprechend eines AR(1)-Prozesses autokorreliert, dann bedeutet dies, dass die um ein Lag verschobenen Y-Werte  $y_1$  Einfluss auf den Lokationsparameter ausüben. Weisen diese Daten dann zusätzlich eine Trendkomponente auf, dann ergibt sich demnach  $y \sim \text{DIST}(\text{loc} = a + b_1 \cdot \text{Zeit} + b_2 \cdot y_1, \text{scale} = \text{const}, \text{shape} = \text{const})$ . Dabei sind die jeweiligen Komponenten signifikant, wenn der entsprechende Standardfehler im Verhältnis zum geschätzten Parameter sehr klein ist und die aus dem Quotienten aus Schätzwert und Standardfehler abgeleiteten p-Werte kleiner sind als die angenommene Irrtumswahrscheinlichkeit von z. B.  $\alpha = 0,05$ .

In der geschilderten Weise lassen sich damit die Effekte von Trends und Autokorrelationen – bei einfachen Autokorrelationsstrukturen – für prinzipiell beliebige Verteilungen DIST erfassen. In das Modell einbezogen werden dabei jeweils diejenigen Effekte, die auf der Grundlage der p-Werte als signifikant detektiert werden, um Überparametrisierungen zu vermeiden. Generell ist dabei ein Ausgleich gegensätzlicher Ziele vorzunehmen, denn auf der einen Seite vergrößern sich mit jedem zusätzlichen Parameter die Schätzunsicherheiten, auf der anderen Seite stellt die Vernachlässigung einer eigentlich signifikanten Komponente die Gültigkeit des Modellansatzes in Frage. Auf speziell in Bezug auf die GEV ausgearbeitete, deutlich komplexere Ansätze zur Einbindung von Autokorrelationsstrukturen sei hier lediglich hingewiesen (ZHU et al., 2018).

### 3.2.2 Geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Überprüfung der Anpassung

Bei der Auswahl einer zur Erfassung des Wahrscheinlichkeitsverhaltens geeigneten theoretischen Verteilung steht eine Reihe von möglichen Verteilungen zur Verfügung. Aufgrund mathematisch-statistischer Überlegungen wird für Extremwerte vorzugsweise auf die Familie der Extremwertverteilungen zurückgegriffen. Dazu zählen bei Betrachtung von Jahresserien die zweiparametrische Gumbel-Verteilung (GUM) und die dreiparametrische Verallgemeinerte Extremwertverteilung (GEV). Die GEV enthält die GUM als Spezialfall, wenn der Form-Parameter zu Null wird. Ist er größer Null, dann handelt es sich um die Frechet-Verteilung; ist er kleiner Null, dann liegt die reverse Weibull-Verteilung vor. Bei Anwendung der GEV auf Minima statt auf Maxima empfiehlt COLES (2001) die Nutzung der GEV für negativ gesetzte Stichprobenwerte, was identisch ist mit der Anwendung der Weibull-Verteilung (WEI) auf die Originalwerte. Den GUM- und GEV-Verteilungen entsprechen bei der Verwendung von partiellen Serien die zweiparametrische Exponential-Verteilung (EXP) und dreiparametrische Generalisierte Pareto-Verteilung (GPA) (COLES, 2001). Bezogen auf die hier betrachteten Kenngrößen handelt es sich mit Ausnahme der sumD- und sumV-Größen stets um Extremwerte. Vor diesem Hintergrund empfiehlt das Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abfall und Abwasser, DWA-M 541 (DWA, 2022), bei Jahresserien bezogen auf die NMxQ-Variablen die Verwendung von WEI und bezogen auf maxD und maxV die GEV. Für sumD und sumV wird keine bestimmte Verteilungsfunktion empfohlen, so dass die Verwendung von Anpassungstests angezeigt sein kann.

Bei den Unterschreitungsdauern sumD und maxD sollte beachtet werden, dass es sich in der Regel um nach oben durch eine Dauer von 365 Tagen begrenzte Variablen handelt, die insofern bei Normierung durch 365 als Werte zwischen 0 und 1 betrachtet werden können. Auch sumV und maxV haben, wenn auch weniger eindeutig, einen vom Schwellenwert abhängigen festen oberen Grenzwert. Damit ist auch die zweiparametrische Beta-Verteilung (BE) (JOHNSON et al., 1995) ein möglicher Kandidat als theoretische Verteilung, weil diese der Abbildung von Verhältniswerten dient und dabei sehr flexibel anzupassen ist. Die Dichtefunktion  $f(x)$  der Beta-Verteilung mit den beiden Parametern  $p > 0$  und  $q > 0$  und der Gammafunktion  $\Gamma$  lautet

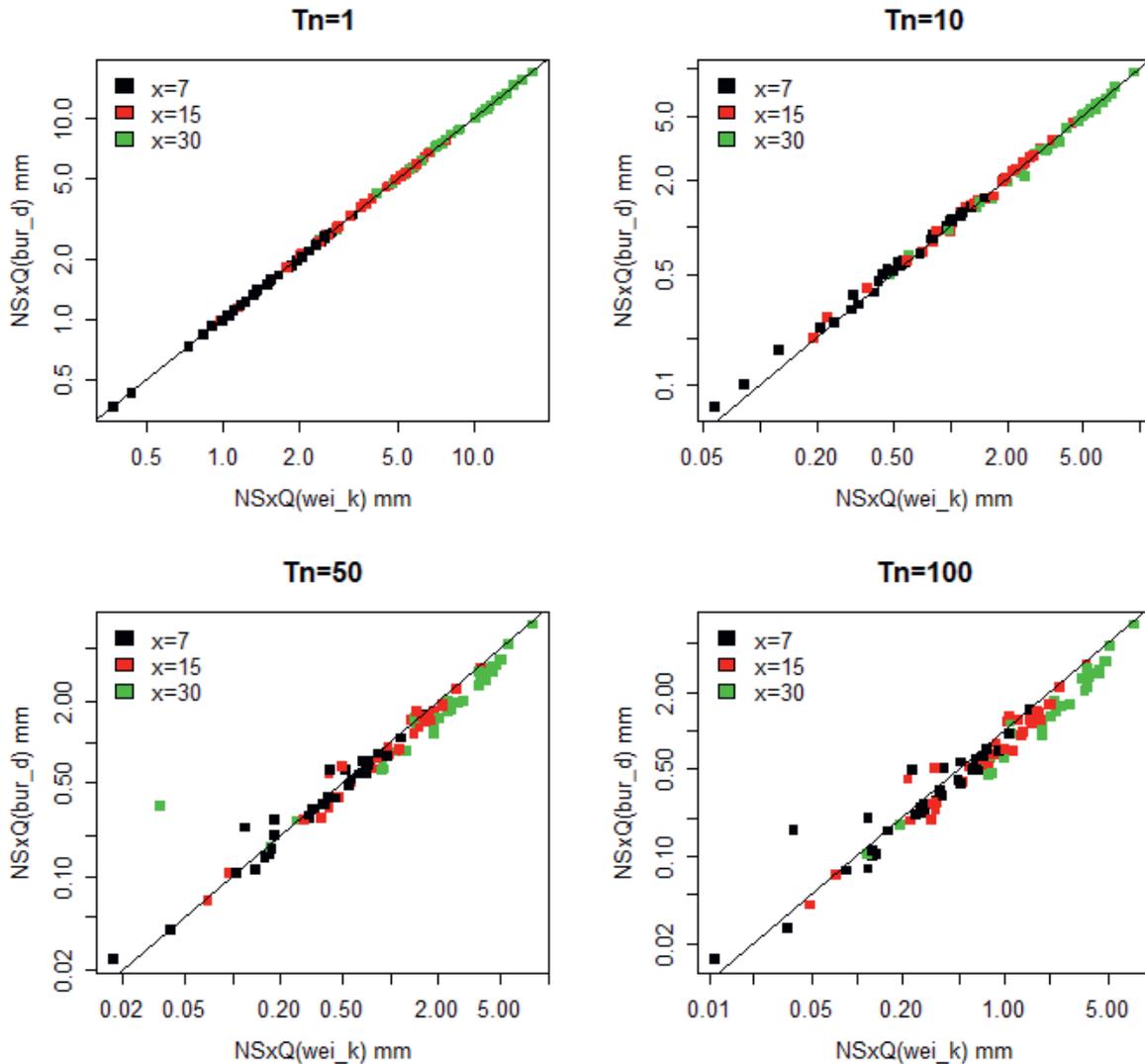
$$f(x) = \frac{\Gamma(p + q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} x^{p-1}(1 - x)^{q-1}$$

Zu beachten ist des Weiteren, dass insbesondere bei den Variablen zur Erfassung von Unterschreitungsdauern und -defiziten je nach Pegel und Serie Nullwerte auftreten können, die durch Anwendung eines bedingten, aus zwei Komponenten bestehenden Wahrscheinlichkeitsansatzes als eine Verteilungsfunktion  $F(x)$  in der Form  $F(x) = p_0 + (1 - p_0) \cdot G(x)$  erfasst werden sollten (DWA, 2022). Dabei entspricht  $p_0$  dem Anteil von Nullen in der Stichprobe und  $G(x)$  beschreibt die gestutzte Serie, also diejenigen Elemente der Stichprobe, die größer sind als Null. Dieser Ansatz wird auch hier im Fall vorliegender Nullen umgesetzt. Die angepassten Verteilungen kennzeichnet dabei das nachgelagerte Kürzel ZI für „zero-inflated“. Handelt es sich also beispielsweise um die Beta-Verteilung (BE), dann wird diese mit der Bezeichnung „BEZI“ abgekürzt.

Vor den geschilderten Hintergründen wird hier für die Beschreibung der NMxQ-Variablen die Weibull-Verteilung (WEI) zugrunde gelegt. Für die Variablen maxD und maxV sowie sumD und sumV erfolgte die Wahl der Verteilungsfunktion anhand der Anpassungstests nach Kolmogoroff-Smirnov (ks), Cramer-von-Mises (cvm) und Anderson-Darling (ad) sowie anhand des Informationskriteriums AIC (Akaike Information Criterion). Bei letzterem fließt die Anzahl der zu schätzenden Parameter als „Strafterm“ ein, um Überparametrisierungen zu verhindern. Als hilfreich erweisen sich auch Momente-Diagramme auf der Grundlage von CULLEN & FREY (1999) sowie L-Momente-Quotienten-Diagramme nach HOSKING & WALLIS (1997). Diese Studie betrachtete die möglichen Verteilungen Beta, Gamma, Verallgemeinerte Extremwert, Generalisierte Logistische, Generalisierte Pareto, Gumbel, Logarithmische Normal, Normal, Logistische, Pearson3 sowie Weibull. Im Ergebnis wurde hier schließlich die Beta-Verteilung für alle vier Kennwerte maxD und maxV sowie sumD und sumV gewählt.

### 3.3 Dauerübergreifende Wahrscheinlichkeitsanalyse für die Niedrigwasserkennwerte NMxQ

Als zusätzliches Verfahren zur wahrscheinlichkeitsanalytischen Behandlung der NMxQ wird ein Verfahren angewendet, das der von KOUTSOYIANNIS et al. (1998) eingeführten extremwertstatistischen Behandlung von Starkniederschlägen entlehnt ist. Dort werden zunächst die Serienwerte von Starkniederschlagsintensitäten  $i_{D,j}$  der Dauerstufen  $D = \dots, k$  und der Jahre  $j = 1, \dots, n$  anhand einer von der Dauerstufe abhängigen und über die Parameter  $\theta$  und  $\eta$  gesteuerten Funktion  $b_{D,j}$  zu einer dauerstufenübergreifend homogenen Gesamtstichprobe  $y_{D,j}$  überführt, d. h.  $y_{D,j} = i_{D,j} \cdot b_{D,j}$



**Abbildung 1**

Vergleich der ermittelten Quantile der Jährlichkeiten  $T_n = \{1, 10, 50, 100\}$  für 34 sächsische Pegel: Die Schätzung wurde klassisch-dauerspezifisch mittels Weibull-Verteilung (Abzisse) und dauerübergreifend mittels Burr-Verteilung (Ordinate) ermittelt.  
 Comparison of estimated quantiles of the return periods  $T_n = \{1, 10, 50, 100\}$  for 34 gauges in Saxony. The estimation was made both classical-duration-specific with Weibull distribution (abscissa) and cross-duration-specific with Burr distribution (ordinate).

mit  $b_D = (D + \theta)^\eta$ . Die Schätzung von  $\theta$  und  $\eta$  erfolgt mit dem von KOUTSOYIANNIS et al. (1998) vorgeschlagenen Parameterschätzverfahren, indem die Teststatistik des Kruskal-Wallis-Tests auf dauerstufenübergreifende Gesamtstichprobenhomogenität minimiert wird. Die so erhaltene homogene Gesamtstichprobe wird dann durch eine geeignete, mittels der L-Momenten-Methode anzupassende Wahrscheinlichkeitsverteilung erfasst. Handelt es sich dabei beispielsweise um eine dreiparametrische Verteilung, dann sind somit insgesamt fünf Parameter (inklusive  $\theta$  und  $\eta$ ) zu schätzen.

Das dargestellte Verfahren ist auf die extremwertstatistische Behandlung von  $NMxQ$  übertragbar, indem die Extremwertverteilung nicht getrennt für  $x = 7, 15$  und  $30$  Tage angepasst wird, sondern übergreifend über alle interessierenden  $x$ . Dazu werden die  $NMxQ$ -Serien hier mit dem Ziel einer auch pegelübergreifenden Vergleichbarkeit der Ergebnisse zunächst in mm mit Bezug auf die entsprechende Zeitperiode von  $x$  Tagen umgerechnet

(nachfolgend  $NSxQ$ ). Liegt man als Wahrscheinlichkeitsverteilung beispielsweise die dreiparametrische Weibull-Verteilung  $WEI$  zugrunde (DWA, 2022), dann werden auch dabei insgesamt fünf Parameter geschätzt, anstelle von je drei Parametern für jede Dauer  $x$  beim klassischen Ansatz.

Grundsätzlich hat der Ansatz einige Vorteile gegenüber der herkömmlichen Vorgehensweise:

1. Es ist gewährleistet, dass Quantile gegebener Jährlichkeit bei zunehmendem  $x$  stets zunehmen müssen.
2. Aufgrund des deutlich höheren Stichprobenumfangs ist die Verwendung höherparametrischer Wahrscheinlichkeitsverteilungen möglich, was u. U. zu besseren Anpassungen führt. Die Standardfehler und Konfidenzintervalle nehmen gleichzeitig ab, wobei berücksichtigt werden muss, dass die Serienwerte für verschiedene  $x$  nicht unabhängig voneinander sind.

3. Denkbar ist, dass die Schätzung speziell für  $x = 1$  stabiler ist als bei separater Schätzung, sofern  $x = 1$  bei den betrachteten NMxQ-Serien mit enthalten ist.
4. Daraus folgt, dass die Quantilschätzung nach erfolgter Parameterschätzung für beliebige  $x$  umsetzbar ist, wobei dies innerhalb der  $x$ -Spanne erfolgen sollte, die durch die bei der Schätzung zugrunde gelegten  $x$ -Werte abgedeckt ist. Das heißt, es erfolgt keine Extrapolation in nicht belegte  $x$ -Bereiche.

Dieser letzte Punkt bedeutet auch, dass für ein gegebenes Niedrigwasserjahr diejenige Dauer  $x$  ermittelt werden kann, bei der die zugeordnete Jährlichkeit maximal ist.

Bei den in Sachsen im Rahmen der Untersuchungen umgesetzten Anpassungstests (cvm, ks, ad) und dem Akaike-Informationskriterium zeigte sich, dass sich bei Prüfung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen Weibull, Gamma, Log-Normal, Log-Logistisch und Burr zumeist die Burr-Verteilung in der dreiparametrischen Ausprägung als am geeignetsten erwies. Eine Besonderheit dieser Verteilung ist, dass sie zwei Formparameter enthält, was sie besonders flexibel macht, da sie ein breites Spektrum an Schiefe- und Kurtosis-Bereichen abbilden und eine Stichprobe an beiden Rändern gut erfassen kann. Vorteilhaft ist je nach betrachteter Variable auch, dass die Burr-Verteilung – ähnlich wie die Gamma-Verteilung – ausschließlich positive Werte abbilden kann. Auf diese Weise die Burr-Verteilung im Rahmen hydrologischer Anwendungen eingesetzt haben auch GANORA & LAIO (2015).

Um zu prüfen, ob der dauerübergreifende Ansatz in der Lage ist, die separat für gegebene  $x$  ausgewiesenen Quantilberechnungen in adäquater Weise nachzubilden, werden Quantile der Jährlichkeiten  $T_n = 1$  bis  $T_n = 100$  für alle 34 Pegel zum einen klassisch-dauerspezifisch und zum anderen durch die hier eingeführte, dauerübergreifende Methode ermittelt und miteinander verglichen (Abbildung 1). Es ist zu erkennen, dass die klassisch und die übergreifend ermittelten Quantile bei kleinen Jährlichkeiten generell sehr ähnlich und auch bei hohen Jährlichkeiten oft vergleichbar sind, wobei bezogen auf einige Pegel bei den hohen Jährlichkeiten auch deutliche Unterschiede auftreten. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit die dauerübergreifende Methode speziell die Quantile hoher Jährlichkeit zuverlässig und möglicherweise auch zuverlässiger als die dauerspezifische Methode abbilden kann. Dafür spräche insbesondere der erheblich erhöhte Stichprobenumfang, dagegen könnte sprechen, dass die über  $b_D$  angenommene Art der Abhängigkeit von der Dauer  $x$  unter Umständen zu restriktiv ist. Eine abschließende Beurteilung dieser Frage würde umfangreichere Untersuchungen voraussetzen.

In der doppellogarithmischen Darstellung in Abbildung 1 fehlen bezogen auf die Jährlichkeit  $T_n = 50$  zwei und bezogen auf  $T_n = 100$  drei Werte, weil die entsprechenden, dauerspezifisch mit Weibull abgeleiteten Quantile negative Vorzeichen aufweisen. Dies ist mathematisch bei Verwendung der Weibull-Verteilung nicht generell auszuschließen, wenn auch physikalisch nicht sinnvoll. Bei der beim dauerübergreifenden Ansatz verwendeten Burr-Verteilung sind negative Quantile grundsätzlich ausgeschlossen.

Insgesamt ist festzustellen, dass dieser Ansatz, der bisher in der Literatur in Bezug auf Niedrigwasseranalysen nicht beschrieben

wurde, eine gangbare Möglichkeit aufzeigt, NMxQ dauerübergreifend abzuleiten. Damit kommen insbesondere bei kleineren Stichprobenumfängen die oben dargestellten Vorteile gegenüber dem klassischen Verfahren zum Tragen.

### 3.4 Mehrdimensionale Wahrscheinlichkeitsanalyse

Um die Mehrdimensionalität der Niedrigwasserereignisse hinsichtlich Dauer und Intensität zu erfassen, wurde eine zweidimensionale Wahrscheinlichkeitsanalyse für die bivariate partielle Serie von  $\max D$  und  $\max V$  durchgeführt. Die nichtlineare Abhängigkeitsstruktur zwischen der Unterschreitungsdauer und dem Abflussdefizit (VAN LANEN et al., 2013; VAN LOON et al., 2014; VAN LOON & LAAHA, 2015) lässt sich mit Hilfe von Copula-Funktionen beschreiben (SALVADORI et al., 2007; MICHELE et al., 2013). Dabei werden zunächst die Randverteilungen  $F(d)$  und  $G(v)$  der beiden untersuchten Variablen erfasst, hier anhand der Generalisierten Pareto-Verteilung, und dann mittels der Copula-Funktion  $C: [0,1]^2 \rightarrow [0,1]$  die gemeinsame Verteilungsfunktion  $H(d,v) = C\{F(d), G(v)\}$  betrachtet.

Bei dieser bivariaten Betrachtung von Dauer und Defizitvolumen sind zwei relevante Fälle zu unterscheiden (SALVADORI et al., 2007): Das festgelegte Grenzwertpaar  $(d, v)$  wird entweder von beiden oder von mindestens einem der beiden Kennwerte des Wertepaares  $(D, V)$  überschritten. Den mittels der angepassten Copulas für beide Fälle abgeleiteten Überschreitungswahrscheinlichkeiten (SHIAU et al., 2006) lassen sich dann, unter Beachtung des Verhältnisses der Anzahl der Beobachtungsjahre zur Anzahl der Serienwerte (MANIAK, 2016), Jährlichkeiten zuordnen. Im Ergebnis kann dann zum einen der „Oder“-Fall betrachtet werden, also die Wahrscheinlichkeit dafür angegeben werden, mit der eine bestimmte Dauer oder ein bestimmtes Abflussdefizit erreicht oder überschritten wird. Zum anderen kann auch der „Und“-Fall behandelt werden, also die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sowohl eine bestimmte Dauer als auch ein bestimmtes Abflussdefizit erreicht oder überschritten werden.

Auf eine detaillierte Darstellung des umgesetzten, mehrdimensionalen Verfahrens, z. B. im Hinblick auf Aspekte bei der bivariaten Serienbildung oder auf die Methoden und die Ergebnisse bei der Auswahl geeigneter Copula-Modelle, wird hier verzichtet.

### 3.5 Run-Analyse

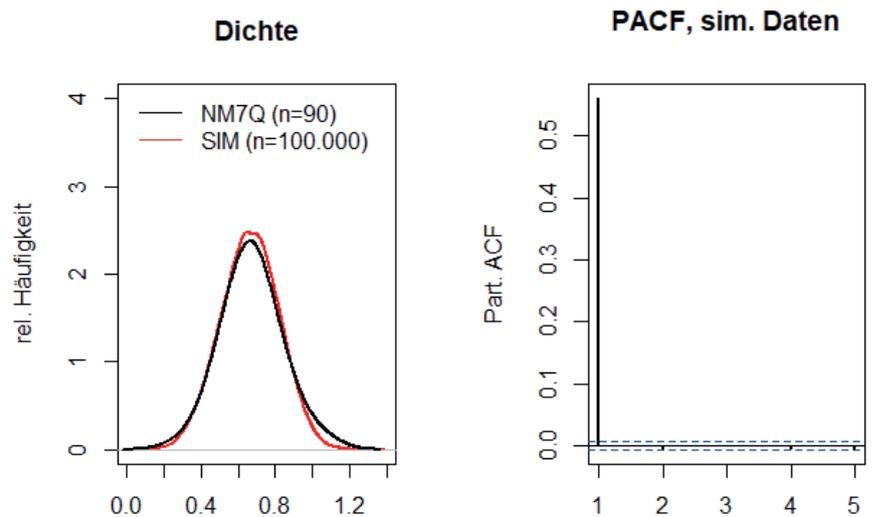
Das Konzept von Runs führte YEVJEVICH (1967) ein, um Dürren objektiviert zu charakterisieren. Ein Run der Länge  $r$  besteht, bezogen auf Jahresserien, aus  $r$  aufeinanderfolgenden Jahren mit Werten einer betrachteten Variable  $X$  oberhalb bzw. unterhalb eines Schwellenwertes  $X_0$ . Zur Präzisierung definiert YEVJEVICH (1972) einen Run als „sequence of observations of the same kind preceded and succeeded by one or more observations of a different kind“. Eine Abfolge von beispielsweise vier aufeinanderfolgenden Schwellenwert-Überschreitungen ist nach dieser Definition ein Run der Länge  $r = 4$ , der aber keine Runs der Längen 1, 2 oder 3 enthält. Davon etwas abweichende Run-Definitionen liefern FELLER (1968) und SCHWAGER (1983).

Einem Run kann eine Jährlichkeit  $T_n$  zugeordnet werden. Dies kann analytisch auf der Grundlage von Markov-Ketten-Ansätzen erfolgen (FERNÁNDEZ & SALAS, 1999; VOLPI et al., 2015) oder – bei hinreichend großen Stichproben – empirisch durch Auszählen.

Hier wird der Weg des Auszählens verfolgt. Um dabei mit dem Problem von eigentlich zu kleinen Stichprobenumfängen umzugehen, wird die dem Auszählen zugrunde gelegte Stichprobe durch Monte-Carlo-Simulation erzeugt, die auf den in Kapitel 3.2 dargestellten und identifizierten Wahrscheinlichkeitsmodellen unter Berücksichtigung von Autokorrelationen aufsetzt. Es werden dazu für jeden Pegel synthetische Jahresserien mit  $n = 100.000$  Stichprobenelementen und mit den wie in Kapitel 3.2 parametrisierten Wahrscheinlichkeitsmodellen inklusive des jeweiligen Autoregressionskoeffizienten erzeugt. Danach wird ausgezählt, wie oft im Mittel gegebene Quantile mit Bezug auf vorgegebene Schwellenwerte in ununterbrochener Abfolge der Länge  $r$  nach Yevjevich-Definition unter- bzw. überschritten werden.

Es ist bekannt, dass sich die Wiederkehrzeiten von Runs der Länge  $r > 1$  umso stärker verringern, je stärker die stochastische Abhängigkeit, also die Autokorrelation ist. Runs einer gegebenen Länge treten also häufiger auf, als dies bei Unabhängigkeit zu erwarten wäre. Bei Runs der Länge  $r = 1$  ergibt sich kein Unterschied in den Jährlichkeiten bei Vorliegen oder Nichtvorliegen von Autokorrelation. Die Jährlichkeit eines Runs der Länge  $r = 1$  ist identisch mit der Jährlichkeit des Quantils.

Das Verfahren wird im Folgenden am Beispiel der 90-jährigen NM7Q-Serie des Pegels Kirnitzschtal/Kirnitzsch erläutert. Die Anpassung der GEV an die negativ gesetzten Werte unter Einbeziehung der Autokorrelation führt zu den vier Parametern  $\text{loc} = -2,203$ ,  $\text{AR1} = 0,562$ ,  $\text{scale} = 0,831$  und  $\text{shape} = -0,253$ , wobei alle vier Parameter hochsignifikant sind: Alle P-Werte bleiben unter 0,001. Der Parameter AR1 mit einem Betrag von 0,562 weist auf die hohe stochastische Abhängigkeit hin. Abbildung 2 zeigt links die relativen Häufigkeitsverteilungen der gemessenen



**Abbildung 2**  
 Vergleich relativer Häufigkeiten gemessener und synthetisch erzeugter NM7Q-Daten (links) sowie PACF der synthetischen Daten (rechts) am Pegel Kirnitzschtal/Kirnitzsch.  
 Comparison of relative frequencies of measured and synthetically generated NM7Q data (left), as well as PACF of the synthetic data (right) at the Kirnitzschtal/Kirnitzsch gauge.

senen NM7Q-Werte und der 100.000 synthetisch erzeugten Daten, umgesetzt als Kerndichte-Plots, und rechts die partielle Autokorrelationsfunktion (PACF) der synthetisch erzeugten Daten.

Beide Teilabbildungen weisen aus, dass die synthetischen Daten die Eigenschaften der gemessenen NM7Q sehr zufriedenstellend nachbilden. Die PACF weist auf dem ersten Lag eine Abhängigkeit in den synthetischen Daten aus, die dem Parameter AR1 der Messwerte und damit der in den Originaldaten auftretenden Autokorrelation sehr ähnlich ist. Auf der Grundlage der synthetischen Daten lassen sich nun alle interessierenden Kennwerte durch einfaches Auszählen der Runs und darauf aufsetzender Ermittlung ihrer mittleren Auftretenshäufigkeiten ableiten. Das Ergebnis zeigt Tabelle 1.

<b>Tabelle 1</b> Ausgewählte Run-Jährlichkeiten für die NM7Q-Serie des Pegels Kirnitzschtal/Kirnitzsch. Selected return periods of runs for NM7Q series of the Kirnitzschtal/Kirnitzsch gauge.								
p	Q <sub>E</sub>	Q <sub>T</sub>	T_R1	T_R2	T_R3	T_R1u	T_R2u	T_R3u
0,80	0,53	0,54	5,0	20	43	5	30	155
0,90	0,46	0,47	10,0	44	121	10	110	1.110
0,98	0,34	0,37	49,9	324	1.402	50	2.550	127.550
0,99	0,30	0,34	99,8	768	4.820	100	10.100	1.010.100

Dabei bedeuten:

- p: Unterschreitungswahrscheinlichkeit. Aufgrund des Negativsetzens der NM7Q erfolgt die Ablese der Quantile auf der rechten Seite der Verteilung, daher wird hier die Unter- und nicht die Überschreitungswahrscheinlichkeit betrachtet. Bei den Quantilen Q<sub>E</sub> und Q<sub>T</sub> in den Spalten 2 und 3 wird das negative Vorzeichen weggelassen.
- Q<sub>E</sub>: empirisches Quantil [m<sup>3</sup>/s]
- Q<sub>T</sub>: theoretisches Quantil, ermittelt aus Anpassung der GEV [m<sup>3</sup>/s]
- T\_R<r>: Wiederkehrzeit für Run der Länge r unter Berücksichtigung der Autokorrelation [a]
- T\_R<r>u: Wiederkehrzeit für Run der Länge r bei Unabhängigkeitsannahme [a].

Die Daten weisen damit beispielsweise das Folgende aus: Bei einer Unterschreitungswahrscheinlichkeit von  $p = 0,9$  ergibt sich am Pegel Kirnitzschtal/Kirnitzsch ein NM7Q von  $QE = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$  (empirisches Quantil) bzw.  $QT = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}$  (theoretisches Quantil). Dieser Unterschreitungswahrscheinlichkeit entspricht eine Jährlichkeit von  $T_{R1} = 10$  Jahren, ermittelt durch Auszählen innerhalb der Stichprobe mit  $n = 100.000$ . Dies ist identisch mit der Jährlichkeit eines Runs der Länge  $r = 1$  und entspricht auch genau der üblichen, theoretischen Definition der Jährlichkeit in der Form  $1/(1-p)$ . Einem Run der Länge  $r = 2$  ist die Jährlichkeit  $T_{R2} = 44,59$  a zugeordnet, d. h. im Mittel wiederholt sich alle 45 Jahre eine Situation, bei der zwei Jahre hintereinander der NM7Q-Abfluss am Pegel Kirnitzschtal/Kirnitzsch einen Wert von  $0,46 \text{ m}^3/\text{s}$  nicht überschreitet. Die Jährlichkeit dafür, dass dieser Wert drei Jahre hintereinander nicht überschritten wird, beträgt  $T_{R3} = 121$  a. Hätte die Berechnung fälschlicherweise die in den NM7Q vorhandene Autokorrelation nicht berücksichtigt, dann hätten sich für Runs der Längen von zwei und drei Jahren deutlich höhere Jährlichkeiten ergeben, nämlich  $T_{R2u} = 110$  a für zwei und  $T_{R3u} = 1.110$  a für drei aufeinanderfolgende Jahre der Unterschreitung von  $0,46 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Stochastische Abhängigkeiten in sächsischen Niedrigwasserkennwerte-Serien

Die partielle Autokorrelation PACF wird für jede Serie der 34 bzw. 17 Pegel und beide Referenzzeiträume – 30 Jahre sowie 90 Jahre – berechnet. Dabei zeigt sich, dass im Hinblick auf Kurzzeitautokorrelationen fast ausschließlich AR-Prozesse mit der maximalen Ordnung  $p = 1$  vorliegen. Eine Ausnahme bilden drei Pegelseries beim langen Referenzzeitraum mit  $p = 2$ . Tabelle 2 fasst den Anteil an Pegeln mit signifikantem Autoregressionskoeffizienten und die Primärstatistik dieser Koeffizienten für den kurzen Referenzzeitraum zusammen.

Insgesamt ist festzustellen, dass an einem Großteil der Pegel-Serien in Sachsen signifikante AR(1)-Prozesse vorliegen – ca. 60 % bei NMxQ und sumV und ca. 30 % bei sumD, maxD und maxV – welche zudem häufig durch sehr hohe Autoregressionskoeffizienten  $> 0,5$  gekennzeichnet sind. Dies stellt eine Verletzung der Voraussetzungen der klassischen Wahrscheinlichkeitsanalyse dar, die auf der Annahme stochastischer Unabhängigkeit basiert. Gründe für diese überjährige Erhaltungseigung sind möglicherweise langfristige Beharrungstendenzen von Klimavariablen (COHN & LINS, 2005) und die Trägheit des Füllungszustandes des Grundwasserspeichers. Allerdings zeigten sich hier bei Betrachtungen von Korrelationen zwischen den ermittelten Autoregressionskoeffizienten mit Rückgangskonstanten des langsamen Basisabflusses von Ganglinienanalysen keine klaren Abhängigkeiten.

### 4.2 Ergebnisse zur erweiterten instationären Wahrscheinlichkeitsanalyse

Abbildung 3 veranschaulicht exemplarisch die Anpassung der Weibull-Verteilung an die NM7Q-Serienwerte des Pegels Porschdorf 1/Lachsbad. Die Seriendaten sind trendfrei und weisen keine signifikante Autokorrelation auf. Das Diagramm bezieht sich auf den Zeitraum 1991 bis 2020, so dass insgesamt 30 Serienwerte als Punkte (Plotting-Positions) dargestellt sind, wobei einzelne Punkte aufgrund von Wertegleichheit übereinanderliegen können. Die Parameter der Weibull-Verteilung wurden mit den zwei Schätzverfahren Maximum Likelihood (ML) und L-Momente (LM) geschätzt, abgebildet als durchgezogene schwarze bzw. grüne Linie. Der ML-Konfidenzbereich ist als graue Fläche dargestellt. In der zum Diagramm gehörenden Wertetabelle werden die nach der ML-Methode ermittelten Quantile und deren Konfidenzgrenzen in  $\text{m}^3/\text{s}$  für die Jährlichkeiten  $T_n = 2, 5, 10, 20, 50$  und 100 Jahre angegeben.

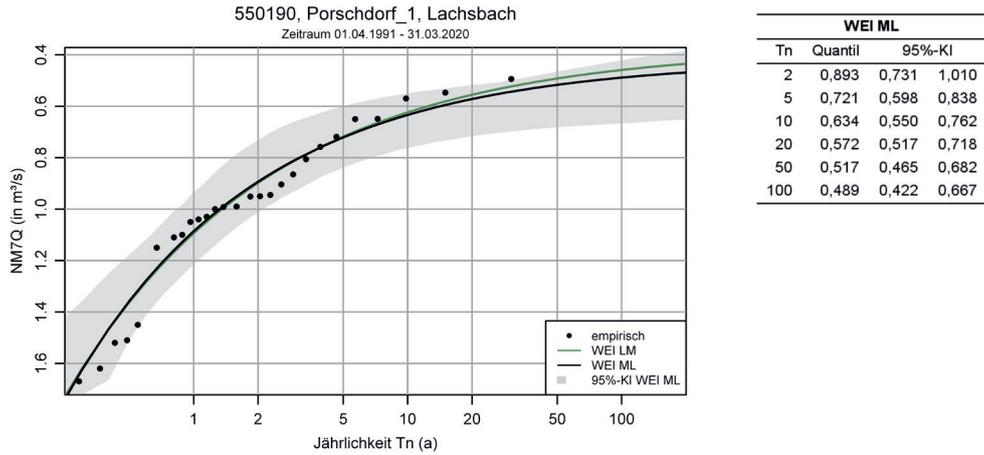
Bei den in Abbildung 4 über den gleichen Zeitraum betrachteten sumV-Serienwerten des Pegels Kleindalzig/Weiße Elster, die auch Nullen enthalten, wurde eine dreiparametrische zero-inflated-Beta-Verteilung (BEZI) angepasst. Da bei dieser Serie eine signifikante AR(1)-Abhängigkeitsstruktur vorliegt, wurde zusätzlich zum klassischen Ansatz ein zweites Modell angepasst, bei dem der Autoregressionsparameter gemeinsam mit den drei anderen Parametern geschätzt wurde, was nur mit der ML-Methode möglich ist. Der Konfidenzbereich ist sowohl für die Schätzung ohne (grau) als auch mit Autoregressionsparameter (hellblau) dargestellt. Es zeigt sich, dass bei unveränderten Quantilen der Konfidenzbereich breiter ist, sofern die in den Daten enthaltene Abhängigkeitsstruktur berücksichtigt wird. Dies ist plausibel, weil bei dem Vorliegen von Autokorrelation der effektive Stichprobenumfang kleiner ist als die Anzahl der Werte in der Stichprobe.

Die in Abbildung 5 dargestellte NM7Q-Serie des Pegels Dohna 1/ Müglitz weist einen negativen Trend im 30-Jahreszeitraum auf. Aus diesem Grund wurde in einer weiteren Anpassung der Trend mit in das wahrscheinlichkeitsanalytische Modell aufgenommen (instationäre Wahrscheinlichkeitsanalyse). Der Trend führt dazu, dass die auf das Jahr 1991 bezogenen Quantile, die im Diagramm als rot gepunktete Linie eingetragen sind, deutlich höhere Werte aufweisen als die auf das Jahr 2020 bezogenen Quantile, die rot gestrichelt und inklusive Konfidenzbereich dargestellt sind. So ändert sich beispielsweise das fünfjährige Quantil, das bei stationärer Betrachtung  $0,198 \text{ m}^3/\text{s}$  umfasst, bei Berücksichtigung der signifikanten Instationarität erheblich von  $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$  mit Bezug zum Jahr 1991 auf  $0,119 \text{ m}^3/\text{s}$  bezogen auf das Jahr 2020.

**Tabelle 2**

Anteil an Pegeln mit signifikantem AR(1)-Prozess und partiellen Lag-1-Autokorrelationskoeffizienten je Serie für den Referenzzeitraum 1991 bis 2020. Proportion of gauges with significant AR(1)-process and partial lag-1 autocorrelation coefficients per series for the short reference period 1991 to 2020.

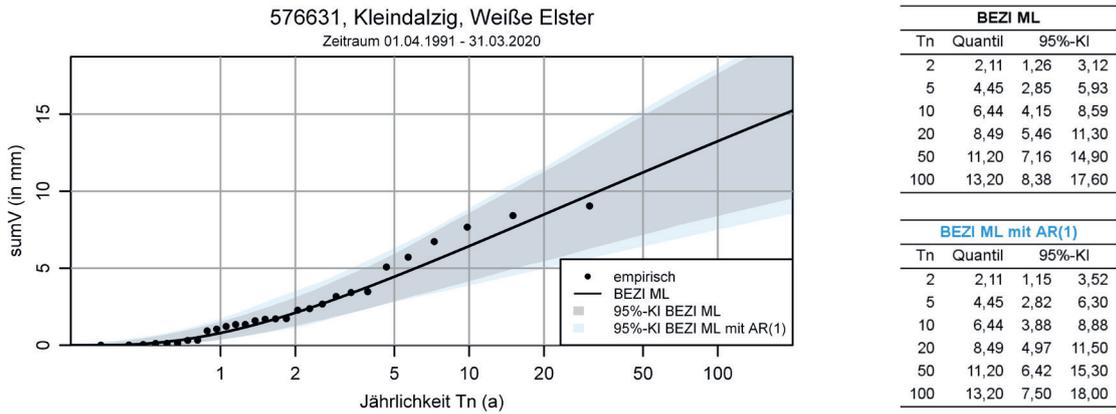
		NM7Q	NM15Q	NM30Q	sumV	sumD	maxD	maxV
Anteil Pegel mit sign. AR		62 %	59 %	53 %	65 %	38 %	24 %	32 %
p (sign. AR(1))	Minimum	0,37	0,37	0,40	0,36	0,37	0,40	0,36
	Median	0,46	0,48	0,47	0,45	0,42	0,45	0,44
	Maximum	0,73	0,73	0,72	0,68	0,64	0,53	0,64



**Abbildung 3**

Wahrscheinlichkeitsdiagramm für die NM7Q-Serie (1991 bis 2020) des Pegels Porschdorf 1/Lachsbach, Parameterschätzung mit Maximum-Likelihood (schwarz) sowie L-Momenten (grün).

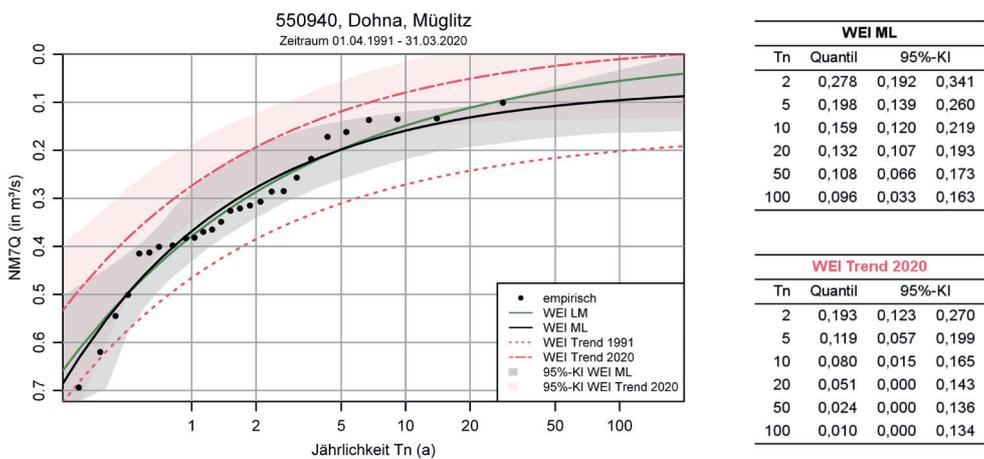
Probability diagram for the NM7Q series (1991 to 2020) of the gauge Porschdorf 1/Lachsbach, parameter estimation with Maximum Likelihood (black) and L-Moments (green).



**Abbildung 4**

Wahrscheinlichkeitsdiagramm für die sumV-Serie (1991 bis 2020) des Pegels Kleindalzig/Weiße Elster, Daten signifikant autokorreliert.

Probability diagram for the sumV series (1991 to 2020) of the gauge Kleindalzig/Weiße Elster. The series is significantly autocorrelated.



**Abbildung 5**

Wahrscheinlichkeitsdiagramm für die NM7Q-Serie (1991 bis 2020) des Pegels Dohna 1/Müglitz, Serienwerte trendbehaftet, Parameterschätzung mit Maximum-Likelihood (schwarz und rot) und L-Momenten (grün).

Probability diagram for the NM7Q series (1991 to 2020) of the gauge Dohna 1/Müglitz, series, which has significant trends. Parameter estimation with maximum likelihood (black and red) and L-moments (green).

Abbildung 6 veranschaulicht den möglichen Einfluss des zugrundeliegenden Betrachtungszeitraumes auf die Ergebnisse exemplarisch anhand der Kenngröße NM30Q für den Pegel Golzern 1/Vereinigte Mulde. Die Art der Darstellung in den beiden Diagrammen in Abbildung 6 entspricht der in Abbildung 3. Das linke Diagramm in Abbildung 6 zeigt die Anpassung der Weibull-Verteilung an eine lange Serie mit 110 Werten vom Beobachtungsbeginn im Jahr 1911 bis zum Jahr 2020, das rechte Diagramm die Anpassung an die kurze Serie mit 30 Werten von 1991 bis 2020. Gut zu erkennen sind die Unterschiede zwischen beiden Diagrammen bezüglich der deutlich schmaleren Breite des Konfidenzbereiches bei der längeren Serie und bezogen auf das Niveau der NM30Q-Quantile. Auf Basis der langen Serie resultieren für gleiche  $T_n$  kleinere NM30Q-Quantile. Abflüssen im Niedrigwasser  $Q \leq MNQ$  (ca.  $14 \text{ m}^3/\text{s}$ ) werden auf Basis der kurzen Reihe höhere Jährlichkeiten zugewiesen als auf Basis der langen Reihe.

Das Ergebnis in Abbildung 6 wurde durch die Untersuchung an vier weiteren Pegeln bestätigt. Es kann als typisch für alle NMxQ-Serien in Sachsen betrachtet werden. Unterschiede bei den Quantilen, die auf Basis einer langen und der kurzen Serie ermittelt wurden, ergaben sich ebenfalls für die Dauer- und Defizitkenngrößen. Auch hier ließen die Ergebnisse vermuten, dass die Niedrigwasserhältnisse auf Basis der kurzen Serie 1991 bis 2020 zu günstig eingeschätzt werden, so dass der für 17 Pegel verfügbare, längere Referenzzeitraum zu realistischeren Quantilen führt. In der nachfolgend dargestellten extremwertstatistischen Einordnung wird in der Regel gleichwohl auf die Analysen des kürzeren Referenzzeitraums Bezug genommen, da diese anhand aller 34 Pegel erfolgen können.

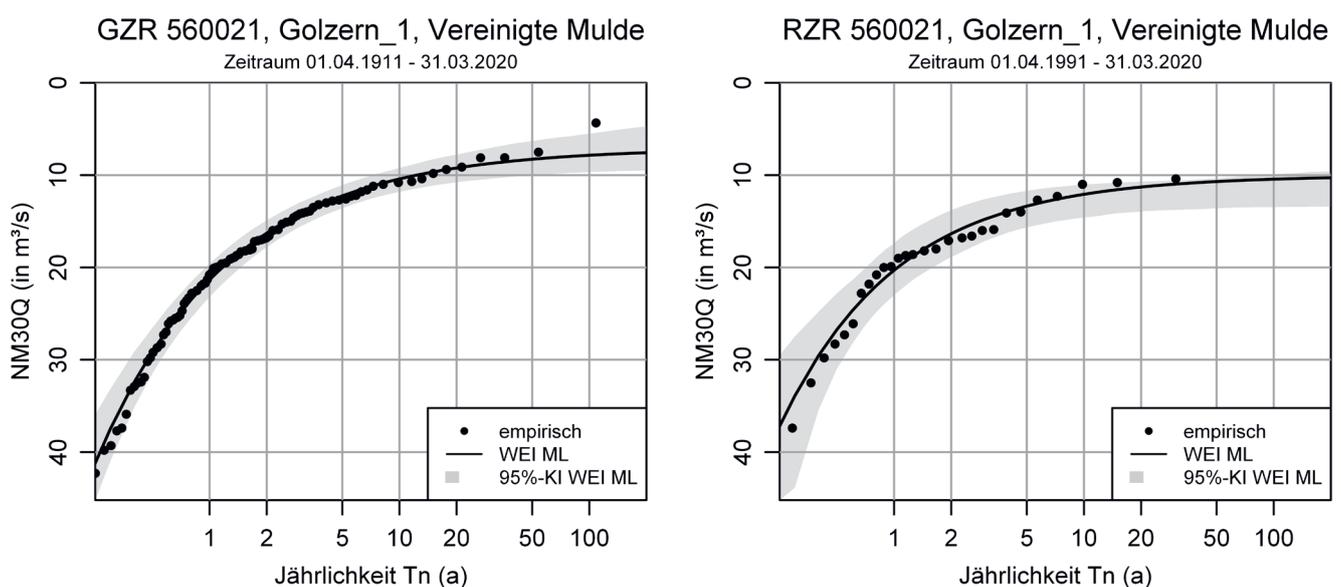
**4.2 Extremwertstatistische Einordnung von Einzeljahren**

Die extremwertstatistische Einordnung der Niedrigwasserperiode 2014 bis 2020 erfolgte zunächst jahresspezifisch. Als Beispiel zeigt Abbildung 7 die Einordnung des Wasserhaushaltsjahrs

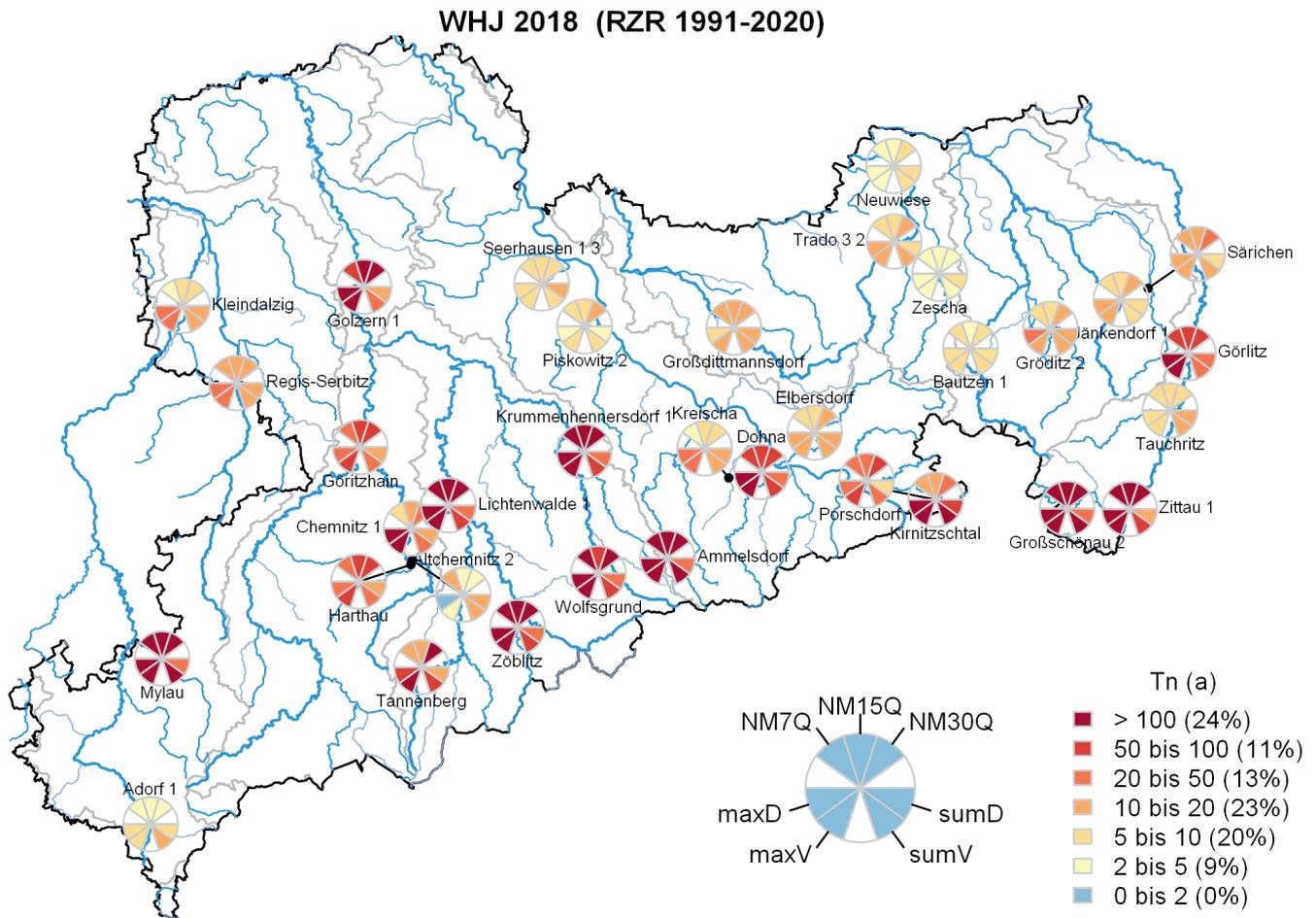
(WHJ) 2018 anhand der Jährlichkeiten an den einzelnen Pegeln in Sachsen in Form einer Übersichtskarte.

Da im Zuge der univariaten Wahrscheinlichkeitsanalyse insgesamt sieben Niedrigwasserkenngößen je Pegel untersucht wurden, sind in Abbildung 7 in den Kreisdiagrammen für jeden der 34 Pegel sieben Jährlichkeitsbereiche angegeben. Zunächst fällt auf, dass die Jährlichkeiten je Pegel für die einzelnen Niedrigwasserkenngößen unterschiedlich sein können, was eine Folge der separaten, also univariaten Analyse der einzelnen Kenngrößen ist. Trotzdem ergibt sich an den meisten Pegeln ein relativ einheitliches Bild über alle sieben Kenngrößen. Daneben werden in Abbildung 7 regionale Unterschiede deutlich. Häufig hatte die Trockenheit 2018 gravierende Auswirkungen auf die Pegelabflüsse vor allem an den Pegeln im Oberlauf der von Süd nach Nord fließenden Gewässer. Dort sind die Jährlichkeiten meistens höher als im Unterlauf. Ausnahmen sind das Flussgebiet der Weißen Elster mit deutlich unterschiedlichen Jährlichkeiten zwischen den Pegeln sowie das Flussgebiet der Mulden mit fast ausnahmslos hohen Jährlichkeiten.

Zum Vergleich der extremwertstatistischen Einordnung der Einzeljahre werden in Abbildung 8 die auf den Referenzzeitraum 1991 bis 2020 bezogenen Jährlichkeiten für die WHJ 2015 bis 2020 für alle Pegel und Kenngrößen dargestellt, wobei unterschiedliche wahrscheinlichkeitsanalytische Methoden zusammengefasst wurden. Die Pegel sind dabei nach Flussgebiet von West nach Ost sortiert. VM bedeutet Vereinigte Mulde. Neben den für NMxQ, sumD, sumV, maxD und maxV angewandten univariaten Methoden sind auch der dauerübergreifende Ansatz („NMxQ, x-über.“) sowie der copulabasierte, zweidimensionale Ansatz („maxD & maxV“) miterfasst. Bei dem dauerübergreifenden NMxQ wird dabei die Jährlichkeit für dasjenige x im Bereich zwischen  $x = 7$  und  $x = 30$  zugrunde gelegt, dass zur höchsten Jährlichkeit führt. Dabei wäre bei völliger Gleichförmigkeit von dauerübergreifendem und dauerspezifischem Verfahren zu



**Abbildung 6** Wahrscheinlichkeitsdiagramme für unterschiedlich lange NM30Q-Serien des Pegels Golzern 1/Vereinigte Mulde. Probability plots for NM30Q series of different lengths of Golzern 1/Vereinigte Mulde.



**Abbildung 7**  
 Jährlichkeiten  $T_n$  von Niedrigwasserkenngrößen für das Wasserhaushaltsjahr 2018 an 34 Pegeln in Sachsen, bezogen auf den Referenzzeitraum 1991 bis 2020.  
*Return periods  $T_n$  of low flow parameters for the water year 2018 at 34 gauging stations in Saxony, related to the reference period 1991 to 2020.*

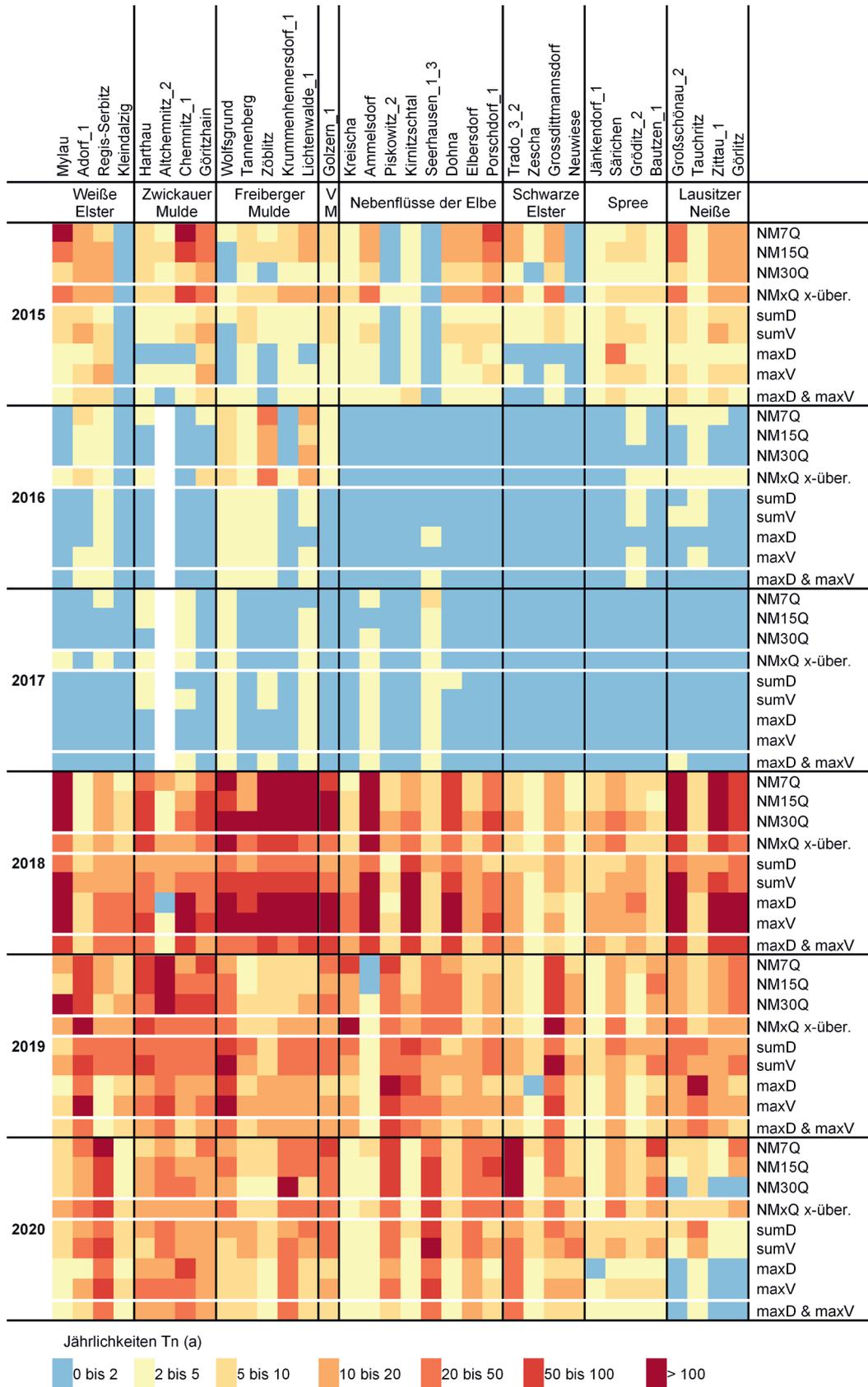
erwarten, dass die übergreifend abgeleitete Jährlichkeit nie niedriger ist, als die größte der dauerspezifisch ausgewiesenen Jährlichkeiten. Aufgrund der Unterschiede in den Ansätzen ist dies speziell bei sehr hohen Jährlichkeiten nicht immer der Fall, wie in Kapitel 3.3 dargestellt.

Der copulabasierte Ansatz bezieht sich auf den weniger extremen ODER-Fall, also die Überschreitung nur eines der beiden Merkmale. Das kaufmännische „und“ im verwendeten Bezeichner „maxD & maxV“ bezieht sich hier auf die gemeinsame Betrachtung der beiden Variablen.

Abbildung 8 veranschaulicht die unterschiedliche Ausprägung von Niedrigwasser in den WHJ 2015 bis 2020, die – gemessen an der Jährlichkeit – in den Jahren 2018 bis 2020 deutlich intensiver war als in den drei Jahren davor. Selbst in dem als Trockenjahr geltenden WHJ 2015 bleiben die Jährlichkeiten in der Regel hinter denen der WHJ 2018 bis 2020 zurück. Innerhalb dieser drei Jahre ragt das WHJ 2018 heraus. Hier werden die höchsten Jährlichkeiten  $T_n > 100$  a in den Flussgebieten Freiburger Mulde, Vereinigte Mulde (VM) und Lausitzer Neiße nicht nur vereinzelt, sondern an allen bzw. an den meisten Pegeln über fast alle Kenngrößen erreicht. In den anderen Flussgebieten werden derart

hohe Jährlichkeiten – wenn überhaupt – nur für einzelne Pegel ausgewiesen. In der Regel sind hier die Jährlichkeiten deutlich geringer. Außerdem sind in den Flussgebieten Weiße Elster, Zwickauer Mulde, Nebenflüsse der Elbe, Schwarze Elster und Spree die Unterschiede bei den Jährlichkeiten zwischen den WHJ 2018, 2019 und 2020 in der Regel weit weniger ausgeprägt. Im Flussgebiet der Schwarzen Elster sind die ermittelten Jährlichkeiten für die WHJ 2019 und 2020 durchschnittlich höher als im WHJ 2018.

Die in Abbildung 8 dargestellten Jährlichkeiten für die WHJ 2015 bis 2020 wurden außerdem mit den Jährlichkeiten, die für historische Niedrigwasserjahre ab 1934 ermittelt wurden, verglichen, dieser Schritt ist hier aber nicht dargestellt. Im Ergebnis dieses zusätzlichen Vergleiches auf Basis von Einzeljahren fällt auf, dass insbesondere das WHJ 2018 auch im historischen Kontext eines der markantesten Trockenjahre darstellt. Jährlichkeiten in vergleichbarer Größenordnung, in denen oft  $T_n > 100$  a gilt, zeigen sich gleichwohl in den WHJ 1934 und 1962 bis 1964 bezogen auf  $NM_xQ$  und bezogen auf die Unterschreitungsdauern und Defizite auch im Jahr 1976. Die dünnere Datenlage in den frühen Jahren erschwert allerdings die Interpretation. Weniger ausgeprägt waren dagegen die Niedrigwasserphasen in den Jahren 1991 bis 1993 sowie 2003 bis 2004.



**Abbildung 8**  
 Vergleich der Jährlichkeiten Tn von Niedrigwasserkenngößen für die Wasserhaushaltsjahre 2015 bis 2020 an 34 Pegeln, bezogen auf den Referenzzeitraum 1991 bis 2020.  
 Comparison of the return periods Tn of low flow parameters for the water years 2015 to 2020 at 34 gauging stations, related to the reference period 1991 to 2020.

### 4.3 Extremwertstatistische Einordnung von mehrjährigen Niedrigwasserphasen (Runs)

Im Anschluss an die Analyse von Einzeljahren wurde die Frage untersucht, wie die zeitliche Aufeinanderfolge von zum Teil extremen Trockenjahren extremwertstatistisch zu bewerten und einzuordnen ist. Dafür wurde das Run-Konzept auf der Grundlage von 100.000 synthetischen Jahren, die pegelbezogen mit den jeweils parametrisierten Wahrscheinlichkeitsmodellen unter Berücksichtigung der jeweiligen Autokorrelationsstruktur erzeugt wurden, angewendet. Der relativ große Stichprobenumfang macht es möglich, dass für Runs bis zu einer Länge von  $r = 3$  Jahren im Prinzip beliebige Kombinationen aufeinanderfolgender Niedrigwassersituationen im Hinblick auf die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten und Wiederkehrzeiten ausgewertet werden können. Auf dieser Grundlage ist es auch möglich, den real aufgetretenen Niedrigwassersituationen Run-Jährlichkeiten zuzuordnen. Für die Ermittlung von Jährlichkeiten für Runs mit  $r > 3$  müsste der Umfang der synthetischen Stichproben deutlich höher als  $n = 100.000$  sein.

Beispielhaft zeigt Abbildung 9 anhand der Kenngrößen  $NM_{xQ}$  das Ergebnis für vier verschiedene Runs, z. B. erster Run 2013 bis 2015, letzter Run 2018 bis 2020, mit der Länge von jeweils  $r = 3$  Jahren für alle 34 Pegel und die Serien  $NM_{7Q}$ ,  $NM_{15Q}$  und  $NM_{30Q}$ .

Von den vier in Abbildung 9 ausgewerteten Runs mit der Länge  $r = 3$  Jahre werden für den Run-Zeitraum 2018 bis 2020 die

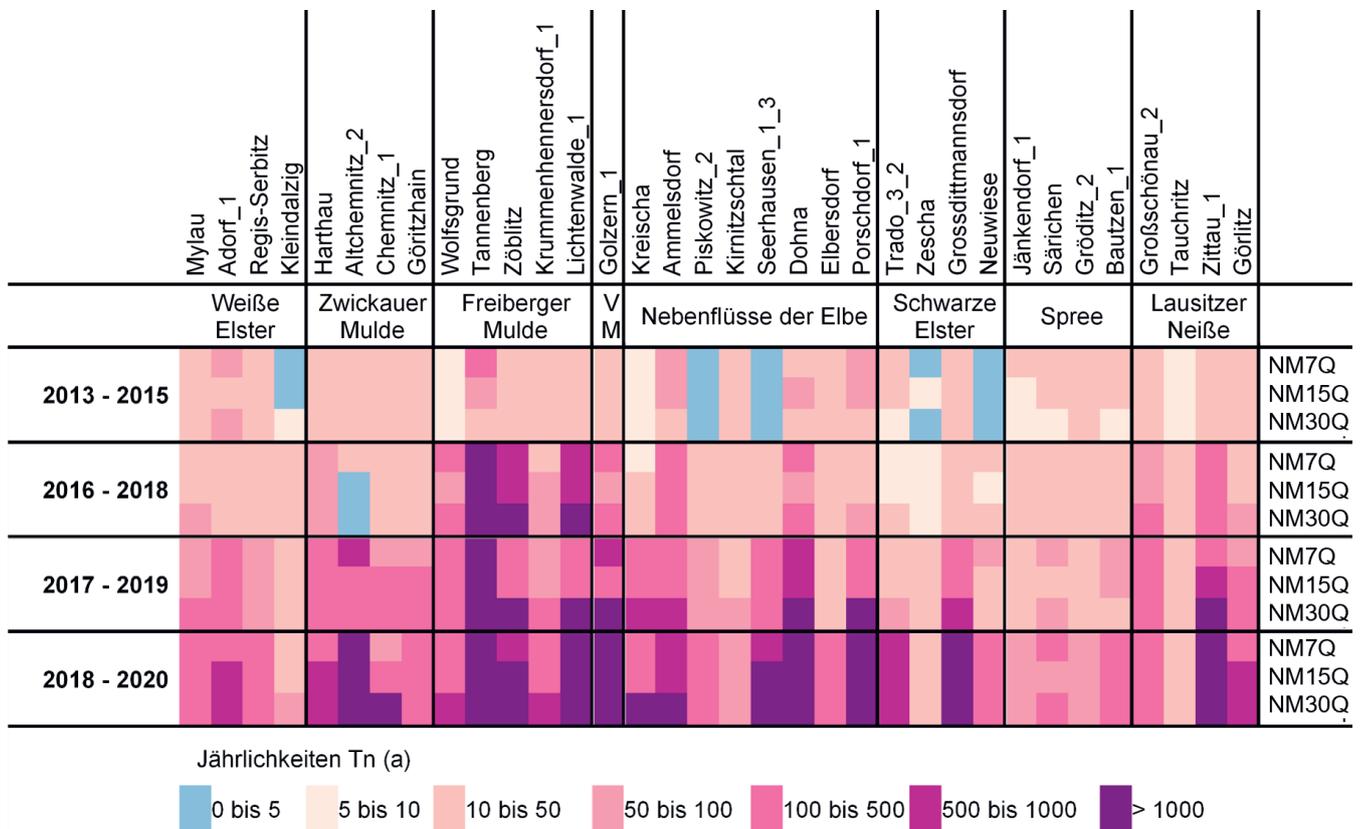
höchsten Jährlichkeiten ausgewiesen. Die für diese Niedrigwasserphase mit drei aufeinanderfolgenden, zum Teil extremen Niedrigwasserjahren berechneten Jährlichkeiten sind höher und oftmals sogar deutlich höher als für das jeweils extremste Einzeljahr. Mit Ausnahme der Flussgebiete Weiße Elster und Spree werden in allen anderen Flussgebieten für einzelne Pegel Jährlichkeiten von  $T_n > 1.000$  a für den Run-Zeitraum 2018 bis 2020 ausgewiesen.

### 5 Schlussfolgerungen

Im Ergebnis der vorgenommenen statistischen Analysen von Niedrigwasserkenngößen, die anhand von beobachteten Abflüssen an 34 sächsischen Pegeln abgeleitet wurden, lassen sich hinsichtlich der statistischen Einordnung von einzelnen Niedrigwasserjahren oder mehrjährigen Niedrigwasserphasen zwischen 2014 und 2020 die folgenden Schlussfolgerungen ziehen.

Erstens hängen die für einzelne Jahre ermittelten Jährlichkeiten von der jeweils zugrunde gelegten Reihenlänge ab. Sie sind für die kurze Bezugsreihe 1991 bis 2020 in der Regel höher als für die lange Reihe 1931 bis 2020, die allerdings nur von 17 der 34 Pegel abgedeckt wird. Deshalb ist bei der Angabe von Jährlichkeiten auch immer die Bezugsreihe anzugeben, anhand derer die statistische Einordnung erfolgt.

Zweitens lassen die auf Basis der kurzen Bezugsreihe 1991 bis 2020 an allen 34 Pegeln für einzelne Jahre ermittelten Jährlich-



**Abbildung 9**  
 Jährlichkeiten  $T_n$  von 3-jährigen Runs der Kenngrößen  $NM_{xQ}$ , bezogen auf den Referenzzeitraum 1991 bis 2020.  
 Return periods  $T_n$  of 3-year runs of  $NM_{xQ}$ , related to the reference period 1991 to 2020.

keiten deutliche Unterschiede erkennen. Am höchsten sind sie für die Jahre 2018, 2019 und 2020. Innerhalb dieser drei Jahre ragt das Jahr 2018 heraus. Hier werden die höchsten Jährlichkeiten  $T_n > 100$  a in den Flussgebieten Freiburger Mulde, Vereinigte Mulde und Lausitzer Neiße nicht nur vereinzelt, sondern an allen bzw. an den meisten Pegeln über fast alle Kenngrößen erreicht.

Drittens ist auch im historischen Kontext das Jahr 2018 eines der markantesten Trockenjahre. Gleichwohl werden auch für die historischen Niedrigwasserjahre 1934, 1962, 1963, 1964 und 1976 teilweise ähnlich hohe Jährlichkeiten berechnet. Die dünnere Datenlage in diesen Jahren erschwert allerdings die Interpretation.

Schließlich erweist sich im Ergebnis der statistischen Einordnung mehrjähriger Zeiträume die Aufeinanderfolge der drei Jahre 2018, 2019 und 2020 als ein außergewöhnliches mehrjähriges Niedrigwasserereignis, insbesondere in den Flussgebieten Freiburger Mulde, Vereinigte Mulde und Nebenflüsse der Elbe, dem auf der Grundlage der erläuterten Run-Methode Jährlichkeiten von zum Teil deutlich über 1.000 Jahren zugeordnet werden.

Methodisch baut die Studie auf dem DWA-Merkblatt M-541 auf (DWA, 2022) und entwickelt dabei einige Neuerungen. Zunächst ist dabei die Berücksichtigung von Autokorrelation und Trend zu nennen. Niedrigwasser-Serien sind häufig autokorreliert, was gängigen Annahmen der klassischen Wahrscheinlichkeitsanalyse widerspricht. Das führt beispielsweise dazu, dass Nullhypothesen, wie z. B. die Abwesenheit von Trends, zu häufig verworfen, Konfidenzbereiche unterschätzt oder Jährlichkeiten für wiederholtes Auftreten extremer Situationen überschätzt werden. Um dies zu vermeiden, sollten Autokorrelationen bei Homogenitätstests, Trendtests und Wahrscheinlichkeitsanalysen und vor allem auch bei Betrachtungen von Runs mitgeführt werden. Jedoch betrachtet diese Studie allein Kurzzeitautokorrelationen, während die in Niedrigwasserserien sehr wahrscheinlich ebenfalls auftretenden, aber schwieriger zu behandelnden Langzeitautokorrelationen nicht in die Berechnungen eingingen, unter anderem aufgrund begrenzter Längen der Abflussreihen.

Eine weitere Neuerung stellt die Verwendung der Beta-Verteilung für die sumD-, sumV-, maxD- und maxV-Jahresserien dar. Insbesondere anhand von Cullen-&Frey-Diagrammen lässt sich erkennen, dass die sehr flexible Beta-Verteilung ein geeigneter alternativer Ansatz zur wahrscheinlichkeitsanalytischen Modellierung dieser vier Variablen ist, wenn sie als Verhältniswerte mit festem oberem Grenzwert behandelt werden.

Darüber hinaus konnte die dauerübergreifende NMxQ-Berechnung zeigen, dass es in vielen Fällen möglich ist, NMxQ-Serien dauerübergreifend mit einem aus der Starkniederschlagsstatistik entlehnten Ansatz zu modellieren. Dies hat insbesondere bei kleineren Stichproben verschiedene Vorteile, zum Beispiel im Hinblick auf eindeutige Ordnungsrelationen mit ansteigendem  $x$ , Anwendbarkeit auf beliebige  $x$  sowie Stabilität und schmalere Konfidenzintervalle der Quantile. Allerdings zeigten sich im Vergleich der dauerspezifischen und -übergreifenden NMxQ-Statistiken bei hohen Jährlichkeiten auch Unsicherheiten. Weitere Untersuchungen zum dauerübergreifenden Ansatz sind zu empfehlen, um die Erfahrungen mit diesem im Niedrigwasserkontext innovativen Ansatz auszubauen.

Des Weiteren wurden Copula-basierte zweidimensionale Betrachtungen eingesetzt. Copula-basierte Methoden verbreiten sich zunehmend im Rahmen der statistischen Hydrologie, wobei Anwendungen im Bereich der Niedrigwasseranalyse weniger häufig sind als beispielsweise bei der Hochwasseranalyse. Hier erfolgte die Anwendung im Hinblick auf bivariate partielle Serien zu maxD und maxV.

Und schließlich war auch die Berechnung von Run-Jährlichkeiten unter Berücksichtigung von Autokorrelation eine hier implementierte Neuerung. Ermittlungen von Run-Jährlichkeiten unter Berücksichtigung von Autokorrelationen im Rahmen von Niedrigwasseranalysen finden sich bisher kaum in der Literatur, sind aber zur Einordnung mehrjähriger Trockenphasen ein sehr hilfreiches Instrument.

## Conclusions

As a result of the statistical analysis of low water parameters derived from observed discharges at 34 gauging stations in Saxony, the following conclusions are drawn regarding the statistical classification of individual low water years or multi-year low water phases between 2014 and 2020.

Firstly, the return periods determined for individual years depend on the length of the series used. They are generally higher for the short reference series 1991 to 2020 than for the long series 1931 to 2020, which, however, is covered by only 17 of the 34 gauges. For this reason, the reference series used for the statistical classification must always be indicated when specifying return periods.

Secondly, the return periods determined on the basis of the short reference series 1991 to 2020 at all 34 gauges for individual years show clear differences. They are highest for the years 2018, 2019 and 2020. Within these three years, the year 2018 stands out. Here, the highest return periods of  $T_n > 100$  a in the river basins Freiburger Mulde, Vereinigte Mulde and Lausitzer Neiße are reached not only in isolated cases, but at all or most gauges over almost all parameters.

Thirdly, in the historical context, the year 2018 is one of the most prominent dry years. Nevertheless, similarly high return periods are calculated for the historical low water years 1934, 1962, 1963, 1964 and 1976. However, the thinner data in these years complicates the interpretation.

Finally, as a result of the statistical classification of longer periods than one year, the three years 2018, 2019 and 2020 in succession turn out to be an exceptional multi-year low water event, especially in the river basins Freiburger Mulde, Vereinigte Mulde and tributaries of the Elbe.

Methodologically, the study is based on the DWA leaflet M-541 (DWA, 2022), but it added some innovations.

To begin with, it considers autocorrelation. Low-flow series are often autocorrelated, which contradicts common assumptions in the implementation of statistical low-flow analyses and leads, for example, to the fact that null hypotheses, such as the absence of trends, are too often rejected, confidence intervals are underestimated, or return periods for repeated occurrences of extreme situations are overestimated. To avoid this, autocorrelations should be included in homogeneity tests, probability analyses

and the consideration of runs. It must be noted that only short-term autocorrelations are considered here, while the long-term autocorrelations, which probably also occur in low-water series but are more difficult to handle, are not taken into account.

Furthermore, the beta distribution for the sumD, sumV, maxD and maxV year series was used. In particular, from CULLEN & FREY plots, it can be seen that the very flexible beta distribution is a suitable approach to the probabilistic modeling of the four variables when they are treated as ratios with a fixed upper boundary.

In addition, this study implemented cross-duration NMxQ calculation. As has been shown, it is possible in many cases to model NMxQ series across durations using an approach borrowed from heavy precipitation statistics without a noticeable loss of accuracy. This has several advantages, for example in terms of unique order relations with increasing  $x$ , applicability to arbitrary  $x$  or stability, and narrower confidence intervals of the quantiles. However, the comparison with the duration-specific approach also revealed uncertainties at high return periods. Further studies on the cross-duration method are recommended in order to expand the experience with this new approach.

Additions also included copula-based two-dimensional considerations. Copula-based methods are becoming more widespread in statistical hydrology, although applications to low flow analysis are less common than, for example, flood analysis. Here, the application is in terms of bivariate partial series to maxD and maxV. Both the AND and OR cases are evaluated and compared.

Finally, runs were determined under consideration of autocorrelation. The determination of return periods of runs under consideration of autocorrelation in the context of low flow analyses is hardly found in the literature so far, but is a helpful tool for the classification of multi-year dry spells.

#### Datenverfügbarkeit

Die für die Analyse verwendeten Zeitreihen von Tagesmittelwerten des Durchflusses an Pegeln sind auf dem sächsischen Datenportal iDA (interdisziplinäre Daten und Auswertungen, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/ida/>) frei verfügbar. Datenherr ist das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

#### Anschriften der Verfasser

Dr. Winfried Willems  
Henrike Geiselmann  
Ingenieurhydrologie, Angewandte  
Wasserwirtschaft und Geoinformatik (IAWG)  
Alte Landstr. 12–14, 85521 Ottobrunn  
willems@iawg.de  
geiselmann@iawg.de

Dr. Jörg Walther  
Petra Walther  
Dr. Stefanie Weißbach  
Sächsisches Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie  
Abteilung Wasser, Boden, Kreislaufwirtschaft  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

joerg.walther@smekul.sachsen.de  
petra.walther@smekul.sachsen.de  
stefanie.weissbach@smekul.sachsen.de

#### Literaturverzeichnis

- BOX, G. & G.M. JENKINS (1976): Time series analysis: Forecasting and control. John Wiley & Sons.
- COHN, T.A. & H.F. LINS (2005): Nature's style: Naturally trendy. – *Geophysical Research Letters*, 32, L23402, DOI:10.1029/2005GL024476.
- COLES, S. (2001): Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer Series in Statistics. Springer.
- CULLEN, A.C. & H.C. FREY (1999): Probabilistic techniques in exposure assessment: A handbook for dealing with variability and uncertainty in Models and Inputs. Springer.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) (2022): Merkblatt DWA-M 541 – Statistische Analyse von Niedrigwasserkenngößen.
- FELLER, W. (1968): An introduction to probability theory and its applications: Volume I. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. Wiley.
- FERNÁNDEZ, B. & J. SALAS (1999): Return period and risk of hydrologic events. I: Mathematical formulation. – *Journal of Hydrologic Engineering*, 4, 297–307.
- GANORA, D. & F. LAIO (2015): Hydrological applications of the Burr distribution: a practical method for parameter estimation. Submitted to *Journal of Hydrologic Engineering* (ASCE).
- HOSKING, J.R.M. & J.R. WALLIS (1997): Regional frequency analysis: An approach based on l-moments. Cambridge University Press.
- HURST, H.E. (1951): Long-term storage capacity of reservoirs. – *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116, 770–799.
- JOHNSON, N.L., S. KOTZ & N. BALAKRISHNAN (1995): Continuous univariate distributions – Volume 2. Wiley.
- KOUTSOYIANNIS, D, D. KOZONIS & A. MANETAS (1998): A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. – *Journal of Hydrology*, 206, 118–135, DOI:10.1016/S0022-1694(98)00097-3.
- MANIAK, U. (2016): Hydrologie und Wasserwirtschaft. Springer.
- MICHELE, C. DE, G. SALVADORI, R. VEZZOLI & S. PECORA (2013): Multivariate assessment of droughts: Frequency analysis and dynamic return period. – *Water Resources Research*, 49(10), 6985–6994.
- REHFELD, K., N. MARWAN, J. HEITZIG & J. KURTHS (2011): Comparison of correlation analysis techniques for irregularly sampled time series. – *Nonlinear Processes in Geophysics*, 18(3), 389–404.
- RIGBY, R.A. & D.M. STASINOPOULOS (2005): Generalized additive models for location, scale and shape. – *Applied Statistics*, 54, 507–554.
- SALVADORI, G., C. DE MICHELE, N. KOTTEGODA & R. ROSSE (2007): Extremes in nature: An approach using copulas. *Water Science and Technology Library*, Volume 56. Springer.
- SCHWAGER, S.J. (1983): Run probabilities in sequences of markov-dependent trials. – *Journal of the American Statistical Association*, 78, 168–175.
- SHIAU, J.-T., H.-Y. WANG & C.-T. TSAI (2006): Bivariate frequency analysis of floods using copulas. – *Journal of the American Water Resources Association*, 42(6), 1549–1564.
- VAN LANEN, H.A.J., N. WANDERS, L.M. TALLAKSEN & A.F. VAN LOON (2013): Hydrological drought across the world: Impact of climate and physical catchment structure. – *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(5), 1715–1732.

- VAN LOON, A.F. & G. LAAHA (2015): Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. – *Journal of Hydrology*, 526, 3–14.
- VAN LOON, A. F., E. TIJDEMAN, N. WANDERS, H. A. J. VAN LANEN, A. J. TEULING & R. UIJLENHOET (2014): How climate seasonality modifies drought duration and deficit. – *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(8), 4640–4656.
- VOLPI, E., A. FIORI, S. GRIMALDI, F. LOMBARD. & D. KOUTSOYIANNIS (2015): One hundred years of return period: Strengths and limitations. – *Water Resources Research*, 51(10), 8570–8585.
- YEVJEVICH, V. M. (1967): An objective approach to definitions and investigations of continental hydrological droughts. – *Hydrology Papers*, Colorado State University.
- YEVJEVICH, V. M. (1972): *Stochastic processes in hydrology*. Water Resources Publications.
- ZHU, L., X. LIU & R. LUND (2018): A likelihood for correlated extreme series. – *Environmetrics*. DOI: 10.1002/env.2546.

## Aktuelles

### Premiere: EarthCARE enthüllt innere Geheimnisse der Wolken

Weniger als einen Monat nach seinem Start hat der EarthCARE-Satellit von ESA und JAXA das erste Bild mittels eines seiner Instrumente geliefert – ein Bild, das zum ersten Mal aus dem Weltraum die innere Struktur und Dynamik von Wolken enthüllt. Die vertikalen Bewegungen innerhalb der Wolken konnten bisher noch nicht aus dem Weltraum untersucht werden. Die neue Aufnahme, die das Wolkenprofilradar des Satelliten beim Flug über Japan erstellt hat, gibt einen kleinen Einblick in das volle Potenzial, das das Instrument bieten wird, sobald es vollständig kalibriert ist. Das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) unterstützt diesen Prozess zusammen mit vielen ACTRIS-Partnern in Europa durch Vergleichsmessungen mit Wolkenradaren am Boden.

EarthCARE ist mit vier hochentwickelten Instrumenten ausgestattet, die so konzipiert wurden, dass sie zusammenarbeiten, um neue Erkenntnisse über die Rolle von Wolken und Aerosolen bei der Erwärmung und Abkühlung der Erdatmosphäre zu gewinnen. Die Mission trägt dadurch zu einem besseren Verständnis des Klimawandels bei.

Der EarthCARE-Satellit startete am 29. Mai und hat am 28. Juni das erste Bild des Wolkenprofil-Radargeräts geliefert. In den nächsten Wochen und Monaten werden die ersten Daten der drei europäischen Instrumente des Satelliten erwartet, das sind ein Breitbandradiometer, ein atmosphärisches Lidar und ein multispektraler Bildgeber. Die Forschenden am TROPOS sind auf die Inbetriebnahme dieser Instrumente bereits gespannt, weil sie dafür spezielle Software, sogenannte Prozessoren, entwickelt haben.

Das erste von EarthCARE erstellte Bild zeigt Details der inneren Struktur der Wolkendynamik, die am 13. Juni über dem Ozean östlich von Japan vorlag. Diese von der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA zur Verfügung gestellte Aufnahme ist die erste ihrer Art – ein solcher Informationsgrad ist noch nie aus dem Weltraum gemessen worden. Die Darstellung ist zweigeteilt: Auf der linken Seite zeigen die Daten die vertikale Konzentration von Wolkenpartikeln, gemessen als Radarreflexionsvermögen. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich der dichtere Teil der Wolke in ihrem Zentrum befindet, wo es mehr größere Partikel gibt. Auf der rechten Seite ist die Fallgeschwindigkeit der Wolkenpartikel ersichtlich. Die niedrigen Werte in der oberen Schicht weisen auf Eiskristalle und Schneeflocken hin, die in der Schwebelage sind oder langsam fallen. In der darunter liegenden Schicht deuten die viel höheren Fallgeschwindigkeitswerte auf Regen hin. Beide Teilbereiche des Bildes zeigen eine klare Grenze in etwa 5 km Höhe, wo Eis und Schnee schmelzen und sich Wassertröpfchen bilden, die als Regen fallen.

Das Wolkenprofilradar nutzt seine Doppler-Geschwindigkeit, um die vertikale Bewegungsgeschwindigkeit von Eis, Schnee und Regen zu messen. Diese detaillierten Informationen über die Dichte, die Verteilung nach Größe und die Geschwindigkeit der Partikel ermöglichen es den Wissenschaftlern, die Bestandteile der Wolken zu unterscheiden und so ihre Physik besser

zu verstehen. Konventionell ließen sich diese Daten bisher nur durch Wolkenradar am Boden oder in Flugzeugen gewinnen. Mit diesen Methoden waren Messungen nur für begrenzte Gebiete möglich. Mit dem Wolkenprofilradar an Bord des EarthCARE-Satelliten lässt sich die Wolkenstruktur jedoch gleichmäßig über den gesamten Planeten messen.

Das erste Bild stellt ein außerordentliches erstes Ergebnis für die an der Mission beteiligten Institutionen dar und gibt einen Hinweis, was zukünftig zu erwarten ist, wenn der Satellit und alle seine Instrumente vollständig kalibriert und in Betrieb genommen sind. Das Forscherteam sieht nun den ersten Ergebnissen der anderen Instrumente an Bord von EarthCARE mit Erwartung entgegen. Der Schlüssel zu dieser Mission liegt darin, dass alle Instrumente zusammenarbeiten, um ein ganzheitliches Verständnis der hochkomplexen Wechselwirkungen zwischen Wolken, Aerosolen, einfallender Sonnenstrahlung und ausgehender Wärmestrahlung zu vermitteln, damit künftige Klimatrends besser vorhergesagt werden können.

Eine sorgfältige Validierung der Messungen ist erforderlich, um die ehrgeizigen wissenschaftlichen Ziele der EarthCARE-Mission zu erreichen. Eine große Rolle spielt dabei die europäische Forschungsinfrastruktur ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure). Die ACTRIS-Fernerkundungsstationen sind für diesen Zweck bestens ausgestattet: Die Standardausrüstung, bestehend aus einem Hochleistungs-Lidar und einem Sonnen-Photometer für Aerosolmessungen sowie einem Doppler-Radar und einem Mikrowellenradiometer für Wolkenmessungen, ermöglicht zusammen mit dem Qualitätssicherungskonzept von ACTRIS eine detaillierte Überprüfung aller EarthCARE-Aerosol- und Wolkenprodukte. Arbeitsabläufe für die Beobachtung, die Datenverarbeitung und die Bereitstellung von Daten in nahezu Echtzeit wurden bereits entwickelt und ausgiebig getestet. Im Verlauf des Sommers 2024 ist eine EarthCARE-Validierungskampagne mit über 40 Stationen geplant, die mehrere Monate dauern soll. Daran beteiligt sein werden neben den TROPOS-Stationen in Leipzig (Deutschland), Mindelo (Cabo Verde) und Duschanbe (Tadschikistan) auch viele ACTRIS-Stationen in ganz Europa.

#### Weitere Informationen:

Abteilung Fernerkundung atmosphärischer Prozesse,  
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS), Leipzig  
<https://www.tropos.de/institut/>

*(aus: Pressemitteilung Leibniz-Institut für Troposphärenforschung vom 28. Juni 2024)*

### Frühwarnsystem vor Naturkatastrophen für Europa und den Mittelmeerraum

Um den Mittelmeerraum und Europa besser vor Naturkatastrophen und Extremwetter zu schützen, fördert die Europäische Union im Rahmen eines von der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) koordinierten Forschungsprojekts die Entwicklung eines Frühwarnsystems. Die JLU-Klimatologen forschen im Rahmen des Horizon-Europe-Projekts „Mediterranean and pan-European

forecast and Early Warning System against natural hazards, MedEWSa“ an der frühzeitigen Erkennung von Extremwetter, Hitzewellen, Dürren, Überschwemmungen, Erdbeben und Waldbränden, um rechtzeitig Maßnahmen ergreifen zu können.

Laut dem Copernicus-Klimawandeldienst der Europäischen Kommission war der Juni 2024 in den Ländern Europas und Nordafrikas der wärmste Juni seit Beginn der Aufzeichnungen und der 13. Monat in Folge mit einem monatlichen Temperaturrekord. Sowohl im vergangenen Jahr als auch im Jahr 2024 haben intensive und langanhaltende Hitzewellen, Trockenheit und großflächige Waldbrände erhebliche Schäden in den Mittelmeer-Anrainerstaaten angerichtet. Im Juli 2023 riefen beispielsweise die lokalen Behörden in 16 italienischen Städten eine Hitzewarnung der Stufe Rot aus. Auf den Inseln Sizilien und Sardinien wurden Höchsttemperaturen von 49 Grad Celsius gemessen, ein neuer Rekord. Zudem gab es im Jahr 2023 mehrere große Überschwemmungen und lokale Sturzfluten, zum Beispiel in Griechenland, Libyen, Bulgarien und der Türkei. Im Juni 2024 führte starkregenbedingtes Hochwasser in Süddeutschland zu mehreren Todesopfern und erheblichen wirtschaftlichen Schäden.

Diese Ereignisse zeigen, dass insbesondere die europäischen und afrikanischen Länder des Mittelmeerraums Naturgefahren und extremen Wetterereignissen besonders ausgesetzt sind. Um die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) zu verbessern und die Auswirkungen solcher Gefahren abzumildern, müssen Maßnahmen über regionale Grenzen hinweg koordiniert werden. Das zunächst für die Jahre 2023 bis 2026 angelegte Projekt MedEWSa, das von Horizon Europe mit 5 Mill. € gefördert wird, entwickelt ein vernetztes Frühwarnsystem für vielfältige natürliche Gefahren, das Ersthelfer unterstützen und eine fundierte Entscheidungsfindung erleichtern soll. Damit leistet es einen direkten Beitrag zu den nachhaltigen Entwicklungszielen der Vereinten Nationen und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum der Europäischen Union.

Im Jahr 2022 initiierte der Generalsekretär der Vereinten Nationen, António Guterres, eine globale Anstrengung, um bis Ende 2027 alle Menschen auf der Erde mit Frühwarnsystemen (EW4ALL) vor Wetterextremen zu schützen. Als Teil dieser Initiative unterstreicht das MedEWSa-Projekt die Bedeutung der Forschung und der Zusammenarbeit verschiedener Interessengruppen bei der Verbesserung der Frühwarnsysteme in Europa und im Mittelmeerraum. Es zielt darauf ab, Zusammenarbeit, Forschung, Innovation und die Verbreitung von Wissen und Technologien zur Unterstützung der EU-Politik bei der Bewältigung globaler Herausforderungen zu fördern.

Spezifisch soll das Projekt MedEWSa ein vernetztes Frühwarnsystem bereitstellen, das sich über den Mittelmeerraum und die angrenzenden Länder erstreckt. Es baut auf bestehenden regionalen und nationalen Infrastrukturen auf, füllt Lücken, nutzt innovative Technologien – inklusive Künstlicher Intelligenz bzw. Maschinellem Lernen – und entwickelt darauf basierend neue Produkte und Anwendungsmöglichkeiten. Besonderes Augenmerk liegt auf aktuellen und neu entstehenden Hotspots für Extremereignisse, exponierten Gebieten und gefährdeten Gemeinschaften. Im Mittelpunkt von MedEWSa steht eine Reihe sorgfältig ausgewählter Paare von Pilotstandorten in Europa und Afrika. Diese Vorgehensweise soll Diskrepanzen aufdecken, die Zusammenarbeit fördern und die Übertragbarkeit der MedEWSa-

Tools demonstrieren. Zudem entwickelt MedEWSa auch innovative Finanzlösungen durch Risikotransfer auf die Kapitalmärkte.

Zum Konsortium des von der Justus-Liebig-Universität Gießen und ihrem Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU) koordinierten Projekts gehören unter anderem die Weltorganisation für Meteorologie (WMO), das Europäische Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW), Forschungsorganisationen, nationale Wetterdienste, lokale und nationale Regierungen, Unternehmen, das Rote Kreuz sowie weitere Einrichtungen.

#### Weitere Informationen:

Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU), Institut für Geographie, Universität Gießen  
<https://www.uni-giessen.de/de/fbz/fb07/fachgebiete/geographie>

MedEWSa, Mediterranean and pan-European forecast and Early Warning System against natural hazards  
<https://www.medewsa.eu/>

(aus: Pressemitteilung Universität Gießen vom 11. Juli 2024)

### Verlust von Sauerstoff in Gewässern als neuer Kipp-Punkt identifiziert

Der Sauerstoffgehalt in den Gewässern der Erde nimmt rapide und dramatisch ab – vom Teich bis zum Ozean. Dieser fortschreitende Sauerstoffverlust bedroht nicht nur Ökosysteme, sondern auch die Lebensgrundlage großer Bereiche der Gesellschaft und den gesamten Planeten, urteilen die Forschende einer internationalen Studie mit Beteiligung des Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel, GEOMAR. Sie fordern, den Sauerstoffverlust der Gewässer als planetare Belastbarkeitsgrenze anzuerkennen, um globale Überwachung, Forschung und politische Maßnahmen zu fokussieren.

Sauerstoff ist eine grundlegende Voraussetzung für das Leben auf dem Planeten Erde. Der Verlust von Sauerstoff im Wasser, auch als aquatische Desoxygenierung bezeichnet, stellt eine unmittelbare Bedrohung für das Leben im Wasser dar. In einer Studie hierzu beschreibt ein internationales Forschungsteam, welche Gefahren der fortschreitende Sauerstoffverlust auch für die Lebensgrundlage weiter Bereiche der Gesellschaft und für die Stabilität des Lebens darstellt.

Frühere Forschungen haben eine Reihe globaler Prozesse identifiziert, die als planetare Belastbarkeitsgrenzen bezeichnet werden. Werden diese Belastbarkeitsgrenzen – sogenannte „Kipp-Punkte“ – überschritten, erhöht sich das Risiko großräumiger, abrupten oder irreversibler Umweltveränderungen, und die Widerstandsfähigkeit unseres Planeten, seine Stabilität, wird gefährdet. Zu den derzeit neun planetaren Grenzen gehören unter anderem der Klimawandel, die Veränderung der Landnutzung und der Verlust der biologischen Vielfalt. Die Forschungsgruppe der neuen Studie argumentiert, dass der Sauerstoffverlust der Gewässer sowohl auf andere planetare Grenzprozesse reagiert als auch diese reguliert und deswegen als weitere planetare Grenze definiert werden sollte. Dass die Sauerstoffabnahme in der Hydrosphäre auf die Liste der planetaren Grenzen gesetzt

wird, soll helfen, globale Überwachungs-, Forschungs- und Politikbemühungen zu unterstützen und zu fokussieren, um die aquatischen Ökosysteme und damit auch die Gesellschaft insgesamt zu schützen.

In allen aquatischen Ökosystemen, von Bächen und Flüssen über Teiche, Seen und Stauseen bis hin zu Küsten und dem offenen Ozean, ist die Sauerstoffsättigung in den vergangenen Jahrzehnten rapide und erheblich gesunken. Seen und Stauseen haben seit dem Jahr 1980 Sauerstoffverluste von 5,5 % beziehungsweise 18,6 % erlitten. Prozentual klingt dies nach wenig, absolut bedeutet das aber aufgrund des riesigen Volumens des Weltozeans eine bemerkenswerte Menge an Sauerstoff – und die Geschwindigkeit der Abnahme nimmt weiter zu. Die Wassermenge mit extremer Sauerstoffarmut (hypoxisch) beziehungsweise ohne jeglichen Sauerstoff (anoxisch) ist bei allen Gewässertypen dramatisch gestiegen, mit immer sichtbarer werdenden Konsequenzen für die betroffenen Ökosysteme.

Ursachen des aquatischen Sauerstoffverlusts sind die globale Erwärmung durch Emissionen von Treibhausgasen und der Eintrag von Nährstoffen als Folge der Landnutzung. Steigen die Wassertemperaturen, nimmt die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser ab. Dazu kommt eine ausgeprägtere Schichtung der Wassersäule, weil sich wärmeres, salzärmeres Wasser mit geringerer Dichte auf das darunter geschichtete kältere und salzigere Tiefenwasser legt. Das wiederum behindert den Austausch der sauerstoffarmen Tiefenschichten mit dem sauerstoffreicheren Oberflächenwasser. Nährstoffeinträge von Land fördern zusätzlich Algenblüten, die dazu führen, dass mehr Sauerstoff verbraucht wird, wenn mehr organisches Material absinkt und in der Tiefe von Mikroben zersetzt wird.

Bereiche im Meer, in denen zu wenig Sauerstoff vorhanden ist, sodass Fische, Muscheln oder Krebse nicht mehr überleben können, bedrohen nicht nur die Organismen selbst, sondern auch Ökosystemdienstleistungen, zum Beispiel Fischerei, Aquakultur und Tourismus, sowie kulturelle Praktiken. Mikrobiotische Prozesse in sauerstoffarmen Regionen erzeugen darüber hinaus verstärkt Treibhausgase wie Lachgas und Methan, was zu einer weiteren Verstärkung der Erderwärmung führen und damit eine wesentliche Ursache der Sauerstoffabnahme weiter anheizen kann.

Laut den bisherigen Untersuchungen geht man von einer Näherung von kritischen Schwellenwerten des Sauerstoffverlusts in den Gewässern aus, die mehrere andere planetare Grenzen beeinflussen werden. Gelöster Sauerstoff reguliert die Rolle von Meeres- und Süßwasser bei der Steuerung des Erdklimas. Die Verbesserung der Sauerstoffsättigung in Gewässern hängt von der Bekämpfung der zugrunde liegenden Ursachen ab, einschließlich der Klimaerwärmung und der Abwassereinleitung aus bewirtschafteten Landschaften. Wird der Sauerstoffmangel in den Gewässern nicht adressiert, wird dies letztlich nicht nur die Ökosysteme, sondern auch die Wirtschaft und die Gesellschaft auf globaler Ebene beeinträchtigen.

Die Trends bei der Sauerstoffverarmung der Gewässer sind ein deutliches Warnsignal und ein Aufruf zum Handeln, um das Überschreiten dieser potenziellen planetaren Grenze zu verhindern. Die Studie soll den Weg für weitere Forschung ebnen und die Tür für neue Regulierungsmaßnahmen öffnen. Sie entstand im

Umfeld des Netzwerks Global Ocean Oxygen Network (GO2NE) der Zwischenstaatlichen Ozeanographischen Kommission (Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC) der Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO).

#### Fachartikel:

Rose, K.C., E.M. Ferrer, S.R. Carpenter, S.A. Crow, S.C. Donelan ... D. Breitburg (2024): Aquatic deoxygenation as a planetary boundary and key regulator of Earth system stability. – *Nature Ecology and Evolution*.

DOI: 10.1038/s41559-024-02448-y

#### Weitere Informationen:

Global Ocean Oxygen Network (GO2NE)

<https://www.ioc.unesco.org/en/go2ne>

Global Ocean Oxygen Decade (GOOD)

<https://oceandecade.org/actions/global-ocean-oxygen-decade>

*(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel, GEOMAR vom 15. Juli 2024)*

### Ermittlung des Grundwasserrückgangs in Europa mit fernerkundlicher Methodik

Das Satellitensystem GRACE-C soll durch Messungen der Masseveränderungen dazu beitragen, die Folgen des Klimawandels zu ermitteln. Mit dieser Methode wurde bisher die Austrocknung ganzer Landstriche beobachtet. Im Mittelmeerraum, etwa in Regionen Spaniens wie Barcelona, sinkt der Grundwasserspiegel um bis zu 3 m pro Jahr. Seit der Rekorddürre im Jahr 2018 ist der Grundwasserspiegel europaweit trotz vereinzelter Überschwemmungen konstant niedrig. Auch Deutschland hat in den letzten 20 Jahren über 15 Mrd. t Wasser, auch Grundwasser, verloren. Diese Daten stammen von Satelliten, die Veränderungen im Wasserhaushalt aus dem All beobachten.

Die NASA und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unterstützen diese Beobachtungen seit dem 17. März 2002 mit der GRACE-Mission (Gravity Recovery and Climate Experiment). Dabei erfasst das DLR seit mehr als 20 Jahren die Veränderungen der Massentransporte global so präzise, dass Forschende zum Beispiel den Wasserhaushalt der Erde mit zuvor unerreichter Genauigkeit und Konstanz messen konnten. Diese Datensammlung gehört zu den Grundlagen für die Berichte des Weltklimarates.

Die GRACE-Mission wurde nach GRACE-FO und nun mit GRACE-C – das „C“ steht für „Continuity“ – zum zweiten Mal verlängert. Die Satelliten werden bei Airbus in Friedrichshafen gebaut und sollen 2028 mit einer Falcon-9-Rakete in All starten.

Nach dem Start werden die GRACE-C-Satelliten in etwa 500 km Höhe ausgesetzt und vom Deutschen Raumfahrtkontrollzentrum in Oberpfaffenhofen gesteuert. Mit einem Laser-Interferometer messen die Satelliten die Abstandsabweichungen zwischen sich, die durch Massenverlagerungen auf der Erde verursacht werden. Diese Messungen ermöglichen es, Veränderungen im Grundwasserspiegel und anderen Massen auf der Erde zu verfolgen. Das

funktioniert, weil Gestein und Wasser – egal ob in fester oder flüssiger Form – mit ihren Massen die Flugbahn der Satelliten im All beeinflussen. Je stärker diese Gewichtskraft ist, desto mehr wird der voranfliegende Satellit beim Überflug von ihr angezogen. Dadurch beschleunigt er und entfernt sich vom anderen Satelliten. Je schwächer diese Kraft ist, desto weniger wird der voranfliegende Satellit beschleunigt. So nähert er sich wieder dem hinteren an. Diese minimale Veränderung im gegenseitigen Abstand wird kontinuierlich über jeden Umlauf um die Erde gemessen. Im übertragenen Sinne wiegen die Forschenden mit GRACE, um wieviel die Eisschilde und auch die Kontinente von Monat zu Monat ab- oder zunehmen.

Die wissenschaftliche Auswertung der so gesammelten Daten leisten das GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) und das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik. Die Finanzierung der deutschen Beiträge erfolgt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), mit Unterstützung der Helmholtz-Gemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft.

#### Weitere Informationen:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
<https://www.dlr.de/de>

(aus: Newsletter Springer Professional vom 29. Juli 2024)

### Grundwasservorräte in Südwesteuropa insgesamt stabiler als bislang angenommen

Grundwasser ist eine wichtige Ressource, die Pflanzen und Ökosysteme am Leben hält, die landwirtschaftliche Produktion sicherstellt und zentral für die Trinkwasserversorgung ist. Der zunehmende Klimawandel und anthropogene Einflüsse können jedoch die Verfügbarkeit von Grundwasser gefährden, vor allem in Südwesteuropa. Diese Gefährdung hat ein vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) koordiniertes internationales Forschungsteam genauer untersucht und die Daten von mehr als 12.000 Grundwasserbrunnen in Portugal, Spanien, Frankreich und Italien für eine Studie ausgewertet. Die überraschende Erkenntnis: Der Grundwasserspiegel sinkt nicht wie allgemein angenommen überall, sondern vielmehr vor allem in semi-ariden Regionen mit intensiver Landwirtschaft und häufigen Dürreperioden sowie in gemäßigten Regionen mit großen Städten. Abhilfe schaffen könnten Managementmaßnahmen, die zu einem nachhaltigen Umgang mit Grundwasser führen.

Die Meinung ist weit verbreitet, dass der Grundwasserspiegel überall in Südwesteuropa kontinuierlich sinkt. Eine genauere Untersuchung der Daten zeigt jedoch, dass die Situation komplexer ist. So ergab die hydrologische Auswertung für die Jahre 1960 bis 2020, dass 68 % der untersuchten Brunnen in den vergangenen drei Jahrzehnten stabile Werte aufwiesen. Etwa 20 % der Brunnen zeigten steigende Pegelwerte in dem Zeitraum, bei lediglich 12 % sanken sie. Um Verallgemeinerungen zu vermeiden, bedarf es einer differenzierten und detaillierten Betrachtung der lokalen Grundwassersysteme.

Der genaue Blick auf das Datenmaterial zeigt nun, dass sich Brunnen mit stabilen Grundwasserpegeln vor allem in Regionen mit gemäßigtem Klima und ganzjährig hohen Niederschlägen wie

zum Beispiel in Nordfrankreich befinden. In diesen Regionen halten hohe Neubildungsraten den Grundwasserspiegel nahezu stabil. In anderen Regionen, wie etwa dem unteren Po-Einzugsgebiet bei Ravenna, steigt der Grundwasserspiegel unter anderem infolge einer natürlichen Bodensenkung sogar an, sodass Oberflächenwasser abgeleitet und Grundwasser abgepumpt werden muss, um Überschwemmungen zu verhindern.

In semi-ariden Regionen wie zum Beispiel in Tarbes (Frankreich) und Medina del Campo (Spanien) finden sich dagegen vielerorts Grundwassermessstände, deren Pegel seit Jahrzehnten sinken. Dies ist zum einen auf die durch den Klimawandel bedingten geringeren Niederschläge und höheren Temperaturen zurückzuführen. Mitentscheidend ist zum anderen aber auch die intensive Landwirtschaft. Die untersuchten vier Mittelmeerländer sind für einen großen Teil der Obst-, Gemüse- und Getreideproduktion in der EU verantwortlich. Zwischen 30 und 50 % des Wassers, das für die Bewässerung in der Landwirtschaft eingesetzt wird, ist Grundwasser – das verursacht den Rückgang mit. Doch auch in Regionen mit gemäßigttem Klima fanden die Forscher Brunnen mit sinkenden Grundwasserständen. Die Ursache dafür: Die Nähe zu Städten und Industriebetrieben. Rückläufig sind seit den 1960er Jahren zum Beispiel die Grundwasserpegel im Großraum von Städten wie Lyon, Nizza oder Modena. In der neuntgrößten Stadt Frankreichs, Bordeaux, lässt sich die hohe Grundwassernutzung auf den zunehmenden Wasserverbrauch der Haushalte zurückführen. Auf ähnliche Weise ist in der beliebten französischen Touristenstadt Béziers aufgrund der verstärkten Entnahme von Trinkwasser für die Sommertouristen der Grundwasserspiegel erheblich gesunken.

Während sich der Rückgang des Grundwassers in urbanen und industriell geprägten Regionen nicht so leicht stoppen lässt, fanden die Forscher in semi-ariden, landwirtschaftlich geprägten Regionen effektive Managementansätze. Deswegen konnten sich dort die Grundwasserstände erholen – wie etwa in La Mancha Oriental in Spanien. Bis in die 1990er Jahre sank dort der Grundwasserspiegel aufgrund der übermäßigen Bewässerung. Infolgedessen trocknete beispielsweise der Fluss Júcar 1994 an einigen Abschnitten erstmals aus – ein dramatisches Ereignis, das Landwirte dazu bewog, eine lokale Wassernutzervereinigung zu gründen, die mit einer Kombination aus Monitoring, Fernerkundung und individuellen Wassernutzungsplänen den Rückgang des Grundwasserstands stoppen wollte. Diese Maßnahmen waren effektiv und haben die Entwicklung des Grundwasserspiegels umgekehrt.

Aus den Erfahrungen Südwesteuropas lassen sich auch Rückschlüsse für das Grundwassermanagement in Deutschland und anderen Regionen weltweit ziehen, denn auch dort steigt der Grundwasserbedarf, und die Grundwasserneubildung leidet vielerorts aufgrund des Klimawandels. Deutschland könnte von den Erfahrungen in Südwesteuropa profitieren, wie zum Beispiel Grundwasser optimal genutzt werden kann, welche Bewässerungsmethoden in der Landwirtschaft wirksam sind, wie sich Stakeholder stärker engagieren lassen und welche Fehler in Zukunft vermieden werden können. Denn auch Deutschland braucht einen vorausschauenden Ansatz für eine nachhaltige Grundwassernutzung.

Die Forschungsarbeit des UFZ wurde von den Projekten InTheMED und OurMED unterstützt, die Teil des PRIMA-Pro-

gramms, Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area sind. PRIMA wird durch das EU-Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 finanziert.

#### Fachartikel:

Silva, R.C.G., R. Reinecke, N.K. Copt, D.A. Barry, E., Heggy, E... S. Jomaa (2024): Multi-decadal groundwater observations reveal surprisingly stable levels in southwestern Europe. *Communications Earth & Environment*, 5, article number 387 (2024).

DOI: 10.1038/s43247-024-01554-w

#### Weitere Informationen:

Department Aquatische Ökosystemanalyse und Management, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
<https://www.ufz.de/index.php?de=34219>

Portal „OurMED – Transforming Mediterranean Water Management“  
<https://www.ourmed.eu>

Portal „PRIMA - Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area“  
[https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/prima\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/prima_en)

*(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung vom 6. August 2024)*

### Hochwasserresilienz: BMBF-Verbundprojekt KAHR zu Forschung für einen nachhaltigen Wiederaufbau nach Flutkatastrophen

Das Hochwasser in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz im Juli 2021 war eine der größten Naturkatastrophen in Deutschland nach dem Zweiten Weltkrieg. Wie die Wissenschaft einen nachhaltigen und klimaresilienten Wiederaufbau nach einer solchen Flutkatastrophe unterstützen kann, zeigt der von der Universität Stuttgart in enger Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen University koordinierte Forschungsverbund „Klima-Anpassung, Hochwasser, Resilienz“ (KAHR). In den betroffenen Regionen hat KAHR den Neu- und Wiederaufbauprozess mitgestaltet und begleitet ihn auch weiterhin.

Das Ahrtal war und ist von der Flutkatastrophe im Juli 2021 besonders betroffen. Insgesamt 135 Menschen verloren dort ihr Leben. Auf rd. 40 km Länge zerstörte die Flut tausende Gebäude sowie eine Vielzahl an Straßen, Brücken und weitere Infrastrukturen. Die Überflutungen führten in Deutschland zu einem finanziellen Schaden von schätzungsweise 40 Mrd. €. Der Neu- und Wiederaufbau muss ein Mehr an Resilienz schaffen, damit wir für zukünftige Ereignisse besser gerüstet sind.

Seit 3 Jahren begleitet der überregionale und interdisziplinäre Forschungsverbund KAHR erfolgreich den Wiederaufbauprozess. Themen sind beispielsweise die Erforschung von Schadensmustern, die Verlagerung besonders schutzwürdiger Infrastrukturen wie Schulen oder Pflegeheime, Vorsorgemaßnahmen für besonders verwundbare Bevölkerungsgruppen, die hochwasserresiliente Gestaltung von beispielsweise Brücken oder Sportstätten, die Schaffung von Retentionsflächen, eine hochwasserresiliente Stromversorgung, verbesserte Vorhersage-

modelle sowie eine risikobasierte Raumplanung. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Einbeziehung, Beratung und Vernetzung der Akteure vor Ort. Haushaltsbefragungen und Experten-Interviews zeigen unter anderem, dass der großen Mehrheit der Befragten vor der Katastrophe nicht klar war, dass sie in einem überflutungsgefährdeten Gebiet wohnten. Zudem hatten zum Zeitpunkt der Befragung im Sommer 2022 erst etwa die Hälfte der Befragten Vorsorgemaßnahmen umgesetzt. Die Information der Bevölkerung zu Risiken und Vorsorgemöglichkeiten ist also essentiell.

Ein Teil der im Zuge des Projektes entstandenen „10 Empfehlungen für einen zukunftsgerichteten und klimaresilienten Wiederaufbau“ sind inzwischen in der Praxis angekommen und unter anderem in die Begründung für höhere Schutzstandards und höhere Finanzierungshilfen im Wiederaufbau eingeflossen. Das Ahrtal befindet sich an einem entscheidenden Wendepunkt in der klimaresilienten Hochwasservorsorge. Hier konnte das Vorhaben KAHR über grundlegende Erkenntnisse viele Impulse beisteuern, beispielsweise für die zukünftige Gestaltung von Brücken und die technische Hochwasservorsorge. Darüber hinaus finden seit Projektbeginn fast wöchentlich Beratungstermine für die Bevölkerung zu privaten Hochwasserschutzmaßnahmen statt. KAHR hat zudem Einsatzkräfte des Bevölkerungsschutzes geschult und Erzählende für Betroffene und Helfende veranstaltet.

Der Forscherverbund hat in den letzten 3 Jahren im Verbund und gemeinsam mit den betroffenen Menschen viel erreicht. Dennoch bleiben noch wichtige Fragen und Handlungsfelder offen, die weitere wissenschaftliche Forschung erfordern. So sollen Schutzkonzepte in Zukunft stärker als bisher die jeweiligen Schutzwürdigkeiten der potenziell betroffenen Siedlungsbereiche thematisieren und klassifizieren. Handlungsbedarf besteht auch bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Stärkung der Klimaresilienz im Wiederaufbau. Die Umsetzung von Hochwasserrückhaltebecken bedarf weiterer wissenschaftlicher Forschung, auch bezogen auf die Umsetzbarkeit und die Auswirkungen auf Umwelt und Landschaft. Des Weiteren gibt es konkrete Umbauplanungen für einzelne Quartiere oder Nutzungen, die bisher aber noch nicht umgesetzt wurden. Die Begleitung dieser Transformationsprozesse durch die Wissenschaft kann dazu beitragen, nicht nur die Effektivität von Maßnahmen, sondern auch deren Akzeptanz näher zu beleuchten.

Das Projekt Klima-Anpassung, Hochwasser, Resilienz (KAHR) wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programmes Forschung für Nachhaltigkeit (FONA) mit rd. 5 Mill. € gefördert. Es forscht zu den von der Hochwasserkatastrophe im Juli 2021 betroffenen Regionen in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Unter Koordination der Universität Stuttgart und der RWTH Aachen University beteiligen sich elf weitere Partner aus Universitäten, Helmholtz-Zentren, außeruniversitären Forschungsinstituten und der Praxis an dem Projekt. KAHR läuft noch bis zum 31. Dezember 2024. Am 26. November 2024 findet eine abschließende Synthese-Konferenz statt. Eine Publikation zu den Projektergebnissen ist geplant.

#### Weitere Informationen:

Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung, Universität Stuttgart  
<https://www.ireus.uni-stuttgart.de/>

Projektwebsite

<http://www.hochwasser-kahr.de/index.php/de/>

*(aus: Pressemitteilung Universität Stuttgart vom 25. Juni 2024)*

## 100 Jahre Wattenmeerforschung in List auf Sylt

In Deutschlands nördlichster Gemeinde, List auf Sylt, liegt auch die nördlichste Forschungseinrichtung auf deutschem Boden – und das bereits seit genau 100 Jahren. Denn mitten in den „Goldenen Zwanzigern“, im Jahr 1924, wurde in List ein kleines Zweiglaboratorium der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) gegründet. Die Aufgabe der neuen BAH-Forschungsfiliale auf Sylt war ursprünglich „die wissenschaftliche und fischereiliche Untersuchung über den Zustand der fiskalischen Austernbänke und die Ausarbeitung von Methoden für die künstliche Austernzucht“. Denn zu Beginn des 20. Jahrhunderts hatten die Austernbestände in der Nordsee infolge intensiver Muschelfischerei einen starken Rückgang verzeichnet. Die damaligen Wissenschaftler bezogen chemische und physikalische Parameter mit in ihre Untersuchungen ein, führten aber auch eine Bestandsaufnahme der Bodentierwelt in der südlichen Nordsee und im Wattenmeer durch. Was nach der Geburtsstunde im Jahr 1924 folgte, war eine wechselvolle Geschichte, in der die Lister Forschung nach dem Zweiten Weltkrieg aufblühte, 1959 kurz vor dem Aus stand und in den 1970er Jahren einen zweiten Frühling erlebte. Zugleich erzählt das Lister Institut bei allem Auf und Ab aber auch eine echte Erfolgsgeschichte, in der sich eine kleine Feldstation für Austern innerhalb eines Jahrhunderts zu einem unverzichtbaren wissenschaftlichen Hot-Spot der deutschen Küsten- und Wattenmeerforschung wandelte.

Im Jahr 1998 wurde die Biologische Anstalt Helgoland – und damit auch die Forschungsstation auf Sylt – in die Stiftung Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) integriert. Heute arbeiten rd. 45 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie wissenschaftsunterstützendes Personal an der AWI-Wattenmeerstation Sylt. Hinzu kommen zahlreiche Gastforschende aus aller Welt, die hier – nur wenige Schritte vom Wattenmeer entfernt – eine ideale Ausgangsbasis für Wissenschaft auf See, im Watt oder in den Stationslaboren finden. Pro Jahr besuchen zudem bis zu 400 Studierende verschiedenster Universitäten das Institut, um in Kursen ihre Kenntnisse über das einzigartige und bedrohte Ökosystem Wattenmeer zu vertiefen.

Was 1924 mit ein paar angemieteten Räumen begann, hat sich 100 Jahre später zu einem voll ausgestatteten Forschungsstandort des AWI entwickelt. So verfügt die Wattenmeerstation heute über ein großes und im Jahr 2008 modernisiertes Institutsgebäude mit verschiedensten Laboren. Neben Probenaufbereitungs- und Hälterungsräumen sowie Thermokonstanträumen mit Durchflusssaquarien gibt es dort auch Seminarräume und eine Bibliothek. Zur Station gehören zudem zwei Gästehäuser für Gastforschende und ein eigenes Forschungsschiff: die mit modernster ozeanografischer Messtechnik ausgestattete und dem Umweltzeichen „Blauer Engel für Schiffsdesign“ ausgezeichnete Mya II.

An der Station ist außerdem die AWI-Sektion „Ökologie der Küsten“ angesiedelt. Der Forschungsfokus liegt auf der heimischen Nordsee und dem Ökosystem Wattenmeer, die sich im

Zuge der globalen Erwärmung rasant verändern. Das Sylter Forschungsteam beschäftigt sich beispielsweise mit der Entwicklung von Salzmarschen und Seegrasswiesen sowie der Küstenhydrographie und -geologie. Die Reaktionen des sensiblen Lebensraums Nordsee zeigen sich bereits deutlich in den wichtigen Lister Langzeitbeobachtungen, etwa dem monatlichen Fischmonitoring in der Sylt-Rømø-Bucht und der schon seit dem Jahr 1973 lückenlos und zweimal wöchentlich durchgeführten Messdatenzeitreihe „Sylt Roads“. Die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf Nordsee und Wattenmeer werden seit dem Jahr 2021 in einer Experimentieranlage mit großen, 1.800 Liter fassenden Seewassertanks – sogenannten Mesokosmen – simuliert und untersucht. Weitere Zukunftsprognosen erstellen die Forschenden in List auch mit dem eigens für den Bereich Küste geschaffenen Computermodell FESOM-C. Das erlangte Wissen gibt die Station schließlich über das AWI-Nordseebüro an Politik, Behörden und Umweltschutzverbände weiter. Durch die enge Kooperation mit dem direkt benachbarten Erlebniszentrum Naturgewalten kann sich auch die interessierte Öffentlichkeit über die Arbeit der Station informieren.

### Weitere Informationen:

Portal „AWI Standorte“ – AWI Sylt

<https://www.awi.de/ueber-uns/standorte/sylt.html>

*(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung vom 19. Juli 2024)*

## Klimawandel und Wasserwirtschaft – Kooperation KLIWA wird 25 Jahre alt

Die Kooperation KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ hat Grund zu feiern: Seit 25 Jahren untersucht und zeigt sie, wie sich der Klimawandel konkret auf die Ressource Wasser auswirkt, eines unserer wertvollsten Güter. Regionale Veränderungen des Wasserhaushalts sowie der Wasserqualität lassen sich dadurch früher und besser erkennen. So wird deutlich, wo die Wasserwirtschaft reagieren muss, weil sich Herausforderungen oder Gefahren abzeichnen. Die Kooperation hilft mit, dem Klimawandel innerhalb der beteiligten Bundesländer zu begegnen, sodass sich zukunftsorientierte, nachhaltige wasserwirtschaftliche Handlungsstrategien entwickeln lassen, welche die Länder dann auf spezifische regionale Anforderungen anpassen können. Für Fragen der Klimafolgenanpassung werden in KLIWA Maßnahmen und Vorsorgekonzepte bewertet, wichtige Grundlagen erarbeitet und Hilfestellungen bei ihrer Umsetzung gegeben.

KLIWA ist eine Kooperation mehrerer Bundesländer sowie des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Klimafolgenabschätzung und -anpassung in der Wasserwirtschaft. Begründet wurde die Kooperation von Baden-Württemberg, Bayern und dem DWD im Jahr 1999. Rheinland-Pfalz trat 2007 bei, und seit dem laufenden Jahr sind auch die Bundesländer Hessen und Saarland offizielle Partner der Kooperation. Ziel ist es, fachliche Fragestellungen im Kontext Klimawandel/Wasserwirtschaft gemeinsam zu bearbeiten, Wissen in den Bereichen Meteorologie und Hydrologie zu bündeln sowie Synergien zu nutzen. Damit einhergehend streben die Kooperationspartner ein einheitliches Vorgehen für vergleichbare Fragestellungen im süddeutschen Raum an. Aktuell sind bei KLIWA die Themen Starkregen und Boden-

erosion, Wasser- und Bodenwasserhaushalt, Wassertemperatur, Stoffgehalt von Gewässern sowie Gewässerökologie Gegenstand der Betrachtung.

#### Weitere Informationen:

Portal „KLIWA – Klimaveränderung und Wasserwirtschaft“  
www.kliwa.de

(aus: Pressemitteilung Bayerisches Landesamt für Umwelt vom 29. Juli 2024)

### Die Niederschlagsverteilung im ersten Halbjahr in Deutschland – regionale Unterschiede sind groß

Der Zeitraum von Juli 2023 bis Juni 2024 war laut den Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes der niederschlagsreichste 12-Monatszeitraum seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1881. Dazu wurde das Flächenmittel des Jahresniederschlags ausgewertet. Regional und zeitlich begrenzt gab es jedoch große Unterschiede. Besonders hervorzuheben sind die extremen Niederschläge, die vor allem in Niedersachsen, Bayern, Baden-Württemberg und dem Saarland zu großflächigen Überschwemmungen geführt haben.

Bei der Betrachtung der räumlichen Verteilung des Niederschlags im ersten Halbjahr 2024 über Deutschland fällt auf, dass – verglichen mit dem mittleren Niederschlag der letzten 30 Jahre – zwar im Westen Deutschlands, in der Lüneburger Heide und der Altmark im Jahresmittel deutlich mehr Niederschlag gefallen ist. Je weiter sich der Fokus jedoch nach Osten verschiebt, desto mehr ändert sich das Bild. In der Uckermark, im Erzgebirge und im Schwäbisch-Fränkischen Stufenland ist sogar nur so viel Niederschlag gefallen wie im Jahresmittel über die letzten 30 Jahre. Das Niederschlagsdefizit der vergangenen Trockenjahre hat sich damit über Gesamtdeutschland nicht gleichförmig reduziert. In einigen Regionen gab es sogar gar keine Besserung. Noch differenzierter wird das Bild im Hinblick auf die Abweichungen der jeweiligen Monatsmittel der letzten 12 Monate: Keiner der letzten 12 Monate zeigt über Gesamtdeutschland ein einheitliches Bild in der Abweichung vom langjährigen Mittel.

Der Niederschlag und dessen Abweichungen sind wichtige Faktoren für die Ausprägung und das Auflösen von Dürreereignissen. Trockenheit und Hitze haben in den Jahren 2018 und 2019 in Deutschland zu Schäden in Höhe von rd. 35 Mrd. € geführt. Im Juli 2023 war die Ausgangslage der Bodenfeuchte bis in zwei Meter Tiefe in Deutschland von Dürre geprägt. Durch die überdurchschnittlichen Niederschläge seitdem hat sich diese Situation in weiten Teilen Deutschlands aufgelöst. Es ist aber auch ersichtlich, dass einige Regionen noch immer zu trocken sind, vor allem im Südosten Deutschlands.

#### Weitere Informationen:

Aktuelle Auswertungen, Deutscher Wetterdienst  
[https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2024/20240703\\_die-zwoelf-nassesten-monaten-seit-messbeginn\\_news.html?nn=16210](https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2024/20240703_die-zwoelf-nassesten-monaten-seit-messbeginn_news.html?nn=16210)

Opendata „Index of Climate Environment“,  
Deutscher Wetterdienst  
[https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/)

Dürremonitor, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
<https://www.ufz.de/duerremonitor>

(aus: Online-Mitteilung „Im Fokus“ des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung vom 29. Juli 2024)

### Nitratbericht 2024: Nitratwerte im Grundwasser sinken leicht

Die Beschaffenheit des Grundwassers in Deutschland hat sich leicht verbessert, wie der Nitratbericht 2024 des Bundesumwelt- und das Bundeslandwirtschaftsministeriums darlegt. Die Anzahl der Messstellen, bei denen der EU-weite Nitrat-Grenzwert zum Schutz des Grundwassers überschritten wird, ist seit dem Jahr 2020 weiter leicht zurückgegangen. Trotzdem überschreitet immer noch etwa ein Viertel der Nitratmessstellen den geforderten Grenzwert. Wie der Nitratbericht 2024 außerdem darstellt, besteht wegen der anhaltenden Eutrophierung der Küsten- und Meeresgewässer von Nord- und Ostsee durch Phosphor weiterer Handlungsbedarf.

Die konsequente Umsetzung der Nitrat-Richtlinie in Deutschland führte demnach Schritt für Schritt zu einem besseren Grundwasserschutz, was auch die Einstellung des Vertragsverletzungsverfahrens Nitrat durch die Europäische Kommission im letzten Jahr bestätigt. Die geplanten Änderungen zum Düngegesetz sollen weitere notwendige Verbesserungen bringen. Die Nitratbelastung bei mehr als ¼ der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes liegt jedoch weiterhin über dem EU-weiten Grenzwert. Besonders in Gegenden, wo die Tierhaltung hoch ist, oder viel Gemüse angebaut wird, gelangt immer noch zu viel Nitrat ins Grundwasser. Deshalb werden die geplanten Änderungen im Düngegesetz benötigt, um das Düngerecht noch stärker nach dem Verursacherprinzip ausrichten zu können.

Bezüglich des Grundwassers weist der Nitratbericht 2024 für den Berichtszeitraum 2020 bis 2022 an 25,6 % der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes im Mittel Konzentrationen größer 50 mg/l Nitrat aus. Im vorherigen Berichtszeitraum (2016 bis 2018) betrug dieser Anteil 26,7 %, so dass im Vergleich eine leichte Verbesserung festzustellen ist. Insgesamt setzt sich also der schon im vergangenen Nitratbericht beobachtete Trend fort, dass die Nitratkonzentrationen im Grundwasser an überwiegend landwirtschaftlich beeinflussten Messstellen leicht sinken. Die Nitratbelastung des Grundwassers an diesen Messstellen ist jedoch weiterhin zu hoch. Das AVV-Ausweisungsmessnetz, eingerichtet aufgrund der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift des Bundeslandwirtschaftsministeriums zur Gebietsabgrenzung, bestätigt das mit seiner deutlich größeren Anzahl an Messstellen und der dadurch möglichen detaillierteren Analyse der Belastung des Grundwassers.

In den Oberflächengewässern wird der Grenzwert für Nitrat von ebenfalls 50 mg/l an allen Messstellen eingehalten. Jedoch verursacht in den Binnengewässern vor allem der Nährstoff Phosphor durch die Eutrophierung eine starke Beeinträchtigung. Zudem sind die deutschen Küsten- und Meeresgewässer in Nord- und Ostsee trotz leichter Verbesserungen bei einzelnen Parametern insgesamt weiterhin in schlechtem Zustand. Die Bewertung der Messwerte dieser Gewässer erfolgt im Nitratbericht nach der Nitratrichtlinie sowie nach den aussagekräftigeren Methoden

der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (EG-MSRL). Im Bewertungszeitraum 2015 bis 2021 verfehlten die Küstengewässer erneut den guten ökologischen Zustand, v. a. aufgrund von Eutrophierungseffekten durch Phosphor. Alle deutschen Meeresgewässer der Ostsee und 87 % der deutschen Nordseegewässer sind ebenfalls als eutrophiert einzustufen.

Alle vier Jahre müssen die EU-Mitgliedstaaten der Europäischen Kommission über die Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie berichten. Diese wichtige Richtlinie schützt Gewässer, also Oberflächengewässer, das Grundwasser und letztendlich die Meere, vor landwirtschaftlich bedingten Verunreinigungen mit Nährstoffen. Dazu zählen insbesondere Einträge durch die in Düngemitteln enthaltenen Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Der Bericht beinhaltet Daten und Analysen zur Überwachung der Gewässer, zu den getroffenen Maßnahmen des Nitrataktionsprogramms zum Schutz der Gewässer, und zur voraussichtlichen weiteren Entwicklung der Gewässer hinsichtlich der Nährstoffbelastung.

Durch Anpassungen in der Landwirtschaft kann diese dazu beitragen, Gewässer zu schützen und die Pflanzen trotzdem effizient und zielgerichtet mit Nährstoffen zu versorgen. In den letzten Jahren wurden dafür die bundesrechtlichen Grundlagen geschaffen. Insbesondere gelten seit dem Jahr 2020 in ausgewiesenen Gebieten, die nitratbelastet und durch Phosphor eutrophiert, also mit Nährstoffen überlastet sind, zusätzliche Düngeregelungen, die den Düngereinsatz zielgerichtet reduzieren sollen. So werden die Gewässer besser geschützt. Das Verfahren zur Ausweisung der Gebiete hat die Bundesregierung im Jahr 2022 in einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) festgelegt. Die Bundesländer verwenden seitdem eine weiterwachsende Anzahl zusätzlicher Messstellen, um ein möglichst passgenaues und verursachergerechtes Ergebnis abbilden zu können.

Die Nährstoffbelastung der Gewässer hängt alles in allem von vielen Faktoren und komplexen Prozessen ab. Eine Vorhersage ist dadurch schwierig, wird aber in Angriff genommen. Mittels umfassender Modellierungen kann zunehmend besser und geographisch genauer abgeschätzt werden, wie sich Änderungen der Agrarstruktur, der Düngepraxis und der landwirtschaftlichen Nährstoffausträge auf die Gewässerqualität auswirken. Durch lange Fließzeiten und Umsatzprozesse von Nährstoffen vor allem im Grundwasser sind diese Auswirkungen aber teils nur über lange Zeiträume beobachtbar.

Die Nitrat-WebApp des Umweltbundesamtes zeigt die Gewässerdaten der Nitratberichte 2016, 2020 und 2024. Neben den Messdaten sind dort auch Eutrophierungseinstufungen der Gewässer auf Karten dargestellt.

#### Weitere Informationen:

Nitratberichte – Gemeinsame Berichte der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz sowie für Ernährung und Landwirtschaft  
<http://www.bmu.de/DL1509>

Nitrat-WebApp des Umweltbundesamtes  
[https://gis.uba.de/maps/resources/apps/nitratbericht\\_eu\\_richtlinie/index.html?lang=de](https://gis.uba.de/maps/resources/apps/nitratbericht_eu_richtlinie/index.html?lang=de)

(aus: *Gemeinsame Pressemitteilung Bundesumweltministerium und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft vom 4. Juli 2024*)

## Flussrenaturierung an der Havel

An der Unteren Havel kommt ein weiterer Baustein zur Renaturierung der Havelniederung hinzu: Am 24. Juni 2024 wurde der Förderbescheid für das Blaue-Band-Projekt „Untere Havel zwischen Plaue und Gnevsdorf“ erteilt, an dessen Umsetzung sich der Bund mit dem Aktionsprogramm „Natürlicher Klimaschutz“ beteiligt. Das neue Projekt wird gemeinsam vom Naturschutzbund Deutschland (NABU) und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) umgesetzt. Damit sollen Auengewässer wieder an den Fluss angebunden, zusätzliche Feuchtgebiete geschaffen und der Rückbau von nicht mehr benötigten Ufersicherungen und Entwässerungssystemen vorangetrieben werden. Das Vorhaben ergänzt die laufenden Aktivitäten des NABU zur Renaturierung der Unteren Havelniederung und beschleunigt diese deutlich.

Naturnahe Flüsse und Auenlandschaften mit ihrer enormen biologischen Vielfalt bergen große Potenziale für gemeinsame Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, den Hochwasserschutz und den Naturschutz. Der Naturschutzbund Deutschland leistet in der Havelregion bereits seit zwei Jahrzehnten bemerkenswerte Arbeit. Gemeinsam mit der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, den Kommunen, Landkreisen und Bundesländern werden hier die Ziele des natürlichen Klimaschutzes und des Naturschutzes vorbildlich umgesetzt.

Mit dem Wiederanschluss der einstigen Flussarme an die Havel kann Wasser aus dem Fluss die Auen wieder besser durchströmen und zugleich Sauerstoff und Nährstoffe dorthin bringen. Die überfluteten Wiesen haben eine wichtige Funktion als Laich- und Aufwuchsplatz für zahlreiche Fischarten, zum Beispiel den Hecht. Auch Pflanzen wie die Sumpfdotterblume und Vogelarten wie Bekassine und Kiebitz profitieren von der Renaturierung und finden wieder bessere Lebensbedingungen.

Dass Deutschlands Wasserstraßen wieder naturnäher werden, ist auch der Zweck des Bundesprogramms „Blaues Band Deutschland“ (BBD), einer Initiative von Bundesverkehrsministerium (BMDV) und Bundesumweltministerium (BMUV). Mit dem gemeinsam erarbeiteten Programm haben die beiden Ministerien einen Handlungsrahmen für die nächsten Jahre und Jahrzehnte geschaffen. Es soll die Renaturierung von Bundeswasserstraßen und ihren Auen fördern, sodass Fluss, Ufer und Aue wieder miteinander verbunden werden. Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) ist für die Betreuung und Abwicklung von Förderprojekten aus dem „Förderprogramm Auen“ zuständig, einem wichtigen Baustein des Bundesprogramms.

Für das Projekt „Untere Havel zwischen Plaue und Gnevsdorf“ steht ein Gesamtbudget von 9,3 Mill. € bis zum Jahr 2034 zur Verfügung. Neben den 8,4 Mill. € des Bundesumweltministeriums aus dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) unterstützt auch das Land Brandenburg das Projekt mit Flächen im Wert von etwa 1,9 Mill. €. Die verbleibenden knapp 900.000 € kommen vom Projektträger Naturschutzbund Deutschland e. V. (NABU). Das Projektgebiet umfasst 5.300 ha der Havelauen auf einer Strecke von 98 km zwischen Plaue und Gnevsdorf in Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

Mit dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz will die Bundesregierung entscheidend dazu beitragen, den allgemeinen Zustand der Ökosysteme in Deutschland deutlich zu verbessern und so ihre Resilienz und ihre Klimaschutzleistung zu stärken. Neben Treibhausgasminderung und Negativemissionen ist auch ein Beitrag zur Klimaanpassung Ziel der Maßnahmen. Die Natur an Land und im Meer soll besser geschützt und widerstandsfähiger werden, um dauerhaft zu den nationalen Klimasziele beizutragen. Zusätzlich ist beabsichtigt, dass sich Land- und Forstwirtschaft nachhaltiger entwickeln und mehr Raum für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt auf den bewirtschafteten Flächen entsteht.

#### Weitere Informationen:

Projektsteckbrief „Untere Havel zwischen Plaue und Gnevsdorf“, Bundesamt für Naturschutz  
<https://www.bfn.de/projektsteckbriefe/untere-havel-zwischen-plaue-und-gnevsdorf>

Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“, Bundesamt für Naturschutz  
<https://www.bfn.de/thema/bundesprogramm-blaues-band-deutschland>

Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz, Bundesamt für Naturschutz  
<https://7m8cg.r.sp1-brevo.net/mk/cl/f/sh/6rqJfgq8dISIVUdrQq5M6FRXlC/vWaGz-MyumzP>

*(aus: Pressemitteilung Bundesamt für Naturschutz vom 24. Juni 2024)*

### Stellungnahme der Nationalen Akademie der Wissenschaften zur Revitalisierung von Mooren und Auen

Naturnahe Moore und Auen schützen als Kohlenstoffspeicher das Klima. Durch ihren Wasserrückhalt puffern sie Hochwasser- und Trockenperioden ab. Nicht zuletzt sichern sie Lebensräume für gefährdete Arten. In Deutschland sind jedoch rd. 94 % der Moore trockengelegt sowie nahezu alle Überflutungsgebiete, also Auen, von den Flüssen abgeschnitten. Die kürzlich erschienene Stellungnahme der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina mit dem Titel „Klima – Wasserhaushalt – Biodiversität: Für eine integrierende Nutzung von Mooren und Auen“ betont die Notwendigkeit der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen.

Die Stellungnahme zeigt Handlungsoptionen auf, um die nationalen und internationalen Verpflichtungen im Klima-, Gewässer- und Biodiversitätsschutz zu erreichen und diese Flächen trotz-

dem wirtschaftlich nutzen zu können. Moore speichern etwa 10 % des globalen Süßwassers. Auen erfüllen durch den Wasserrückhalt bei Hochwasser bzw. den Wasserrückstroms in Trockenzeiten ebenfalls wichtige Funktionen für den Wasserhaushalt. Nirgendwo in Mitteleuropa ist die Artenvielfalt so hoch wie in diesen Feuchtgebieten. Für einen erfolgreichen Transformationsprozess hin zu naturnahen Moor- und Auenflächen wird ein systemischer Ansatz benötigt, der zugleich den Wasserhaushalt, verschiedene Nutzungsoptionen, aber auch rechtliche Aspekte berücksichtigt und dabei den Klima- und Biodiversitätsschutz gewährleistet.

Die Bewältigung all dieser Aufgaben ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, zu der viele Institutionen und Akteure beitragen. Wie wichtig natürliche Überflutungsflächen sind, wurde bei den letzten Hochwasserkatastrophen in Bayern, im Saarland und in Nordrhein-Westfalen abermals deutlich.

In der Stellungnahme beschreiben die Autoren den aktuellen Zustand der Moore und Auen in Deutschland. Um die Klimaziele zur Begrenzung der Erderwärmung zu erreichen, müssten bis zum Jahr 2050 nahezu alle entwässerten Moorflächen Deutschlands wiedervernässt werden. Die am 17. Juni 2024 vom EU-Umweltrat verabschiedete Verordnung zur Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration Law) legt Ziele zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen für die Europäische Union fest. Auch die UN-Biodiversitätskonvention hat bis zum Jahr 2030 den Schutz und die Renaturierung von mindestens 30 % der weltweiten Land-, Süßwasser- und Meeresflächen festgeschrieben. Dabei sollten jene Flächen Vorrang haben, die überproportional zum Klima- und Biodiversitätsschutz beitragen. Dazu zählen Moore und Auen.

Die Verfasser der Stellungnahme betonen, dass der Schutz der noch intakten Moore und frei fließenden Gewässer die höchste Priorität haben sollte. Bei der Wiedervernässung trockengelegter Moore müssten Lösungen für die Flächenkonkurrenz gefunden werden. Dazu ist es nötig, alle Akteure aus Bund, Ländern und Kommunen, aus Verwaltung, Verbänden, die Landeigentümer sowie die Landnutzenden in diesen Prozess einzubinden. Zudem sollten schnell realisierbare Maßnahmen anhand einheitlicher Kriterien identifiziert werden. Hierzu zählen insbesondere Wiedervernässungsmaßnahmen in Schutzgebieten sowie auf Flächen, deren Eigentümerinnen und Eigentümer eine hohe Bereitschaft zeigen, kurzfristig auf alternative Nutzungen zuzugehen oder einem Flächentausch zuzustimmen. Bei der Renaturierung von Auen gelte es zu prüfen, bei welchen Flüssen der mit der Renaturierung verbundene Nutzen höher zu gewichten ist als die Nutzung der Auenflächen durch den Menschen.

Für trockengelegte Moorstandorte, die intensiv für die Landwirtschaft genutzt werden, empfiehlt die Stellungnahme, gemeinsam mit den Landwirten neue Nutzungskonzepte zu entwickeln und finanziell zu fördern, beispielsweise die Umstellung auf sogenannte Paludikulturen zur Erzeugung von Biomasse wie Rohrkolben, Schilf und Erlen, Beweidung auf Nassweiden oder die Nutzung als Standort für Photovoltaikanlagen. Die Fachleute sprechen sich außerdem dafür aus, Ökosystemleistungen zu honorieren. Wenn der Moorschutz in den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel einbezogen wird, könnten Landbesitzende ökonomisch davon profitieren, dass ihre Flächen wiedervernässt werden. Im Gegenzug sollten klimaschädliche Subventionen, die noch

immer die Entwässerung der Landschaft fördern, abgeschafft werden.

Die Stellungnahme wurde von der interdisziplinär besetzten Arbeitsgruppe „Klima, Biodiversität, Rohstoffe: Für eine integrierte Nutzung von Mooren und Auen“ erarbeitet. Beteiligt waren Forschende aus den Bereichen Ökologie, Biologie, Hydrologie, Soziologie, Agrartechnik und Umweltökonomie sowie den Rechtswissenschaften.

#### Veröffentlichung:

Nationale Akademie der Wissenschaften (2024): Klima – Wasserhaushalt – Biodiversität: Für eine integrierende Nutzung von Mooren und Auen. Stellungnahme, 132 Seiten.

DOI: 10.26164/leopoldina\_03\_01185

#### Weitere Informationen:

Interaktives Portal „Moore und Auen“,

Nationale Akademie der Wissenschaften

<https://interaktiv.leopoldina.org/mooreundauen>

*(aus: Pressemitteilung Nationale Akademie der Wissenschaften vom 27. Juni 2024)*

## Verbesserung der Ökosysteme zum Schutz des Klimas – Klimaschutz auf Flächen des Nationalen Naturerbes

Zum Schutz des Klimas ist eine deutliche Verbesserung unserer Ökosysteme nötig – nur so können sie Kohlendioxid binden oder Wasser in der Landschaft halten, um diese vor Dürre, Hitze oder Starkregen und dessen Folgen zu schützen. Dafür startet die DBU Naturerbe GmbH, eine Tochtergesellschaft der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, das Modellvorhaben „Natur ErbeKlima“. Ziel ist es, Machbarkeitsstudien und umsetzungsorientierte Maßnahmenkonzepte für den natürlichen Klimaschutz auf den Flächen des Nationalen Naturerbes zu erarbeiten. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUV) und das Bundesamt für Naturschutz (BfN) fördern das Vorhaben im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) mit insgesamt rund 2,2 Mill. €. Am 19. Juli haben Vertreter des Bundesumweltministeriums den Förderbescheid überreicht, damit Maßnahmen erarbeitet werden können, um den natürlichen Klimaschutz beschleunigt in die Fläche zu bringen.

Intakte Ökosysteme stellen die wichtigsten Verbündeten gegen die Klimakrise dar, denn sie sind in der Lage, Kohlendioxid in großen Mengen aufzunehmen und zu speichern. Im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz sollen demnach gezielt Projekte gefördert werden, die die Natur stärken und das Klima schützen. Maßnahmenkonzepte, die jetzt im Projekt „NaturErbeKlima“ entwickelt werden, haben Vorbildcharakter und sind übertragbar – damit wird der natürliche Klimaschutz in der Fläche umgesetzt.

Auf diese Weise soll auch gleichzeitig besondere Verantwortung für die vielfältigen Landschaften in Deutschland übernommen werden. Der geplante Schutz unterstützt nicht nur die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme gegen das sich ändernde Klima, sondern fördert auch den Artenreichtum dieser Flächen. Die DBU Naturerbe GmbH macht sich mit dem Projekt „NaturErbeKlima“

für den natürlichen Klimaschutz auf den ihr übertragenen Flächen stark und begegnet so der Klima- und der Biodiversitätskrise gleichermaßen.

Die Nationalen Naturerbeflächen in der Verwaltungshoheit der DBU Naturerbe GmbH bieten die Möglichkeit, auf vielfältigen und dauerhaft für den Naturschutz gesicherten Flächen Maßnahmen des natürlichen Klimaschutzes umzusetzen. Im Projekt „NaturErbeKlima“ wird für mehr als 3.500 Hektar Flächen in acht Bundesländern der Planungsprozess abgebildet – von der Konzeptentwicklung und Evaluation über die Behördenbeteiligung und Genehmigung bis zur Umsetzungsreife. Machbarkeitsstudien und erste Konzepte adressieren dabei Maßnahmen des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz aus verschiedenen Handlungsfeldern, die für Naturschutzflächen bundesweit von großer Relevanz sind: Schutz intakter Moore und Wiedervernässungen, naturnaher Wasserhaushalt mit lebendigen Flüssen und Auen, Wildnis- und Schutzgebiete sowie Waldökosysteme. Das zweijährige Projekt liefert die Grundlage für ein geplantes Folgeprojekt, in dem die Maßnahmen auf den Flächen des Nationalen Naturerbes umgesetzt werden sollen.

Die DBU Naturerbe GmbH ist eine gemeinnützige Tochtergesellschaft der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Sie verwaltet 70.000 Hektar Flächen des Nationalen Naturerbes in zehn Bundesländern, überwiegend ehemalige militärische Übungsflächen. Die naturschutzfachlichen Kernaufgaben der DBU Naturerbe GmbH umfassen den Schutz der Biodiversität von Offenland- und Waldlebensräumen, die natürliche Entwicklung von Wäldern und eine ökologische Aufwertung von Feuchtgebieten durch die Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes.

Mit dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) will die Bundesregierung entscheidend dazu beitragen, den allgemeinen Zustand der Ökosysteme in Deutschland deutlich zu verbessern und so ihre Resilienz und ihre Klimaschutzleistung zu stärken. Neben Treibhausgasminderung und Negativemissionen bedeutet dies auch einen Beitrag zur Klimaanpassung. Die Natur an Land und im Meer soll besser geschützt und widerstandsfähiger werden, um dauerhaft zu den nationalen Klimaschutzzielen beizutragen. Auch in der Land- und Forstwirtschaft soll die Nachhaltigkeit steigen und mehr Raum für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt auf den bewirtschafteten Flächen zur Verfügung stehen. Das Vorhaben „NaturErbeKlima“ ist eines der Projekte, die das Bundesumweltministerium und das Bundesamt für Naturschutz im Rahmen des ANK fördern.

#### Weitere Informationen:

Projektsteckbrief „NaturErbeKlima“, Bundesamt für Naturschutz  
<https://7m8cg.r.sp1-brevo.net/mk/cl/f/sh/6rqJfgq8dIPRQa3YSDGGF3BgRjY/003OSipKlepQ>

Portal „Nationales Naturerbe“, Bundesamt für Naturschutz  
<https://7m8cg.r.sp1-brevo.net/mk/cl/f/sh/6rqJfgq8dIR6T2LhwWfoAeJc52a/SMzyl1ijHAjP>

Portal „Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz“, Bundesamt für Naturschutz  
[https://7m8cg.r.sp1-brevo.net/mk/cl/f/sh/6rqJfgq8dISIVUdrQq5M6FRXilc/GJG\\_1pHuz0Qc](https://7m8cg.r.sp1-brevo.net/mk/cl/f/sh/6rqJfgq8dISIVUdrQq5M6FRXilc/GJG_1pHuz0Qc)

Portal „Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz  
<https://7m8cg.r.sp1-brevonet/mk/cl/f/sh/6rqJfgq8dIUQXww0v9Uu1qZTLee/9vIEoQA2Vd5J>

*(aus: Gemeinsame Pressemitteilung Bundesamt für Naturschutz und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz vom 19. Juli 2024)*

## Renaturierte Gewässer können Treibhausgasemissionen mindern

Die Rolle der Gewässer als CO<sub>2</sub>-Senken ist bekannt. Im Gegensatz dazu können Gewässer aber auch als Treibhausgas-Quellen zum Klimawandel beitragen – so eine neue Studie des Umweltbundesamtes (UBA). Vor allem veränderte Gewässer emittieren Kohlendioxid, Methan und Lachgas. Renaturierungen und die Wiederanbindung von Auen hingegen tragen dazu bei, diese Emissionen zu verringern und die Gewässer als Treibhausgassenken zu aktivieren.

Natürlicherweise binden Gewässer Kohlenstoff aus der Atmosphäre, speichern ihn in Sedimenten und transportieren ihn über die Flüsse in die Meere. Auch die Pflanzen und Tiere in den Gewässern brauchen Kohlenstoff für ihr Wachstum. Die Nutzung der Gewässer durch die Landwirtschaft oder für die Energiegewinnung hat jedoch dazu geführt, dass 86 % der deutschen Gewässer immer weiter begradigt, vertieft, aufgestaut und mit Ufersicherungen versehen wurden. Diese Eingriffe erhöhen die Treibhausgasemissionen des betreffenden Gewässers.

Bei biologischen und chemischen Abbauprozessen von Pflanzen und anderem organischen Material werden im Gewässer Kohlenstoff und Stickstoff in Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas umgewandelt. Wenn diese Gase nicht in die Atmosphäre entweichen, werden sie im Sediment gespeichert. Diese können dann nur durch natürliche Umlagerungsprozesse entweichen und zum Treibhausgas (THG)-Effekt beitragen, zum Beispiel während eines Hochwassers oder aufgrund von Aufwirbelungen. Allerdings ist der Abtransport des Sediments durch die menschengemachte Verbauung der Flüsse stark eingeschränkt.

Zusätzlich sammelt sich beispielsweise in Rückstauereichen von Querbauwerken und Dämmen organisches Material (Blätter, abgestorbene Pflanzenteile, Algen etc.), das bei der Zersetzung Treibhausgase bildet. Zudem verbraucht die Zersetzung Sauerstoff, was die Methanproduktion verstärken kann. Methan ist in seiner negativen Auswirkung auf das Klima fast 30-mal stärker als Kohlenstoffdioxid. Diese Prozesse mindern das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial von Wasserkraftanlagen, auch wenn diese Art der Stromproduktion aus regenerativen Energiequellen deutlich klimaschonender ist als die Verbrennung fossiler Brennstoffe.

Um Treibhausgas-Emissionen aus Gewässern zu vermeiden, sind Renaturierungen, also die naturnahe Gestaltung von Wasserläufen, die Verminderung von Nährstoffeinträgen und eine Vermeidung von Rückstauereichen an Querbauwerken, besonders effektiv. Eine neue UBA-Studie zeigt, dass Renaturierungen moderat bis hoch zur Treibhausgasminde rung beitragen können. Dazu gehört die Wiederanbindung von Auen als Treibhaus-

gas-Senken, in denen durch die Bildung von Auenböden und Vegetation Treibhausgase gebunden werden können. Eine hohe Effektivität haben Maßnahmen zur vollständigen oder deutlichen Verbesserung der Wasserführung und die Vermeidung von Rückstauereichen.

Die Auswertung von über 250 wissenschaftlichen Studien hat gezeigt, dass bei den bisherigen Treibhausgas-Bilanzen die Emissionen aus Gewässern unterschätzt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass der potenzielle Treibhausgas-Ausstoß durch Oberflächengewässer höher ist als bisher angenommen. Hier arbeitet das UBA an einer validen Erfassung der Treibhausgas-Emissionen.

Der Schutz und die Wiederherstellung von Gewässer-Ökosystemen sind notwendig, um die Treibhausgas-Emissionen zu verringern. Außerdem trägt beides nicht nur zur Klimawandelanpassung bei, sondern auch zum Ziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie: einem „guten Zustand“ für alle Gewässer in Europa. Auch gemäß der neuen EU-Wiederherstellungsverordnung müssen bis 2030 Süßwasser-Ökosysteme renaturiert werden.

### Studie:

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2024): Climate-relevant greenhouse gas emissions of inland waters in Germany and estimation of their mitigation potential by restoration measures: A review. Autoren: Breznikar, A. & D. Mehl; Texte 107/2024, 130 Seiten, Verlag Umweltbundesamt.

Download: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) unter /publikationen

### Weitere Informationen:

Umweltbundesamt  
[www.uba.de](http://www.uba.de)

Überblick über Renaturierungsmaßnahmen  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/verbesserungsmassnahmen/gewaesserrenaturierung-start#informationsplattform-unterstutzt-potenzielle-massnahmentraeger>

EU-Wiederherstellungsverordnung  
<https://www.bfn.de/abkommen-richtlinie/wiederherstellungs-verordnung-verordnung-eu-20241991-des-europaeischen>

*(aus: Pressemitteilung Umweltbundesamt vom 31. Juli 2024)*

## Bayern

### Erstellung von Mooremissionskarten im Projekt KliMoBay

Im Projekt KliMoBay wurde im Jahr 2020 eine bayernweite Mooremissionskarte erstellt. Das Peatland Science Centre (PSC) hat mittlerweile die Emissionen aus Moorböden für alle Landkreise Bayerns aufbereitet.

Diese Emissionskarten in PDF-Form sind höher aufgelöst als die bayernweite Karte und eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die räumliche Priorisierung von Maßnahmen im Moor zum Klimaschutz sowie zur Anpassung an den Klimawandel. Die Gesamtemissionen Bayerns wurden aufgrund einer detaillierten

regionalen Datengrundlage ermittelt. Mit diesen Karten kann daher auch die Effizienz der potenziellen Klimaschutzleistung identifiziert werden.

In der Mooremissionskarte von Bayern sowie in den einzelnen Landkreiskarten sind sechs Emissionsklassen dargestellt, die von blau (niedrig, also gut) nach rot (hoch, also schlecht) verlaufen. Der Wert zeigt die Emissionen in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Hektar und Jahr. Um die Emissionen einer spezifischen Fläche zu berechnen, muss dieser Wert noch mit der Flächengröße multipliziert werden.

Die Modellierung der Treibhausgase (THG) basiert auf einem einzigartigen bayerischen THG-Datensatz aus Hauben- und Eddy-Kovarianz-Daten des Peatland Science Centre (PSC) der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) von rd. 150 Messjahren. Die Karten werden zum freien Download auf der Webseite des PSC angeboten.

Die bayernweite Mooremissionskarte ist als Ergebnis des Forschungsprojekts KliMoBay entstanden. Dieses wurde im Rahmen des Förderprogramms „Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)“ im Auftrag des Bayerischen Umweltministeriums von März 2019 bis Ende Dezember 2022 durchgeführt. Leadpartner war das Peatland Science Centre (PSC) der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Kooperationspartner waren die Technische Universität München (TUM), die Ludwig-Maximilian-Universität München (LMU) und die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

#### Weitere Informationen:

Projekt Klimaschutz- und Anpassungspotenziale in Mooren Bayerns (KliMoBay)  
<https://www.hswt.de/forschung/projekt/1335-klimobay>

*(aus: Pressemitteilung Universität Weihenstephan Triesdorf vom 12. August 2024)*

## Hessen

### Leitfaden zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Unterstützung für Städte und Gemeinden bei der Klimaanpassung

Damit sich Kommunen besser auf die Herausforderungen des Klimawandels, insbesondere auf häufigere Starkregenereignisse und längere Trockenperioden, vorbereiten können, hat das hessische Landwirtschafts- und Umweltministerium einen Leitfaden mit dem Titel „Versickerung, Retention und Verdunstung als Beitrag zur wassersensiblen Siedlungsentwicklung“ entwickelt. Dadurch sollen die Städte und Gemeinden bei der Klimaanpassung unterstützt werden. Der neue Leitfaden bietet Kommunen und Planern Informationen und Anregungen dafür, eine wassersensible Siedlungsentwicklung in neuen Baugebieten von Anfang an in die Planung einzubinden und den Siedlungsbestand wassersensibler zu gestalten.

Praxisbeispiele aus Hessen zeigen, dass sich einige Kommunen bereits darauf vorbereitet haben, eine wassersensible Stadtentwicklung zum Vorteil ihrer Bürger umzusetzen. So berichtet die Stadt Offenbach von ihren Erfahrungen und weiteren Plänen auf

dem Weg zur Schwammstadt. Dazu fördert sie beispielsweise Maßnahmen zur Dach- und Fassadenbegrünung, Entsiegelungen und den Einbau von Zisternen.

Aber nicht nur durch Förderungen wollen die Kommunen auf eine wassersensible Siedlungsentwicklung hinarbeiten. Satzungen in der Bauleitplanung sollen sicherstellen, dass wassersensible Siedlungsentwicklung von Anfang an mitgedacht wird. So ist zum Beispiel in der Stadt Frankfurt die „Gestaltungssatzung Freiraum und Klima“ in Kraft getreten. Sie sorgt dafür, dass bei allen Neu- und Umbauten im Stadtgebiet eine klimaangepasste Gestaltung von Gebäuden und Freiflächen sicherzustellen ist.

Während es früher Ziel war, Niederschlagswasser möglichst schnell aus den Siedlungsbereichen abzuleiten, soll es nunmehr zurückgehalten, versickert oder genutzt werden. So kann es zum Beispiel durch Verdunstung dazu beitragen, in heißen Sommern den Aufenthalt im Freien erträglicher zu gestalten. Die Überflutungsfahr durch Starkregen im Siedlungsbereich lässt sich zudem vermindern und die Grundwasserneubildung verbessern.

Der vom Hessischen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Wirtschaftsministerium erstellte Leitfaden wurde durch Fachbüros erarbeitet und soll das Verständnis und die Akzeptanz für eine dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung in Siedlungen erhöhen sowie die Bauleitplanung hinsichtlich einer wassersensiblen Siedlungsentwicklung optimieren. Er stellt die Handlungsmöglichkeiten, das rechtliche Instrumentarium sowie die Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen für eine dezentrale Niederschlagsbewirtschaftung dar.

#### Weitere Informationen:

<https://landwirtschaft.hessen.de/wasser>

*(aus: Pressemitteilung Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat vom 11. Juli 2024)*

## Mecklenburg-Vorpommern

### Intensivierung der Gewässerbewirtschaftung im Elbe-Einzugsgebiet

In Deutschland werden zehn Bundesländer entweder von der Elbe selbst oder von ihren Nebenflüssen durchströmt. Sie alle gehören der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FFG Elbe) an, deren Vorsitz noch bis zum Jahresende bei Mecklenburg-Vorpommern liegt. Im Laufe der 20 Jahre seit ihrer Gründung hat sich die nationale und internationale Koordinierung und Abstimmung der Bewirtschaftung der Gewässer nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRRL) zur einer Schwerpunktaufgabe der FGG Elbe entwickelt. Außerdem sind die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken gemäß der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) von besonderer Bedeutung. Dabei arbeitet die Flussgebietsgemeinschaft Elbe auch eng mit dem Bund zusammen, denn Hochwasser kennt keine Ländergrenzen, und auch der Gewässerschutz muss bei einem solchen großen Fluss länderübergreifend eng abgestimmt und koordiniert werden.

Die Elbe ist eine wichtige Lebensader für Mensch und Tier. Ihr Wasserstand und die Wasserqualität sind für weite Teile Deutschlands von besonderer Bedeutung. Daher ist es sinnvoll, dass die Elbe-Anrainer für ihren Strom vertrauensvoll zusammenarbeiten. Hier kann die Flussgebietsgemeinschaft seit zwei Jahrzehnten punkten. Während seiner Zeit im Vorsitz, 2021 bis 2024, war das Land Mecklenburg-Vorpommern in der Lage, u. a. den Haushalt der FGG Elbe zu sanieren. Dazu wurden die Beitragszahlungen der Bundesländer so angepasst, dass sie den Erfordernissen an gestiegenen Personal-, Sach- und Projektkosten entsprechen, da auch die Bewirtschaftung von Gewässern teuer geworden ist.

Für wichtige Hochwasserschutzprojekte, zum Beispiel die Sanierung des Rüterberger Deiches in Dömitz, wurden rd. 1,2 Mill. € investiert. Dabei ist ein ca. 460 m langer Deich entstanden, der dem neuesten Stand der Technik und Wissenschaft entspricht. Es ist an der Elbe in Mecklenburg-Vorpommern der erste fertiggestellte Deichabschnitt, welcher nach dem neusten Bemessungshochwasser errichtet wurde. Das Bauwerk schützt etwa 8,5 ha Landesfläche mit Wohnbebauung vor Hochwasser.

In der Vergangenheit beruhte die Deichhöhe des Rüterberger Deiches auf einer Bemessungsgrundlage aus dem Jahr 1983. Aufgrund der vergangenen „Jahrhunderthochwasser“ in den Jahren 2002, 2006, 2011 und 2013 wurde die Bemessungsgrundlage – das Bemessungshochwasser, welches statistisch einmal in hundert Jahren auftritt (HQ100) – durch eine 2D-Gewässermodellierung der Elbe neu berechnet und damit nach Berücksichtigung der genannten Hochwasserereignisse auf einen aktuellen Stand gebracht. Aus den Berechnungen ergab sich die Erkenntnis, dass der Rüterberger Deich um ca. 80 cm zu niedrig war. Im Ereignisfall würde das Wasser nur 20 cm unter der Deichkrone stehen. Der Stand der Technik besagt aber, dass zwischen einem Bemessungshochwasser und der Deichkrone mindestens 100 cm Abstand sein müssen. Neben der Neuberechnung der benötigten reinen Deichhöhe lagen der Sanierung auch die Erfahrungen aus dem Hochwasser im Jahr 2013 zugrunde. Der Rüterberger Deich hatte damals extreme Sickerstellen zu verzeichnen, sodass Feuerwehren und Anwohner der Ortschaft eine erhebliche Anzahl von Sandsäcken am Deich verlegen mussten, um ihn abzudichten.

Der Bund stellt jährlich über den Sonderrahmenplan „Präventiver Hochwasserschutz“ 100 Mill. € für Projekte des Nationalen Hochwasserschutzprogramms zur Verfügung. Mit diesen Mitteln werden ausschließlich Projekte finanziert, die regionalübergreifend wirken. Die größten Projekte an der Elbe befinden sich in Sachsen-Anhalt und Brandenburg, von denen die Unterlieger wie Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein profitieren. Hier ist beispielsweise die Optimierung der Havelpolder zu nennen, in denen auf einer Fläche von insgesamt 11.700 ha rund 125 Mill. m<sup>3</sup> Wasser zwischengespeichert werden kann. Mit dem Havel Schlauch ist es sogar möglich, bis zu 286 Mill. m<sup>3</sup> Wasser zurückzuhalten, was den Hochwasserscheitel bei den Unterliegern um bis zu 45 cm absenkt. Neben diesen Investitionen des Bundes in die Verbesserung des Hochwasserschutzes gibt das Land Mecklenburg-Vorpommern jährlich ca. 700.000 € Landesmittel für die Unterhaltung der rd. 122 km Deiche an der Elbe und im Rückstaugebiet der Elbe aus.

#### Weitere Informationen:

Portal „Gewässerunterhaltung und -ausbau“, Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern  
<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/Im/Umwelt/Wasser/Gewaesserunterhaltung-und-ausbau/>

(aus: Pressemitteilung Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern vom 31. Juli 2024)

## Niedersachsen

### BMBF-Projekt WAKOS: Wasser an den Küsten Ostfrieslands

Was passiert in Ostfriesland, wenn Sturmfluten und Starkregenereignisse gleichzeitig und über einen längeren Zeitraum auftreten? Welche Auswirkungen haben diese Ereignisse auf den Insel- und Küstenschutz, die Binnenentwässerung, die Süßwasserversorgung und damit auf das Leben auf dem Festland und den Ostfriesischen Inseln? Und welchen Einfluss hat der Klimawandel auf all diese Szenarien? Das Forschungsprojekt WAKOS (Wasser an den Küsten Ostfrieslands) untersucht die Möglichkeiten zur Anpassung der Nordseeküste an den Klimawandel.

Wasser und damit verbundene Naturgefahren stellen die ostfriesischen Küsten sowohl kurzfristig im Risikomanagement als auch langfristig bei der Anpassung an den Klimawandel vor große Herausforderungen. Hierbei spielen Prozesse wie die zu erwartende Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs, Sturmfluten, Starkregenereignisse oder Dürreperioden wesentliche Rollen, da sie die Küstenerosion, Grundwasserneubildung oder Salzwasserintrusion beeinflussen und dadurch Bereiche wie die Wasserwirtschaft und den Küstenschutz mit neuen Aufgaben konfrontieren. Denn Ostfriesland ist wie viele andere Küstenniederungen dadurch geprägt, dass Wasser die Region von mehreren Seiten gefährdet.

Die zum großen Teil unterhalb des mittleren Meeresspiegels gelegene Festlandsküste wird bereits heute durch eine massive, nahezu durchgehende Deichlinie vor Überschwemmungen durch Sturmfluten geschützt. Aber auch ergiebige Regenfälle können Überflutungen in den Niederungsgebieten verursachen. Übersteigt die Niederschlagsmenge die Entwässerungskapazität der Siel- und Schöpfwerke, steigen die Binnenwasserstände nach und nach an, was die Speicherkapazität des Gewässernetzes und der Böden an ihre Grenzen bringt. Durch einen steigenden Meeresspiegel verkürzen sich die potenziellen Sielzeitfenster. Gleichzeitig werden zukünftig wahrscheinlich in den Wintermonaten größere Regenmengen fallen und die Situation zusätzlich verschärfen. Neben der zunehmenden Bedrohung durch Hochwasserereignisse führt der Meeresspiegelanstieg aber auch zu einer fortschreitenden Versalzung der Grundwasserressourcen. Im Projekt WAKOS wird am Beispiel der Süßwasserlinse von Norderney die Süßwasserversorgung auf den Inseln hinsichtlich Klimaresilienz und -anpassung untersucht.

Die Forschungsstelle Küste im NLWKN erforscht in diesem Zusammenhang die morphologische Reaktion des Insel- und Küstenvorfeldes auf ein sich veränderndes Klima. Für die Sicherheit der Deiche und Schutzdünen haben Änderungen im Bereich der Watten, Riffbögen und Vorländer weitreichende Auswirkungen, da der bemessungsrelevante Seegang durch die verfügbaren Wassertiefen bestimmt wird. Änderungen im Tidenhub oder in der vorherrschenden Seegangsrichtung können die Fähigkeit der Watten einschränken, mit dem Meeresspiegelanstieg mitzuwachsen, wodurch die Festlandsdeiche stärkeren Belastungen ausgesetzt wären. Sedimentdefizite in den Riffen und an den Stränden gefährden außerdem die Schutzdünen, was sich auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung der Inseln auswirkt.

Der Klimawandel beeinflusst jedoch nicht nur das natürliche System, sondern auch die Gesellschaft und das gesellschaftliche Handeln in der Küstenzone. Entscheidungen über Anpassungsmaßnahmen sind von Unsicherheit und Komplexität geprägt, die sich aus dem Zusammenspiel von klimatischen, demografischen und wirtschaftlichen Veränderungen ergeben. Als logische Konsequenz müssen Entscheidungsprozesse zur Klimaanpassung nicht nur klimatischen Veränderungen, sondern auch gesellschaftlichen Notwendigkeiten und Interessen Rechnung tragen und bereits frühzeitig zentrale Akteure wie Verbände, Kommunen und das Land einbeziehen. Um den Folgen des Klimawandels vorausschauend begegnen zu können, benötigen diese Akteure entscheidungsrelevantes Wissen über die potenziellen Klimawandelfolgen. Ziel des WAKOS-Projekts ist es, genau solches Wissen für Ostfriesland bereitzustellen, nutzerfreundlich aufzubereiten und die Akteure damit im Hinblick auf die langfristige Anpassung von Küstenschutz und Wasserwirtschaft zu unterstützen.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des RegKlim-Programms (Regionale Informationen zum Klimahandeln) gefördert. In der ersten Förderphase von 2020 bis 2024 lag der Fokus auf einem verbesserten Verständnis potenzieller Klimafolgen für die Region sowie auf der Entwicklung geeigneter Modellwerkzeuge für die Untersuchungen. Dagegen gilt es, in der zweiten Förderphase von 2024 bis 2027 dieses Wissen in nutzbare und nützliche Produkte und Formate zu überführen, um regionale Akteure und die Zivilgesellschaft beim Anpassungshandeln zu unterstützen. Es arbeiten dafür sechs Verbundpartner des Helmholtz-Zentrums hereon, der Universitäten Hamburg und Oldenburg sowie der Jadehochschule und der Forschungsstelle Küste des NLWKN zusammen. Unterstützt wird das Vorhaben durch die assoziierten Partner vom Niedersächsischen Kompetenzzentrum Klimawandel (NIKO) und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

#### Weitere Informationen:

Website des Projektes WAKOS

[https://www.nlwkn.niedersachsen.de/fsk/fsk\\_forschungsprojekte/wakos-wasser-an-den-kuesten-ostfrieslands-233211.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/fsk/fsk_forschungsprojekte/wakos-wasser-an-den-kuesten-ostfrieslands-233211.html)

*(aus: Pressemitteilung Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz vom 18. Juli 2024)*

## Niedersachsen

### Aktualisierte Rote Liste gefährdeter Biotoptypen erschienen

Gewässer, Moore, Sümpfe oder Wälder – hier kommen die meisten stark gefährdeten Biotoptypen vor. Die Gründe sind vielfältig. Bäche, Flüsse und Seen beispielsweise wurden in der Vergangenheit durch Stoffeinträge sowie hydrologische und strukturelle Veränderungen stark verändert und sind deshalb gefährdet. Einen Überblick über die Situation in Niedersachsen bietet die Rote Liste Biotoptypen, die vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) herausgegeben wird. Erstmals seit zehn Jahren hat der Landesbetrieb jetzt eine aktualisierte Version veröffentlicht. Diese stellt eine wichtige Bewertungsgrundlage für die Umsetzung künftiger Naturschutzmaßnahmen dar.

Für Bewertungsverfahren im Rahmen der Landschaftsplanung und der Eingriffsregelung ist eine Einstufung der Biotoptypen nach verschiedenen Kriterien erforderlich, die regelmäßig mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen abgeglichen und aktualisiert werden. Nach einer intensiven Überarbeitung ist nun zehn Jahre nach der letzten Veröffentlichung eine aktualisierte Rote Liste verfügbar. Neben der Gefährdungseinstufung der Biotoptypen enthält die Aktualisierung auch Informationen über die Kriterien Regenerationsfähigkeit, Wertstufen, Grundwasserabhängigkeit oder Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffeinträgen und Entwicklungstendenzen der einzelnen Biotoptypen. Sie bildet damit eine wichtige Grundlage, um gefährdete Biotope zu identifizieren und zu erhalten.

Hauptursachen für die starke Gefährdung der meisten Moorbiotope sind ein gestörter Wasserhaushalt, Nährstoffeinträge und starke Flächenverluste durch früheren Torfabbau und Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung. Zusätzlich haben Trockenperioden und der großflächige Moorbrand in der Tinner Dose im Jahr 2018 die Situation in Niedersachsen verschärft. Darüber hinaus weisen auch viele Waldtypen einen hohen Gefährdungsgrad auf. Dies ist unter anderem auf einen gestörten Wasserhaushalt der Moor- und Auwälder sowie auf Nutzungsänderungen zurückzuführen. Weitere Gefährdungsfaktoren sind das Eschentriebsterben sowie Trockenheit als Folge des Klimawandels.

Neben den natürlichen und naturnahen Biotoptypen umfasst die Rote Liste auch alle weiteren Biotoptypen, die im Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen aufgeführt sind, wie die stark vom Menschen geprägten Acker- und Siedlungsbiotope. Diese sind aufgrund ihrer weiten Verbreitung, geringer Flächenverluste und guter Regenerationsfähigkeit weniger gefährdet als die naturnäheren Biotope.

Die Rote Liste ist im Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen erschienen und kann in digitaler Form auf der Website des NLWKN heruntergeladen werden. Zusätzlich dazu gibt es auf der NLWKN-Website einen ausführlichen Textanhang, der den aktuellen Zustand der Biotoptypen und die Ableitung des Gefährdungsgrades beschreibt.

**Weitere Informationen:**

Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen  
<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/infodienst-download/>

*(aus: Pressemitteilung Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz vom 17. Juli 2024)*

**Niedersachsen****EU-LIFE+-Projekt „Hannoversche Moorgeest“: Hohe Wasserstände nach intensiven Baumaßnahmen**

Mit dem Abschluss der dritten Bauphase kann das EU-geförderte LIFE+-Projekt „Hannoversche Moorgeest“ beachtliche Erfolge verzeichnen. Nach ertragreichen Regenfällen sind die Projekt-Moore so nass wie lange nicht mehr. Trotz sehr schwieriger Bedingungen ließen sich bereits mehr als zwei Drittel der umfangreichen Baumaßnahmen erfolgreich umsetzen. Der Abschluss der Maßnahmen ist für den Winter 2026 bis 2027 geplant.

Mit dem Abschluss der dritten Bauphase sind die Erfolge deutlich sichtbar: Die umfangreichen Arbeiten im Otternhagener und im Bissendorfer Moor sowie starke Niederschläge in der zweiten Jahreshälfte 2023 führten zu erheblich höheren Wasserständen im Torfkörper und Grundwasserleiter. Sechs verschiedene Bauunternehmen haben seit 2021 Arbeitstrassen freigestellt, Torfdämme errichtet und Gräben verschlossen. Das Ergebnis: Das Regenwasser bleibt im Moor und fließt nicht mehr ungehindert ab. Das ist die Grundvoraussetzung für den Erhalt und die Entwicklung der Lebensräume im Hochmoor und damit der geschützten Tier- und Pflanzenarten, die darauf angewiesen sind. Die Gesamtbilanz der bisherigen Arbeiten ist beeindruckend: 93 ha Arbeitstrassen sind von Gehölzen befreit. Dort erstrecken sich auf einer Länge von 41 km Moordämme aus vorhandenem Torf. Sie halten das wertvolle Regenwasser effektiv zurück. Zusätzlich verhindern 326 Verschlusspunkte in Entwässerungsgräben den bisherigen Wasserabfluss. Die Maßnahmen sind die Basis für die Revitalisierung der vier Hochmoore und tragen damit gleichzeitig zum Klimaschutz bei.

In jedem Jahr ruhen von Anfang März bis Ende Juli die Arbeiten, damit sich die empfindliche Tier- und Pflanzenwelt in den Mooren erholen kann, bevor im August die nächste umfangreiche Bauphase beginnt. 2024 wird gleichzeitig im Bissendorfer, Otternhagener und Helstorfer Moor mit mehreren Bauunternehmen gearbeitet. Zum Einsatz kommen Spezialbagger, deren breite Fahrketten sicherstellen, dass sie nicht im feuchten Moorboden versinken. In besonders nassen Bereichen werden zusätzlich Stahlplatten als Fahrhilfe für eine bessere Tragfähigkeit untergelegt. Im Bissendorfer Moor arbeitet sogar ein Schwimmbagger auf unsicherem Terrain.

Die bereits im Winter 2021 begonnenen Arbeiten im Otternhagener Moor werden kontinuierlich fortgesetzt. Auf den von Gehölzen freigestellten Dammtrassen verlaufen nun auf einer Länge von 21 km Moordämme. Sie sind durchschnittlich 0,8 m hoch und 6 bis 8 m breit. Zusätzlich konnten hier zahlreiche Entwässerungsgräben mit über 180 Grabenkammerungspunkten verschlossen und unwirksam gemacht werden. Aktuell sind bereits mehr als drei Viertel der geplanten Arbeiten zur Optimierung der Wasserstände abgeschlossen. Mit dem Beginn des vierten

Baufensters im August 2024 rollen im Otterhagener Moor erneut Spezialbagger, um die letzten verbleibenden Restarbeiten bis Februar 2025 abzuschließen.

Im Bissendorfer Moor finden seit 2022 die umfangreichsten Bauarbeiten statt. Mehrere Dammlinien um die zentrale baumfreie Fläche des Moores bewirken, dass sich das Regenwasser hinter den Moordämmen sammelt und das Porenvolumen im Torfkörper sukzessive wassergesättigt ist. 120 Messtellen im Projektgebiet und auf den angrenzenden Flächen dokumentieren kontinuierlich die Wasserstände. Auch das Fachteam des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und der Region Hannover überwacht die Wasserstände regelmäßig vor Ort. Im Bedarfsfall greift es regulierend ein: Steuerbare Überläufe ermöglichen ein gezieltes Ablassen des Wassers bei Starkregenereignissen. Darüber hinaus werden der Baufortschritt sowie die Funktionsfähigkeit der Dämme und Überläufe kontinuierlich mit Drohnenbefliegungen dokumentiert.

Die bisher erreichten deutlichen Fortschritte kommen nicht nur den durchziehenden und brütenden Kranichen zugute, sondern insbesondere den torfbildenden Torfmoosen. 25 verschiedene Arten wurden im Projektgebiet nachgewiesen und finden nun wieder bessere Lebensbedingungen vor. Letztlich profitiert das ganze Ökosystem Hochmoor von den nasserem Bedingungen. Hierzu gehören Arten wie der Sonnentau, die Rosmarinheide, der Hochmoorbläuling oder die Libellenart Große Moosjungfer. In der baufreien Phase konnten auch öfter Krickenten-Pärchen oder Seeadler im Projektgebiet beobachtet werden.

Die Fortschritte beim Wasserrückhalt und die erfolgreiche Revitalisierung der Moore sind ein wichtiger Schritt für den Erhalt der Lebensräume, die durch die Flora-Fauna-Habitat-(FFH-) Richtlinie des Bundesamts für Naturschutz geschützt werden. Das LIFE+-Projekt ist ein Best-Practice-Beispiel für gelungene großräumige Wiedervernässung und zeigt auf, was möglich ist, wenn alle Beteiligten an einem Strang ziehen. So wurde es auch im Rahmen des Projektwettbewerbs der UN-Dekade für die Wiederherstellung von Ökosystemen „Moore und Feuchtgebiete“ zum „TOP 10-Projekt 2023“ gekürt. Der Wettbewerb und die Auszeichnung herausragender Projekte sollen dazu beitragen, Initiativen bundesweit mehr Aufmerksamkeit zu verschaffen und die Entstehung neuer Aktivitäten zu fördern.

Die anhaltenden Fortschritte beim LIFE+-Projekt „Hannoversche Moorgeest“ werden nicht nur die Wasserstände in den Mooren optimieren, sondern auch den Grundwasserspeicher langfristig stabilisieren. Die wassergesättigten Moorbereiche führen zu einer schrittweisen Reduzierung der Torfmineralisierung, sodass weniger klimaschädliches Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Das Projekt spielt damit eine entscheidende Rolle im Schutz und Erhalt lebendiger Moore, die als Hotspots der Artenvielfalt und natürliche Kohlenstoffspeicher von großer ökologischer Bedeutung sind. Bis 2027 werden die Bauarbeiten im Projektgebiet fortgeführt, um die ökologische Revitalisierung erfolgreich abzuschließen.

Das Moorgeest-Projektteam des NLWKN besteht aus Mitarbeitenden der Geschäftsbereiche „4 – Regionaler Naturschutz“ in Hannover und „2 – Planung und Bau“ in Sulingen, sowie aus Vertretern der Projektpartnerin Region Hannover. Das Gesamtbudget des Projektes beträgt 17,5 Mill. €. Es wird von der Europä-

ischen Union im Rahmen des EU-Umweltprogramms LIFE+ mit 8,5 Mill. € gefördert, während das Land Niedersachsen und die Region Hannover die restlichen Kosten tragen.

#### Weitere Informationen:

NLWKN-Themenseite zum Projekt

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/life-moorgeest/life-projekt-hannoversche-moorgeest-113670.html>

*(aus: Pressemitteilung Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz vom 18. Juli 2024)*

## Niedersachsen

### Trotz feuchter Witterungsverhältnisse keine Entwarnung beim Grundwasser

Die feuchten Witterungsverhältnisse seit Winter 2023 führten zwar bis zum Sommer dieses Jahres zu deutlichen Erholungen der Grundwasserstände. Die zu erwartenden Folgen des Klimawandels geben jedoch weiter Anlass zur Sorge und erfordern landesweite und regionale Anpassungsstrategien. In der Webanwendung „Grundwasserstandonline“ des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ist die aktuelle Entwicklung einfach mitzuverfolgen.

Nach den anhaltend niedrigen Grundwasserständen der vergangenen Jahre bedeuteten die hohen Niederschläge des Jahres 2023 und vor allem der Winter 2023 auf 2024 vielerorts eine Trendwende. Während die Grundwasserstände seit den Trockenjahren 2018 und 2019 in zahlreichen Regionen auf einem extrem niedrigen Niveau verharrten, wurde die saisonale Absenkung im Sommer 2023 in vielen Messstellen durch die höheren Niederschläge deutlich verzögert. Bereits im Oktober erreichten viele Messstellen, bezogen auf den Monatsmittelwert, einen hohen bis sehr hohen Grundwasserstand. Die Extremniederschläge im Winter führten dann vielerorts auch zu extrem hohen Grundwasserständen. Insbesondere in den ohnehin schnell reagierenden niedersächsischen Tiefländern konnten die Grundwasserstände bisherige Jahreshöchstwerte überschreiten.

Von einer generellen Entwarnung oder Erholung der Grundwasserstände zu sprechen, hält der NLWKN dennoch für unangebracht. Eine positive Entwicklung 2023 konnte nicht an allen Standorten festgestellt werden. In verschiedenen Geeststandorten, insbesondere in der Lüneburger Geest, senkte sich auch 2023 weiträumig das Grundwasser ab.

Hinzu kommt: Wie sich die Winterniederschläge 2023/2024 insgesamt ausgewirkt haben, kann der NLWKN noch nicht abschließend bewerten, da die Grundwasseranstiege regional unterschiedlich deutlich ausfielen. Die bisherigen Auswertungen zeigen aber, dass deutliche Veränderungen der Grundwasserstände bei entsprechenden Witterungsbedingungen auch in kurzen Zeiträumen immer möglich sind. Ob die aktuell günstige Entwicklung von Dauer ist, hängt letztendlich von der Witterungsdynamik der kommenden Jahre ab.

Seit Sommer 2023 lässt sich die Entwicklung des Grundwasserstands in der Webanwendung „Grundwasserstandonline“

anschaulich und tagesaktuell nachvollziehen. Das NLWKN-Informationsportal bietet die Möglichkeit, die Veränderungen des Grundwasserstands in Niedersachsen anhand 161 ausgewählter Grundwassermessstellen zu verfolgen und so einen landesweiten Überblick über die tagesaktuelle Situation des Grundwasserstands zu erhalten. Die veröffentlichten Wasserstandsdaten sollen die natürliche, witterungs- und klimatisch bedingte, langjährige Grundwasserstandsentwicklung sichtbar machen.

Vor dem Hintergrund der Trockenjahre seit 2018 stand bei der Entwicklung der Webanwendung die Betrachtung besonders niedriger Grundwasserstände und deren zeitnahe Entwicklung im Fokus. Der sehr niederschlagsreiche Winter 2023 bis 2024 hat aber gezeigt, dass auch ein großes Interesse an kurzfristig verfügbaren Informationen rund um die Entwicklung des Grundwasserstands bei besonders hohen Wasserständen besteht. Am 18. Juni 2024 zum Beispiel wiesen mit 131 von 161 insgesamt 81 % der Messstellen weiterhin hohe bis sehr hohe Grundwasserstände auf. An zahlreichen Messstellen wurden sogar Höchstwerte relativ zum Monatsmittelwert im Referenzzeitraum überschritten, der i. d. R. die Jahre 1991 bis 2020 umfasst. Die bisherigen Anfragen und Rückmeldungen belegen ein großes Interesse seitens der Presse und der breiten Öffentlichkeit an dieser Darstellungsform und bescheinigen eine rege Nutzung des Angebots. Es bestehen daher Überlegungen, das Angebot auszubauen und weitere Grundwassermessstellen darzustellen.

#### Weitere Informationen:

Webanwendung „Grundwasserstand online“

[www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de](http://www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de)

Grundwasserbericht Niedersachsen

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwasserbericht/grundwasserbericht-150294.html>

NLWKN-Themenseite zum Grundwasser

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwasser-42559.html>

*(aus: Pressemitteilung Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz vom 18. Juli 2024)*

## Nordrhein-Westfalen

### Wertvolle Moore: Lebensraum, Klimaschützer und Wasserspeicher in einem

Das Umweltministerium Nordrhein-Westfalen treibt die Renaturierung von Mooren weiter voran, damit diese noch besser zur Bewahrung der biologischen Vielfalt, zum natürlichen Klimaschutz und zu einem ausgeglichenen Wasserhaushalt beitragen können. Moore sind nicht nur bedeutende Kohlenstoffspeicher, sie bieten ebenso wertvolle Lebensräume für seltene Arten und haben eine wichtige Funktion als Wasserspeicher. In den vergangenen Jahrhunderten wurden die früheren Moor-Lebensräume jedoch fast vollständig zerstört und entwässert. Umso wichtiger ist es, dass man sich heute dafür einsetzt, die verbliebenen Moore zu schützen und Potenziale für Renaturierungen zu nutzen. Im Auftrag des Umweltministeriums hat das Landesamt für Natur,

Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) hierfür eine natur-schutzfachliche Potenzialanalyse erarbeitet.

Demnach nehmen Moor-Lebensraumtypen nach der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie heute nur noch rd. 1.620 ha ein. Für die Renaturierung von Mooren besteht laut LANUV ein theoretisches Potenzial von insgesamt 23.260 ha. Da die früheren Moor-Standorte heute aber ganz unterschiedlichen Landnutzungen unterliegen, ist der nächste Schritt, auf dieser Basis gemeinsam mit den relevanten Institutionen zu prüfen, welche Flächen für konkrete Renaturierungsmaßnahmen geeignet sind. Dabei liegt der Fokus vor allem auf bestehenden Schutzgebieten, die etwa die Hälfte des Suchraums einnehmen. Auf der „Moorschutzkonferenz NRW“ am 21. November 2024 in Düsseldorf sollen erste Umsetzungsmöglichkeiten und Fördermöglichkeiten vorgestellt und diskutiert werden. Über die Europäische Union (EU), Bund und Land stehen bereits verschiedene Förderangebote für die Renaturierung von Moorlebensräumen bereit. Weitere Mittel steuert das neue Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) des Bundes bei. Diese gilt es, gemeinsam mit den verschiedenen Partnerinnen und Partnern umfangreich zu nutzen.

Von Moor-Renaturierungen profitieren viele seltene und gefährdete Arten wie die Bekassine und der Moorfrosch, Großlibellen wie die Große Moosjungfer, verschiedene Sonnentau- und Torfmoosarten sowie Orchideen wie das Moor-Knabenkraut. Obwohl Moor-Lebensräume bundesweit nur etwa 5 % der Fläche bedecken, speichern sie etwa so viel Kohlenstoff wie alle Wälder Deutschlands zusammen. Moore spielen daher im Klimaschutz eine wichtige Rolle. Zudem sind Moore bedeutsame Wasserspeicher. Im Verlauf von Dürrephasen kann das in Mooren gespeicherte Wasser dann ausgleichend auf den Landschaftswasserhaushalt und die Grundwasserspiegel wirken.

Die Ursachen des Artenrückgangs und des Verlustes an biologischer Vielfalt sind häufig menschengemacht: Hierzu gehören insbesondere eine anhaltend intensive Flächennutzung, die Zerstörung und Zerschneidung naturnaher Lebensräume und der fortschreitende Flächenverbrauch. So gingen im Jahr 2022 durchschnittlich etwa 5,6 ha pro Tag an Lebensraum für eine Vielzahl von Pflanzen-, Pilz- und Tierarten durch neue Siedlungs- und Verkehrsflächen verloren. Auch die Auswirkungen des Klimawandels führen zu Veränderungen der biologischen Vielfalt.

Mit dem Projekt „Renaturierung von Moorlebensräumen auf der Bergischen Heideterrasse“ setzt sich der Bund für Umwelt- und Naturschutz (BUND) Nordrhein-Westfalen für die Renaturierung von mehr als 60 verschiedenen Moorflächen mit einer Größe von insgesamt 500 ha ein. Hierzu gehören unter anderem die Waldmoore im Naturschutzgebiet Gierather Wald in Bergisch Gladbach.

Zahlreiche Moor-Lebensräume auf der Bergischen Heideterrasse sind von Entwässerungsgräben durchzogen. Hinzu kommen die negativen Auswirkungen des Klimawandels. Um diese Biotope und ihre Ökosystemleistungen zu sichern, möchte der BUND Nordrhein-Westfalen in Absprache mit Flächeneigentümerinnen bzw. Flächeneigentümern und Naturschutzbehörden geeignete Flächen renaturieren und wiedervernässen. Die Bevölkerung wird dabei aktiv über Mitmach-Aktionen im Gelände eingebunden.

Übergangs- und Schwingrasenmoore mit Moorgewässern prägen das Naturschutz- und Fauna-Flora-Habitat-(FFH)-Gebiet „Oppenweher Moor“ in Stemwede im Kreis Minden-Lübbecke, das zu den bedeutendsten Moorbildungen Nordwest-Deutschlands gehört und bis über die Landesgrenze nach Niedersachsen reicht. In Nordrhein-Westfalen stehen rd. 471 ha des Gebietes unter Schutz, wovon Moore etwa 215 ha einnehmen. Die intakten Bereiche des Moorkörpers haben einen guten Erhaltungszustand und sollen als Ausgangspunkt für weitere Verbesserungen der Lebensraumqualität angrenzender Bereiche genutzt werden. Hierzu werden die Flächen entbuscht, um die Verdunstung zu verringern, beweidet und wiedervernässt.

Das Naturschutzgebiet „Weißes Moor“ in Rahden im Kreis Minden-Lübbecke vereint auf kleinem Raum eine Vielzahl ehemals landschaftstypischer und heute stark bedrohter Lebensräume. Eingebettet in landwirtschaftliche Flächen hat das Weiße Moor eine wichtige Bedeutung als Lebensraum für gefährdete Arten und als Trittsteinbiotop für andere Mooregebiete wie das Große Torfmoor oder das Oppenweher Moor. An den zentralen Moorkern mit randlichen Moorbirkenwäldern schließt sich ein Grünlandgürtel mit Heideflächen und Borstgrasrasen, Kleingewässern und Kleingehölzen an. Zur Verbesserung der Lebensräume und des Wasserhaushaltes werden verschiedene Maßnahmen wie die Entbuschung von Flächen, das Verschließen von Gräben und die Entnahme nicht heimischer Pflanzenarten umgesetzt.

Von den vielen engagierten Projekten zur Bewahrung und Renaturierung von Mooren profitieren alle – denn Moore stellen für die Regelung des Wasserhaushalts ganz bedeutende Ökosysteme dar. Gerade im Klimawandel sind gesunde Moore als Kohlenstoffspeicher von zentraler Bedeutung, selbst aber durch lange Trockenphasen zunehmend bedroht. Daher gilt es, an die vielen erfolgreichen Projekte anzuknüpfen und in den verbliebenen Moor-Lebensräumen wieder möglichst natürliche Entwicklungen und Wasserkreisläufe zu ermöglichen.

#### **Fachbericht:**

Naturschutz-Fachkonzept zur Wiederherstellung von Mooren in Nordrhein-Westfalen

Download: <https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte>

#### **Weitere Informationen:**

Portal „Naturschutz in NRW“, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

<https://www.lanuv.nrw.de/natur>

*(aus: Pressemitteilung Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen vom 8. August 2024)*

## **Schleswig-Holstein**

### **Kabinett verabschiedet ersten Entwurf der Novelle des Landeswassergesetzes**

In seiner letzten Sitzung vor der Sommerpause hat das Schleswig-Holsteiner Kabinett am 23. Juli 2024 den ersten Entwurf der Novelle des Landeswassergesetzes (LWG) verabschiedet. Mit der Gesetzesnovelle reagiert die Landesregierung auf die Zunahme

von Extremwetterereignissen im Zuge der Klimakrise und nimmt notwendige gesetzliche Anpassungen nach der schweren Sturmflut im vergangenen Oktober vor. Außerdem werden verschiedene wasserverkehrsrechtliche Bestimmungen in der Zuständigkeit des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie und Tourismus (MWWATT) überarbeitet.

Die Klimakrise stellt Schleswig-Holsteins Wasserwirtschaft vor immer größere Herausforderungen. Das hat die Oktobersturmflut im Jahr 2023 deutlich gezeigt. Mit der Gesetzesnovelle werden wichtige Stellschrauben nachjustiert, um die Küsten des Landes besser zu schützen und gleichzeitig die Wasserressourcen effizienter zu managen. Damit soll das Land klimakrisenfester werden. Gleichzeitig sorgen die Änderungen dafür, dass Schleswig-Holsteins Häfen ihre Bedeutung als wichtige Umschlagplätze weiter steigern und so zur Reduktion der Emissionen im Verkehrssektor beitragen.

Der Gesetzentwurf ist eine ausgewogene Novelle: Zum einen setzt er im Zuge des Meeresspiegelanstiegs um, was erforderlich ist, zum anderen trägt er dem enormen Anpassungsdruck Rechnung, der auf Wasserwirtschaft, Kommunen und den Küstenregionen lastet. Bei allen gesetzlichen Anpassungen ist dabei der Schutz von Menschenleben sowie eine funktionierende Daseinsvorsorge leitend. Es wurden beispielsweise einige innovative Planungs- und Baubeschleuniger für den Küstenschutz in das Gesetz aufgenommen, die die Kommunen in die Lage versetzen, sich besser auf Hochwassersituationen vorzubereiten. Außerdem ermöglicht es die überarbeitete Gesetzeslage den Unterhaltungsverbänden, den lokalen Wasserhaushalt so zu organisieren, dass genügend Wasser in Trockenphasen vorhanden ist und Regenwasser zur Grundwasserneubildung genutzt werden kann.

Der Gesetzentwurf ging anschließend in die Verbändeanhörung und wird danach vom Umweltministerium überarbeitet und erneut im Kabinett behandelt. Anschließend erfolgt die Befassung des Landtags. Inkrafttreten soll die Novelle zum Jahresbeginn 2025.

Wichtige Neuregelungen der LWG-Novelle sind

- die Festschreibung des überragenden öffentlichen Interesses für Bauten des Küstenschutzes sowie des öffentlichen Interesses für den Hochwasserschutz, einschließlich des vorsorgenden Hochwasserschutzes (§ 63);
- die Möglichkeit, zur Verfahrensbeschleunigung Projektmanager in Planfeststellungsverfahren einzusetzen, um beim Bau von Deichen und Küstenschutzanlagen rascher Fortschritte zu erreichen (§ 84a);
- eine Hinweispflicht für die Betreiber von Campingplätzen und Sportboothäfen. Damit sollen Menschen frühzeitig vor Gefahren gewarnt und Schäden minimiert werden (§ 82a);
- die gesetzliche Verankerung der Erstellung von Starkregenkarten durch die Kommunen, sodass Menschen in Schleswig-Holstein das Überschwemmungsrisiko für ihre Wohnungen und Häuser genau kennen und entsprechend Vorsorge treffen können (§ 77);
- die Möglichkeit für Kommunen, Maßnahmen zur Starkregenvorsorge in die Abwassergebühren einfließen zu lassen. Diese Entscheidung unterstützt die handelnden Kommunen bei der Finanzierung (§ 44);
- die Nennung des Wasserrückhalts als Element der Gewässerunterhaltung, um sich besser auf die Herausforderungen des Klimawandels für die Wasserwirtschaft einstellen zu können (§ 25);
- der gesetzlich festgeschriebene Vorrang der Niederschlagswasserversickerung. In bebauten Gebieten – z. B. Wohn- oder Industriegebieten – soll Regenwasser nicht abgeleitet werden, sondern versickern. Das bewirkt, dass das Wasser vor Ort bleibt und zur Grundwasserneubildung beiträgt (§ 44);
- eine Verordnungsermächtigung, um von Gemeinden kommunale Wasserversorgungskonzepte zur Sicherstellung der künftigen Wasserversorgung fordern zu können (§ 41);
- eine gesetzliche Verankerung von Hochwasser- und Küstenschutzkonzepten in den Kommunen (§ 57);
- die gesetzliche Festschreibung des überragenden öffentlichen Interesses für Versorgungshäfen für die Inseln und Halligen (§ 94);
- eine moderate Nachjustierung des Landeswasserabgabengesetzes zum Zwecke des Inflationsausgleiches.

#### Weitere Informationen:

Portal „Küstenschutz“, Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur Schleswig-Holstein  
<https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/kueste-wasser-meer/kuestenschutz>

*(aus: Pressemitteilung Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur Schleswig-Holstein vom 24. Juli 2024)*

## Schleswig-Holstein

### Erneuerter Staatsvertrag zur Havelpolderflutung in Kraft

Unter Mitwirkung des Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommerns ist das Verfahren zur Neufassung des Staatsvertrages über die Flutung der Havelpolder mit Eingang der letzten Ratifizierungsurkunde erfolgreich abgeschlossen worden. Die Federführung hatte das Umweltministerium des Landes Brandenburg.

Damit ist der erneuerte Staatsvertrag formell am 13. August 2024 in Kraft getreten und das Land Schleswig-Holstein neben den bisherigen Vertragspartnern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern und dem Bund, vertreten durch die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS), weiterer Vertragspartner.

Durch das Hochwasser 2013 waren Städte, Dörfer und große Agrarflächen entlang der Elbe von Überflutung bedroht. Die in Brandenburg und Sachsen-Anhalt liegenden Havelpolder wurden auf Grundlage des Staatsvertrages von 2008 nach dem Jahr 2002 zum zweiten Mal geflutet. Damit konnten Deichbrüche und größere Schäden für die Elbanlieger, u. a. auch in den Städten Dömitz und Boizenburg verhindert werden.

Die Stadt Lauenburg in Schleswig-Holstein war dennoch von Überflutung betroffen, Bewohner mussten teilweise evakuiert werden. Das Land Schleswig-Holstein war im Jahr 2013 noch kein Vertragspartner und damit auch nicht in den Informationsfluss zur Polderflutung eingebunden. Dies war für das Land Schleswig-Holstein Anlass, dem Staatsvertrag beitreten zu wollen.

Nach Zustimmung aller bisherigen Vertragspartner wurde die Erweiterung des Staatsvertrages in Angriff genommen und mit der Neufassung des Vertrages erfolgreich abgeschlossen. Nachdem alle fünf Landesregierungen, Länderparlamente und der Präsident der GDWS dem Vertrag zugestimmt hatten, konnte durch die Ministerpräsidentin und die Ministerpräsidenten der fünf beteiligten Länder die Ratifikationsurkunden ausgestellt werden. Das bedeutet, dass mit Schleswig-Holstein ein weiteres Land, dessen Gebiet von der Entlastung durch die Flutung profitiert, an den finanziellen Folgen der Polderflutung in Brandenburg und Sachsen-Anhalt beteiligt wird.

Zu den Havelpoldern zählen insgesamt sechs Polder, die eine Fläche von insgesamt 10.700 Hektar umfassen. Eine Flutung erfolgte sowohl beim großen Hochwasser der Elbe in 2002 als auch beim Hochwasser 2013 und sorgte jeweils für eine ganz wesentliche Entlastung der Deiche entlang der Elbe.

#### Weitere Informationen:

Gemeinsamen Webseite der Länder  
<https://havelpolder.de/hochwasser/de/>

*(aus: Pressemitteilung Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Schleswig-Holstein vom 22. August 2024)*

## IKSR

### Bericht der IKSR zur Entwicklung der Abflüsse des Rheins unter dem Einfluss des Klimawandels

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen der Gegenwart, auch für die Wasserwirtschaft. Trockenheit, Hochwasser und hohe Wassertemperaturen können sich negativ auf das Ökosystem des Rheins und seiner Nebenflüsse sowie auf Wassernutzungen auswirken. Internationale Fachleute aus den Staaten im Rheineinzugsgebiet haben anhand der neuesten Klimadaten untersucht, wie sich die Abflüsse des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse bis 2100 voraussichtlich entwickeln werden.

Die Ergebnisse: In den Monaten November bis April steigt tendenziell die Hochwassergefahr. Von Mai bis Oktober wird Trockenheit voraussichtlich häufiger vorkommen, länger andauern und stärker ausgeprägt sein. Der ausgleichende Einfluss der Gletscher- und Schneeschmelze, die zu dieser Jahreszeit den Rhein

mit Wasser versorgt und so die geringe Niederschlagsmenge ausgleicht, nimmt bis Ende des Jahrhunderts weiter ab. Der Rhein wird dadurch stärker von Regen abhängig sein. Regional erwartet das Expertenteam im Sommer außerdem häufigere Sturzfluten, wie zuletzt im Juli 2021 unter anderem in der Eifel und den Ardennen.

Zusammenfassend werden die Häufigkeit und Intensität der hydrologischen Extreme weiter und schneller zunehmen, als noch vor zehn Jahren angenommen. Durch den fortschreitenden Klimawandel erhöht sich auch der Druck auf das Ökosystem Rhein, die Trinkwasserversorgung wird aufwändiger und es kommt häufiger zu Einschränkungen der Schifffahrt. Deshalb besteht ein dringender Handlungsbedarf, Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten und umzusetzen.

Mit dem Programm „Rhein 2040“ hat die Kommission sich das Ziel gesetzt, den Rhein und sein Einzugsgebiet nachhaltig zu entwickeln und an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen. In diesem Kontext steht auch die neue Studie, die als eine wichtige Grundlage zur Überarbeitung der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel dient. Hierzu ist im Frühling 2025 zusätzlich ein Workshop mit vom Klimawandel betroffenen Nutzergruppen geplant.

In der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) arbeiten seit mehr als 70 Jahren die Schweiz, Frankreich, Deutschland, die Niederlande, Luxemburg und die Europäische Union auf der Basis eines völkerrechtlichen Übereinkommens zusammen, um die vielfältigen Nutzungen und den Schutz des Gewässers in Einklang zu bringen. Für die Umsetzung europäischer Richtlinien wurde die grenzüberschreitende Kooperation auf die Staaten Österreich, Liechtenstein, Italien und die belgische Region Wallonien ausgeweitet.

#### Studie:

IKSR, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (Hrsg.) (2024): Klimawandelbedingte Abflussszenarien für das Rheineinzugsgebiet: Aktualisierung der Abflussszenarien im Rheineinzugsgebiet auf der Grundlage neuester Erkenntnisse über den Klimawandel. Fachbericht Nr. 297, 59 Seiten.

Download: <https://www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte/fachberichte-einzeldarstellung/297-klimawandelbedingte-abflussszenarien-fuer-das-rheineinzugsgebiet>

#### Weitere Informationen:

Website der IKSR, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins  
[www.iksr.org](http://www.iksr.org)

Programm „Rhein 2040“ der IKSR:  
<https://www.iksr.org/de/iksr/rhein-2040>

*(aus: Pressemitteilung IKSR vom 25. Juli 2024)*

## Interview

Der Bereich der Ökohydrologie befasst sich mit ökohydrologischen Prozessen in terrestrischen sowie in aquatischen Ökosystemen. Es werden dabei Wechselwirkungen zwischen der Hydrosphäre und der Biosphäre mit integrierten Feld-, Labor- und Modellierungsmethoden untersucht. Über dieses interessante Thema hat der HyWa-Schriftleiter Dr. Thomas Lüllwitz mit Prof. Nicola Fohrer gesprochen, die am Institut für Natur- und Ressourcenschutz der Universität Kiel in der Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft tätig ist.

Zu ihren Arbeitsschwerpunkten gehören GIS-gestützte Modellierungen, zum Beispiel von Wasser- und Stoffhaushalt auf Mikro- und Mesoskala. Sie untersucht außerdem mit gewässerökologischen Untersuchungsmethoden die Wirkung von Landnutzungswechseln auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Flussgebieten. Das komplette Gespräch inklusive einiger Nachfragen und Ergänzungen kann in der siebten Folge des HyWa-Podcasts „WasserGespräche“ verfolgt werden. Diese und alle weiteren Folgen sind auf der Website der Zeitschrift sowie auf der BfG-Homepage abrufbar.

**Dr. Thomas Lüllwitz, HyWa Redaktion:**

**Liebe Nicola, als versierte Hydrologin hast du den Begriff Ökohydrologie schon vor Jahren durch deine Forschungs- und auch Lehrarbeiten bekannt gemacht und prägst das Feld bis heute mit. Wie bist du persönlich zu diesem Thema gekommen?**

**Antwort Prof. Nicola Fohrer:**

Das war über die Zusammenarbeit mit der UNESCO. Ich bin damals in den Wissenschaftlichen Beirat des Internationalen Hydrologischen Programms der UNESCO berufen worden, und eine der Sparten dieses wissenschaftlichen Aktionsprogramms war die Ökohydrologie, die in Deutschland damals noch gar nicht so bekannt war. Das hat mich sehr interessiert und begeistert und dabei ist eigentlich die Entscheidung gefallen, Ökohydrologie auch hier in an der Universität Kiel zu etablieren. Letztendlich war es also genau diese Begegnung mit dem an der BfG etablierten IHP-Sekretariat und dann die weitere Zusammenarbeit, die mich zur Ökohydrologie hingeführt haben.

**Was versteht man nun eigentlich unter Ökohydrologie und womit befasst ihr euch hierzu am Institut für Natur- und Ressourcenschutz?**

Im engeren Sinne beschäftigt sich die Hydrologie selber ja nur mit dem Wasserkreislauf. Sobald man diesen Begriff etwas ausdehnt in Richtung Biota, in Richtung Pflanzenwelt, aber auch in die Richtung Lebenswelt im Fluss, im Wasser selbst – also der Hydrobiologie – dann spricht man im Allgemeinen von Ökohydrologie.

Bedingt durch die Ansiedlung unseres Instituts in der Agrarfakultät haben wir uns anfangs mit dem Einfluss von Landnutzung auf Wasserhaushaltskomponenten beschäftigt. Dann haben wir sehr



Prof. Nicola Fohrer  
Foto: privat

schnell gemerkt, dass natürlich auch die Landbewirtschaftung auf aquatische Lebensgemeinschaften einen Einfluss hat. Das hat dann dazu geführt, dass wir anfangen, an der Schnittstelle von Hydrologie und Ökologie zu arbeiten.

**Das bedeutet wahrscheinlich auch, dass am Institut Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den verschiedensten Bereichen zusammenarbeiten?**

Das ist tatsächlich so. Wir haben eine große Bandbreite an verschiedenen Disziplinen: Da sind Fachleute aus dem Bau- und Agraringenieurwesen, aber auch Forschende aus der Geografie, Bodenkunde und Hydrobiologie, und natürlich aus der Hydrologie und Hydrogeologie. Der Wasserkreis berührt ja alle Segmente der Umwelt, deshalb versuchen wir, wirklich interdisziplinär zu arbeiten.

**Diese interdisziplinäre Arbeitsweise wird besonders in eurem Umweltlabor deutlich. Was untersucht ihr dort?**

Wir haben ein Einzugsgebiet, das des Flusses Kielstau, das wir seit über 20 Jahren in hoher zeitlicher Auflösung erfassen. 2010 hat die UNESCO dieses Gebiet als Referenzprojekt für Ökohydrologie anerkannt – als erstes in Deutschland. Dort beobachten wir einerseits alle hydrologischen Komponenten, aber auch den Stoffkreislauf, sprich die Nährstoffkreisläufe. Zusätzlich können wir dort zum Beispiel vereinzelt Pflanzenschutzmittelkampagnen fahren und mit unseren hydrobiologischen Partnern

schauen, welche Lebewesen vorkommen und wie sie beeinflusst werden von solchen Umweltfaktoren.

Außerdem haben wir hier an unserem Institut ein 800 Quadratmeter großes Labor, wo wir physikalische und chemische und ökologische Untersuchungen machen können. Das heißt, es geht letztendlich von der Beschreibung des Bodenwasserhaushalts bis hin zur Beschreibung einzelner Wasserqualitätsparameter oder eben auch der Zusammensetzung von Algen, von Diatomeen, die wir dann mikroskopisch untersuchen. Das heißt, wir können eine sehr breite Palette von Umweltuntersuchungen leisten.

**Innerhalb der Ökohydrologie beschäftigt ihr euch auch mit den kurz- und langfristigen Auswirkungen von Dürren. Gerade in Bezug auf den sich vollziehenden Klimawandel wird das Thema auch in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Was sind die Auswirkungen von Dürren auf unsere Ökosysteme und da insbesondere auf die Gewässer?**

Das ist sicherlich eine sehr komplexe Frage, die sich eben gerade in der letzten Zeit immer mehr stellt. Was an Signalen deutlich angekommen ist, sind die Temperaturerhöhungen, die sich auch im Gewässer fortsetzen. Das heißt, Gewässertemperaturen steigen. Der Sauerstoffgehalt von Gewässern ist sehr eng gekoppelt an dieses Temperaturregime. Die Veränderungen der Temperatur werden also tief in die Ökologie von Gewässersystemen eingreifen – besonders bei flachgründigen Gewässern mit kleinen Volumina. Aber auch das Fließverhalten unserer Gewässer wird sich ändern, indem wir zunehmend auch temporäre Fließgewässer bekommen, die in Phasen der Dürre im Oberlauf austrocknen. Und dann stellt sich natürlich die spannende Frage, können Arten solche Austrocknungsphasen überdauern oder nicht?

**Nun habt Ihr ja auch die ökologische Entwicklung von Seen und Ästuarien untersucht. In welchem Zustand befinden sich diese und gibt es hierzu Aussagen zu deren hydrologischen sowie ökologischen Zustand?**

Mit der Einführung der Wasserrahmenrichtlinie wurde der ökologische Zustand der Seen in Schleswig-Holstein als sehr schlecht bewertet. Von allen bewerteten Seen gibt es tatsächlich nur noch zwei, die einen guten Zustand haben, alle anderen bereiten Sorgen, weil eben eine Vielzahl von Stressoren auf diese Seen einwirkt. Da wären einerseits die diffusen Einträge aus zum Beispiel landwirtschaftlichen Quellen. Andererseits haben wir aber auch immer noch Punktquellen, darunter Abwässereinleitungen, die die Seen beeinträchtigen.

Ein weiterer Faktor ist der Klimawandel, der die Auswirkungen der Stoffeinleitungen in einen See verstärkt. Alle diese Faktoren gefährden die ökologischen Gemeinschaften in und um einen See. Arten, die vorher dominierend waren, verschwinden, beson-

ders Spezialisten. Und Generalisten, die sich an alle möglichen Umweltbedingungen anpassen können, werden zur dominierenden Art, weil sich einfach die Umweltbedingungen stark verändern. Hier ist es wichtig, dass wir als Hydrologen sehr eng mit den Hydrobiologen und Ökologen zusammenarbeiten, um zu verstehen, wie diese Systeme sich verändern und wie wir sie nachhaltig managen können.

**Jetzt würde ich zum Schluss nochmal darauf zu sprechen kommen, welche Projekte bei Euch am Institut zum Thema Ökohydrologie zukünftig anstehen.**

Wir forschen zum Beispiel gemeinsam mit Hydrobiologen der Universität Duisburg-Essen. Diese leitet als Sprecheruniversität den Sonderforschungsbereich 1439 (RESIST), an dem wir mit einem Projekt beteiligt sind. Spezifisch modellieren wir die abiotischen Stressoren im Fließgewässer. Hierbei geht es um die Auswirkungen von Umweltstressoren auf Lebensgemeinschaften im Wasser, und wie sich diese Lebensgemeinschaften nach Renaturierung wieder neu etablieren können, oder auch nicht.

Weitere Projekte, an denen wir zur Zeit arbeiten, umfassen Themen wie Stoffhaushalt oder Pflanzenschutzmittel und deren Metaboliten in der Umwelt. Hier bauen wir zum Beispiel gerade eine Kooperation mit einer Kollegin in Sri Lanka auf. Dazu kommen auch ökohydrologische Projekte im Bereich der Ausbildung, bei denen wir versuchen, eine stärkere und früher integrierte, gemeinsame Ausbildung von Ökohydrologen und Hydrologen zu initiieren, zum Beispiel in Myanmar und Äthiopien.

**Dr. Thomas Lüllwitz, HyWa-Redaktion:**

Das bedeutet, dass auch bei den Projekten im Bereich der Ausbildung dieser interdisziplinäre Ansatz wieder ganz klar herorsticht. Außerdem wurde die Thematik des sogenannten Landschaftswasserhaushalts deutlich, also die Bedeutung von verfügbarem Wasser für die Gewässer, aber ebenso für die umgebenden Flächen und dann letztlich auch die Biotope und Organismen. Vielen Dank, Nicola, für dieses Interview.

**Weitere Informationen:**

Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Kiel  
<https://www.hydrology.uni-kiel.de/de>

Das vollständige Interview ist im Podcast verfügbar auf:

BfG-Homepage:  
[https://www.bafg.de/DE/5\\_Informiert/4\\_Infothek/Podcast/wassergespraech/wassergespraech\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/4_Infothek/Podcast/wassergespraech/wassergespraech_node.html)

HyWa-Website:  
[https://www.hywa-online.de/?page\\_id=6412](https://www.hywa-online.de/?page_id=6412)



Dieses Interview ist auch Teil des HyWa-Podcasts „WasserGespräche“.

**WasserGespräche – der Podcast der Fachzeitschrift  
„Hydrologie & Wasserbewirtschaftung“**

Hier trifft sich die HyWa-Redaktion etwa einmal im Quartal mit Fachleuten und Experten aus dem gesamten Bereich der Gewässerkunde und Hydrologie, aber auch aus den Bereichen Limnologie & Grundwasser, Klimatologie & Meteorologie sowie Geologie & Bodenkunde und spricht dabei mit ihnen über aktuelle Themen und Fragestellungen sowie interessante Forschungsfelder rund um diese Themenbereiche.

Der Podcast ist erreichbar auf:

- Apple Podcasts:



<https://podcasts.apple.com/de/podcast/hywa-wassergespraechе/id1642502969>

- Spotify:



<https://open.spotify.com/show/0AgygEJKHu99IrmHwtb4GU>

Wir wünschen viel Interesse beim Zuhören.

*Dr. Thomas Lüllwitz/Schriftleitung*

## Deutsche Hydrologische Gesellschaft

### Veranstaltung „Tag der Hydrologie 2025“ in Augsburg – 19. bis 21. März 2025

Der „Tag der Hydrologie, TdH“ zum Thema „Resilienz des Wasserhaushalts – Bewältigung von Hochwasser, Hitze und Trockenheit“ findet im kommenden Jahr vom 19. bis zum 21. März an der Universität Augsburg statt. Die alljährliche Veranstaltung wird von der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft (DHG) unterstützt.

Hochwasser, Dürren und Hitzewellen nehmen weltweit zu. In Deutschland zeigt sich dies sowohl in einer ganzen Serie von Trockenjahren als auch in einer zunehmenden Häufigkeit von Starkniederschlags- und Hochwasserereignissen. Der globale Klimawandel spielt dabei eine grundsätzlich verstandene Rolle. Aber damit aus veränderten Niederschlägen regional Hochwasser oder Wasserknappheit entstehen, sind auch veränderte Landnutzung und -bewirtschaftung, insbesondere Bodenversiegelung, Verdichtung und Entwässerung, von entscheidender Bedeutung. Diese beeinflussen z. B. in erheblichem Maße den Oberflächenabfluss und können damit gleichermaßen Hochwasser und Wasserknappheit bewirken.

Der Tag der Hydrologie 2025 an der Universität Augsburg widmet sich diesen aktuellen Themen – besonders der Problematik, wie die Resilienz des Landschaftswasserhaushaltes verbessert werden kann, und zwar unter Berücksichtigung der kombinierten Effekte von Klima- und Landnutzungswandel. Neben Fragen der Modellierung und der Messung dieser kombinierten Effekte und ihrer Trends werden auch Anpassungsmaßnahmen und die Herausforderungen bei deren Umsetzung adressiert. Für letztere sind transdisziplinäre Forschungsansätze gefragt, deren Kommunikation während des Tags der Hydrologie 2025 ebenfalls Raum gegeben wird.

Das übergeordnete Thema „Resilienz des Wasserhaushalts“ wird anhand folgender Fachsitzungen konkretisiert:

- 1) Modellierung von Landmanagement und Klimawandel
- 2) Messung und Beobachtung von Veränderungen
- 3) Anpassungsstrategien zur Bewältigung von Hochwasser, Hitze und Trockenheit

Besuchen Sie die Veranstaltungs-Homepage für weitere Informationen, regelmäßige Updates und den Event-Flyer unter folgendem Link: <http://www.uni-augsburg.de/ccr/tdh2025>

Die Einreichung von Beiträgen ist vom 1. Oktober bis zum 15. November 2024 möglich.

*Prof. Dr. Harald Kunstmann,  
Prof. Dr. Peter Fiener  
Zentrum für Klimaresilienz & Institut für Geographie,  
Universität Augsburg  
Karlsruher Institut für Technologie, Campus Alpin*

### „Workshop Junger HydrologInnen“

Traditionell findet anlässlich des Tages der Hydrologie, am Vortag der Konferenz, zusätzlich der „Workshop Junger HydrologInnen“ statt; so auch am 18. März 2025. Dieser Workshop richtet sich an Studierende und Graduierte der Hydrologie („Early Career Scientists“) und verfolgt das Ziel, den Austausch und die Vernetzung der neuen Generation von hydrologisch Forschenden über die Grenzen der unterschiedlichen Fächer mit Wasserbezug hinweg zu fördern. Dabei bietet sich die Möglichkeit zum gegenseitigen Kennenlernen in einer ungezwungenen Atmosphäre. Im Zentrum der Veranstaltung steht neben interessanten Keynote-Vorträgen eine Informationsveranstaltung zu einem aktuellen Thema.

Weitere Informationen: <https://youngsters.dhydrog.de/veranstaltungen/>

### Mitgliederversammlung beim Tag der Hydrologie 2025 in Augsburg

Darüber hinaus hält die Deutsche Hydrologischen Gesellschaft beim Tag der Hydrologie 2025 in Augsburg auch ihre Mitgliederversammlung ab. Diese wird am späten Nachmittag des 20. März 2025 in Präsenz stattfinden; alle Mitglieder sind herzlich eingeladen. Weitere Informationen sowie die Tagesordnung werden den DHG-Mitgliedern vorher fristgerecht zugehen.

### Dissertationspreis der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft

Die Deutsche Hydrologische Gesellschaft (DHG) schreibt auch im kommenden Jahr wieder einen Preis für herausragende Dissertationen in der Hydrologie aus. Der Dissertationspreis ist mit 1.500 € dotiert und richtet sich an Promovierte einer deutschen Universität, die eine Dissertation zu einem hydrologischen Thema angefertigt und mit dem Prädikat *summa* oder *magna cum laude* abgeschlossen haben. Weitere Informationen für die Beantragung und Vergabe dieses Preises finden Sie auf der Homepage der DHG.

Wir möchten Sie hiermit gerne aufrufen, über geeignete Kandidaten nachzudenken und gegebenenfalls einen Vorschlag dazu einzureichen. Bitte beachten Sie die Richtlinien bzgl. der einzureichenden Unterlagen. Die Frist zur Einreichung von Vorschlägen ist der 1. Januar 2025. Der Preis wird dann am Tag der Hydrologie in Augsburg vergeben.

*Prof. Peter Chiffard, Schriftführer  
Deutsche Hydrologische Gesellschaft*

## Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften

### in der DWA (FgHW)

#### FgHW-Lunchbreak-Sessions

Die FgHW-Lunchbreak-Sessions sind ein kostenfreies Angebot der Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften (FgHW) der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Es werden im Jahr 2024 wie in den Vorjahren kurz und prägnant hochkarätige Fachbeiträge zu den Perspektiven „Aktuelle Herausforderungen aus der wasserwirtschaftlichen Praxis“ und „Aktuelles aus der hydrologischen Wissenschaft“ angeboten. Angesprochen sind alle Interessierten aus Wissenschaft und Praxis. Sie sind herzlich eingeladen, wir freuen uns auf Ihre Diskussionsbeiträge! Hier die Daten zu den nächsten beiden Veranstaltungen:

#### **Entwicklung der Schwebstofffrachten an den Bundeswasserstraßen: 5. Virtuelle „FgHW-Lunchbreak-Session“ am 9. Oktober 2024, 13:00 bis 14:00 Uhr**

Herr PD Dr. habil. Thomas Hoffmann, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), berichtet über das stoffliche Monitoring der Bundeswasserstraßen und informiert über die jüngsten Erkenntnisse zur Entwicklung der Schwebstofffrachten. Bereits im April 2023 hatte ein Forscherteam der BfG in einer Studie Ergebnisse hierzu zeigen können.

#### **Forschung und Praxis von Land- und Wasserwirtschaft gemeinsam denken – Über das Potential von langfristigen Landschafts-Laboren für einen resilienten Landschaftswasserhaushalt: 6. Virtuelle „FgHW-Lunchbreak-Session“ am 27. November 2024, 13:00 bis 14:00 Uhr**

Vortragen wird Hr. Johannes Mitterer, M. Sc., von der TU München.

Die Lunchbreak-Sessions werden per Zoom als Videokonferenzen von der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern Landau (RPTU) angeboten. Herr Prof. Dr. Robert Jüpner, Leiter der FgHW, führt jeweils in die Thematik ein und moderiert die Veranstaltung. Nähere Informationen und den Zugangslink entnehmen Sie bitte der Website der FgHW ([www.fghw.de](http://www.fghw.de)) und unserem Newsletter.

#### **Hochwasser-Risikokommunikation: DWA-M 555 im Entwurf erschienen**

Das neue DWA-Merkblatt zur Hochwasser-Risikokommunikation liegt seit August 2024 im Entwurf vor. Das Merkblatt wendet sich an Akteure in Politik, Verwaltung und Kommunen sowie relevante Interessensgruppen, um diese mit Ideen und Empfehlungen zu unterstützen, wie Überflutungsrisiken und die entsprechenden Gegenstrategien an potenziell Betroffene erfolgreich kommuniziert werden können. Die FgHW unterstützt die Risikokommunikation als Brücke zwischen den Expertinnen und Experten der Wasserwirtschaft und des Katastrophenschutzes. Für diese Kreise ist das neue Merkblatt „Pflichtlektüre“ und eine wichtige Arbeitshilfe. Der Entwurf kann noch bis Ende Oktober kommentiert werden und ist über die DWA zu beziehen (<https://shop.dwa.de/>), bzw. im DWA-Entwurfportal kostenfrei online einzusehen ([www.dwa.info/entwurfportal](http://www.dwa.info/entwurfportal)).

#### **16. DWA-Hochwassertag am 6. November 2024 in Augsburg**

Der diesjährige DWA-Hochwassertag trägt den Titel „Extremereignisse: Neue Erkenntnisse, Maßnahmenplanung und Herausforderungen“. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Umgang mit Extremereignissen wie Hochwasser und Starkregen in der praktischen Umsetzung. Die Teilnehmenden sind eingeladen, sich an dieser offenen Diskussion zu beteiligen. Gerade für den Erfahrungsaustausch und die Diskussion mit Kollegen und Fachleuten, die u. a. im Ausstellungsbereich ansprechbar sein werden, steht in den Pausen wie immer genügend Zeit zur Verfügung. In diesem Sinne bietet der diesjährige Hochwassertag wieder die gute Gelegenheit, sich über die vielfältigen Aspekte beim Umgang mit dem Überflutungsrisiko zu informieren. Wir freuen uns, Sie in Augsburg zu begrüßen. Programm und Anmeldung finden Sie u. a. unter [www.fghw.de](http://www.fghw.de).

#### **FgHW-Kalender 2025: Unser Wandkalender geht zum „Wasserwirtschafts-Silvester“ an unsere persönlichen Mitglieder – Aufruf für den Wandkalender 2026**

Für den FgHW-Kalender 2025 wurden aus dem Kreis der FgHW-Mitglieder beeindruckende Bilder zum Thema „Hydrologie in der Praxis“ zugestellt, die wir wieder in einen attraktiven und informativen Wandkalender umgesetzt werden. Genauso soll es auch im Jahr 2026 weitergehen: Institutionelle Mitglieder der FgHW können gerne Anregungen für interessante Themen einbringen, um damit das Format des FgHW-Kalenders 2026 vollständig zu füllen.

#### **Save the Date: Tag der Hydrologie 2025 in Augsburg**

Der „Tag der Hydrologie 2025“ (TdH 2025) wird im kommenden Jahr an der Universität Augsburg gemeinsam vom Zentrum für Klimaresilienz und dem Institut für Geographie ausgerichtet. Es erwartet die Besucher erneut ein sehr breites fachliches Spektrum, das durch Fachvorträge und Poster abgedeckt wird. Gerne verweisen wir auf die ausführliche Berichterstattung durch die Deutsche Hydrologische Gesellschaft (DHG) hier in der Zeitschrift „Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HyWa“.

Wie in den Vorjahren bietet die FgHW interessierten Studierenden Unterstützung für die Teilnahme an. Besuchen Sie unsere Website ([www.fghw.de](http://www.fghw.de)) und sprechen Sie uns gerne an. Außerdem wird die FgHW den Tag der Hydrologie bei der IK Bau anmelden: Ingenieurinnen und Ingenieure können dadurch mit ihrer Teilnahme wertvolle Fortbildungspunkte realisieren.

*Prof. Dr. Robert Jüpner,  
Prof. Dr. Konrad Miegel,  
Dipl.-Geogr. Dirk Barion*

*für die Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften*

## Neue Publikationen

### **Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2024):**

Zukünftige Entwicklung von Starkregen: Auswertung eines konvektionserlaubenden Ensembles. KLIWA-Kurzbericht, 20 Seiten.  
Download: [https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get\\_pdf.htm?art\\_nr=lfu\\_was\\_00344](https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get_pdf.htm?art_nr=lfu_was_00344)

### **BfG, Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.) (2024):**

Hochwassergeprägte Monate: Hochwasser-Berichtsperiode 15. November 2023 bis 10. Juni 2024. Tagesaktuelle Synopse zum 10. Juni 2024 auf Basis verfügbarer Rohdaten. Autoren: Belz, J.U., M. Helms, W. Wiechmann, P. Krahe, C. Viergutz, ... A. Ebner von Eschenbach.  
Download: [https://www.bafg.de/DE/5\\_Informiert/2\\_Publikationen/weitere\\_fachveroeff/weitere\\_fachveroeff\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/2_Publikationen/weitere_fachveroeff/weitere_fachveroeff_node.html)

### **Clemens Kuhnitzsch (2024):**

Horch mal, was da rauscht! Flüsse, Bäche und ihre Geheimnisse. 184 Seiten, oekom.  
ISBN: 978-3-98726-088-9

### **Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe) (Hrsg.) (2024):**

Überblick zur Schadstoffsituation im Elbeeinzugsgebiet: Auswertung des Koordinierten Elbemessprogramms (KEMP) der Jahre 2016 bis 2020. Bericht, 171 Seiten.  
Download: <https://www.fgg-elbe.de/dokumente/fachberichte.html> unter „Schadstoffmonitoring allgemein“

### **HMLU, Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (Hrsg.) (2024):**

Leitfaden: Versickerung, Retention und Verdunstung als Beitrag zur wassersensiblen Siedlungsentwicklung. 140 Seiten.  
Download: <https://landwirtschaft.hessen.de/wasser>

### **IKSR, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (Hrsg.) (2024):**

Internationaler Warn- und Alarmplan Rhein (IWAP): Meldungen 2023. Fachbericht Nr. 294, 23 Seiten.  
Download: <https://www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte/fachberichte-einzeldarstellung/294-internationaler-warn-und-alarmplan-rhein-iwap-meldungen-2023>

### **IKSR, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (Hrsg.) (2024):**

Klimawandelbedingte Abfluss-szenarien für das Rheineinzugsgebiet: Aktualisierung der Abflussszenarien im Rheineinzugsgebiet auf der Grundlage neuester Erkenntnisse über den Klimawandel. Fachbericht Nr. 297, 59 Seiten.  
Download: <https://www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte/fachberichte-einzeldarstellung/297-klimawandelbedingte-abflussszenarien-fuer-das-rheineinzugsgebiet>

### **JRC, European Commission Joint Research Centre (Hrsg.) (2024):**

Criteria for identifying free-flowing river stretches for the EU Biodiversity Strategy for 2030. Autoren: van de Bund, W., T. Bartkova, K. Belka, M. Bussettini, B. Calleja, ... V. Bastino, Publications Office of the European Union, 59 Seiten.  
DOI: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/402517>, JRC137919

**Kreutz, S. & A. Stokman (Hrsg.) (2024):** Transformation urbaner linearer Infrastrukturlandschaften. Wie Straßen und Gewässer zu attraktiven und klimaangepassten Stadträumen werden können. 360 Seiten, oekom.  
ISBN: 978-3-98726-080-3

### **LANUV, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2024):**

Multiple Stressoren in Oberflächengewässern: Wirkungen stofflicher Belastungen, hydrologischer Veränderungen und struktureller Degradation auf Gewässerorganismen. LANUV-Fachbericht 153, 54 Seiten.  
Download: [https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte?tx\\_cartproducts\\_product\\_s%5Bproduct%5D=1406&cHash=f2d37e4d3a22346725349f24469cfcf3](https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte?tx_cartproducts_product_s%5Bproduct%5D=1406&cHash=f2d37e4d3a22346725349f24469cfcf3)

### **LANUV, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2024):**

Naturschutz-Fachkonzept zur Wiederherstellung von Mooren in Nordrhein-Westfalen: Potenzialanalyse. LANUV-Fachbericht 154, 62 Seiten.  
Download: [https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte?tx\\_cartproducts\\_product\\_s%5Bproduct%5D=1404&cHash=a5ee21b944491fbd9ac13c4889e930fc](https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte?tx_cartproducts_product_s%5Bproduct%5D=1404&cHash=a5ee21b944491fbd9ac13c4889e930fc)

### **Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.) (2024):**

Zukunftsstrategie Wasser und Boden. Broschüre, 22 Seiten.  
Download: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/zukunftsstrategie-wasser-und-boden>

### **MLUK, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg (Hrsg.) (2024):**

Rohwasserbeschaffenheit Land Brandenburg 2010 – 2019. Broschüre, 104 Seiten.  
Download: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/ueber-uns/veroeffentlichungen/detail/~07-06-2024-rohwasserbeschaffenheit-land-brandenburg>

### **Nationale Akademie der Wissenschaften (2024):**

Klima – Wasserhaushalt – Biodiversität: Für eine integrierende Nutzung von Mooren und Auen. Stellungnahme, 132 Seiten.  
DOI: 10.26164/leopoldina\_03\_01185

### **NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2024):**

Ergebnisse des biologischen Monitorings hydromorphologischer Maßnahmen an Fließgewässern – eine Zwischenbilanz. Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Niedersachsen. Broschüre, 42 Seiten.  
Download: <https://webshop.nlwkn.niedersachsen.de/bestimmung-reaktionszeiten-u-fliesstr-n-lawa-wrrl.html>

**Rüde, T. R., T. Demmel, J. Becker, F. Fahrenbach & M. Rüs-gen (Hrsg.) (2024):** Unsere wichtigste Georessource Grundwasser Analysieren – Prognostizieren – Gestalten. 29. Tagung der Fachsektion Hydrogeologie in der DGGV, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, 20. – 23. März 2024. Schriftenreihe der Fachsektion Hydrogeologie e. V. in der DGGV e. V., 380 Seiten.  
ISBN: 978-3-926775-79-5

**Stover, Maïke (2024):** Modellierung des Rückhalts von Partikeln in runden Regenbecken mit zentraler Anströmung. Bericht – Lehr- und Forschungsgebiet Wasserwirtschaft und Wasserbau 26. Dissertation, 254 Seiten, Shaker.  
ISBN: 978-3-8440-9550-0

**TMUEN, Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (Hrsg.) (2024):** Zweiter Bericht zur Lage der Natur in Thüringen. 140 Seiten.  
Download: <https://umwelt.thueringen.de/aktuelles/publikationen>

**Umweltbundesamt (Hrsg.) (2024):** Evaluierung und Weiterentwicklung der Regionalisierungsverfahren zur Ausweisung nitratbelasteter Gebiete nach AVV GeA in Deutschland. Autor: Brenning, A.; Texte 67/2024, 54 Seiten, Verlag Umweltbundesamt.  
Download: [www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen](http://www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen)

**Umweltbundesamt (Hrsg.) (2024):** Climate-relevant greenhouse gas emissions of inland waters in Germany and estimation of their mitigation potential by restoration measures: A review. Autoren: Breznikar, A. & D. Mehl; Texte 107/2024, 130 Seiten, Verlag Umweltbundesamt.  
Download: [www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen](http://www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen)

**Umweltbundesamt (Hrsg.) (2024):** Ziele und Politikinstrumente für klimaresiliente Schwammstädte: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken – AdNEB“. Autoren: V. Meilinger, N. García Soler, A. Vetter. Broschüre, 34 Seiten.  
Download: [www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen](http://www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen)

## Termine

Die folgenden Ankündigungen entsprechen dem Wissensstand zum Redaktionsschluss am 30. August 2024.

### **Workshop: Unbemannte Luftfahrzeugsysteme in der Wasserwirtschaft 2024**

30. Oktober 2024 in Augsburg

Webseite: <https://umwelttermine.bayern/?dfxid=25117>

### **XXVIII. Sächsische Altlastenkolloquium (SALKO)**

4. bis 5. November 2024 in Dresden

Webseite: <https://www.dgfg.de/salko2024>

### **24. Gewässermorphologisches Kolloquium – Sedimentmanagement in Flussgebieten: Von der Quelle bis zur Senke**

5. bis 6. November 2024 in Koblenz

Webseite: [www.bafg.de](http://www.bafg.de) -> Veranstaltungen

### **16. DWA-Hochwassertag (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall)**

6. November 2024 in Augsburg

Website: <https://de.dwa.de/de/hochwassertag.html>

### **Erhaltung gestalten: Möglichst lange Nutzungsdauern von Wasserbauwerken**

19. bis 20. November 2024 in Karlsruhe

Webseite: <https://www.baw.de/de/service/veranstaltungen/>

### **Kolloquium „Umgang mit Unsicherheiten in und von hydrologischen Vorhersagen – Wo stehen wir?“**

18. bis 19. November 2024 in Koblenz

Webseite: [www.bafg.de](http://www.bafg.de) -> Veranstaltungen

### **5. Workshop zur Alpen Hydrologie: Ausprägung und Wandel hydrologischer Prozesse im Hochgebirge**

20. bis 22. November 2024

am Universitätszentrum Obergurgl (Österreich)

Webseite: [www.dhydrog.de](http://www.dhydrog.de) -> News -> Veranstaltungen

### **QUISS-Symposium: Quecksilberbelastung in deutschen Fließgewässern: Monitoring und Gewässermanagement**

5. Dezember 2024 in Koblenz

Webseite: [www.bafg.de](http://www.bafg.de) -> Veranstaltungen

### **Workshop (Mikro-)Plastik im Rhein**

11. bis 12. Dezember 2024 in Bonn

Webseite: [www.bafg.de](http://www.bafg.de) -> Veranstaltungen

### **5. Bochumer Hydrometrie-Kolloquium**

19. bis 20. Februar 2025 an der Hochschule Bochum

Webseite: <https://www.hochschule-bochum.de/fbb/einrichtungen-im-fachbereich/labore/labor-fuer-wasserbau/bochumer-hydrometrie-kolloquium/>

### **Tag der Hydrologie 2025: Resilienz des Wasserhaushalts – Bewältigung von Hochwasser, Hitze und Trockenheit**

19. bis 21. März 2025 an der Universität Augsburg

Webseite: <https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/zentrum-fur-klimaresilienz/forschung/veranstaltungen/tag-der-hydrologie-2025/>

### **Land Use and Water Quality Konferenz 2025**

3. bis 6. Juni 2025 in Aarhus (Dänemark)

Webseite: <https://www.luwq2025.nl/>

## Erläuterung zur Titelseite

Hungersteine sind vor allem entlang der Elbe ein historisches Phänomen. So werden große Gerölle, Felsen, aber auch Schotter- oder Gesteinsflächen bezeichnet, die bei geringer Wasserführung zutage treten und oftmals eingravierte Jahreszahlen von Niedrigwasserphasen tragen. Ihre Vielzahl in der Elbe ist damit begründet, dass es insbesondere zwischen Dčín und Dresden geeignetes Gestein gab, das widerstandsfähig und gut bearbeitbar war. Zum anderen siedelten die Menschen hier seit Jahrhunderten und die Kenntnis solcher Extremereignisse war für sie von existenzieller Bedeutung.

Hungersteine sind ein Indikator der hydrologischen Variabilität der letzten Jahrhunderte. Sie sind als wirtschafts- und kulturgeschichtliche Zeugnisse am Elbestrom von außergewöhnlicher Relevanz. Das Titelbild vom 1. August 2018 zeigt den Oberpostauer Hungerstein bei Pirna mit mehr als fünfzehn gestaffelten Gravuren von Niedrigwasserjahren, z. B. 1707, 1782, 1790, 1842, 1858, 1859, 1863, 1868, 1773, 1878, 1904, 1947, 1963, 2003 und 2015. Die Gravuren, die normalerweise unter Wasser liegen, sind nur bei niedrigen Wasserständen sichtbar. Am Tag der Aufnahme des Fotos am 1. August 2018 betrug der Wasserstand am Pegel Dresden 46 cm und der Durchfluss 75,1 m<sup>3</sup>/s, was etwa 70 % des mittleren Niedrigwasserdurchflusses MNQ entspricht.



Oberpostauer Hungerstein in der Elbe bei Pirna am 1. August 2018  
Foto: Anja Kaltoven (Landesamt für Archäologie Sachsen)