



Ausgewählte **Ergebnisse** *und* **Handlungsempfehlungen**

Martin Pusch, Thomas Ehlert, Philipp Czapla, Luc De Meester, Jörn Geßner,
Mark Gessner, Tobias Goldhammer, Hans-Peter Grossart, Nadja Heitmann,
Sonja Jähnig, Kathrin Januschke, Jan Köhler, Dominik Martin-Creuzburg,
Thomas Mehner, Michael T. Monaghan, Stephanie Spahr, Matthias Stöck,
Markus Venohr, Jonas Kötting, Julia Walter & Christian Wolter

„Ausgewählte Ergebnisse und Handlungsempfehlungen“ aus dem Anlassbezogenes Sonderuntersuchungsprogramm zur Umweltkatastrophe in der Oder vom August 2022, ODER~SO

Impressum

Titelbild:

Bild der Oderlandschaft. Foto: IGB, 2026.

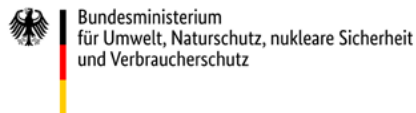
Auszug aus:

Wolter, C., S. Jähnig und M. Pusch (Hrsg.) (2026): Anlassbezogenes Sonderuntersuchungsprogramm zur Umweltkatastrophe in der Oder vom August 2022. BfN-Schriften 777, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) (FKZ: 3523570100).

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Herausgeber

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im
Forschungsverbund Berlin e. V., Müggelseedamm 310, 12587 Berlin

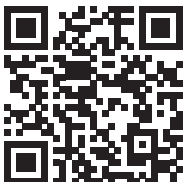
Grafik und Illustration:

Larissa Lachmann

DOI: <https://doi.org/10.4126/FRL01-006528215>

Diese Veröffentlichung ist digital verfügbar:

<https://www.igb-berlin.de/downloads>



Ausgewählte Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Martin Pusch, Thomas Ehlert, Philipp Czapla, Luc De Meester, Jörn Geßner, Mark Gessner, Tobias Goldhammer, Hans-Peter Grossart, Nadja Heitmann, Sonja Jähmig, Kathrin Januschke, Jan Köhler, Dominik Martin-Creuzburg, Thomas Mehner, Michael T. Monaghan, Stephanie Spahr, Matthias Stöck, Markus Venohr, Jonas Kötting, Julia Walter & Christian Wolter



© IGB, 2026

Vorbemerkung

Im Rahmen des Projekts ODER~SO bearbeitete ein multidisziplinäres Team von Forschenden wissenschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit der Umweltkatastrophe in der Oder vom August 2022 und der dabei aufgetretenen Massenentwicklung der Brackwasser-*Prymnesium parvum* (*P. parvum*). Ziele des Vorhabens waren insbesondere die Erforschung der Biologie der schadauslösenden Alge, der Ursachen der Massenentwicklung sowie der Erfassung der ökologischen Folgen sowie der Regeneration und Resilienz des Flussökosystems. Hierzu wurden vielfältige Feld- und Laboruntersuchungen durchgeführt und dabei gewässerchemische, geografische und ökologische Daten der Oder, ihrer Nebengewässer und Auen auf deutschem Staatsgebiet erfasst und analysiert. Die erarbeiteten wissenschaftlichen Daten werden über die Plattform FIPbio sowie die Freshwater Research and Environmental Database des IGB (<https://fred.igb-berlin.de>) bereitgestellt und stehen so anderen Wissenschaftler*innen, Praktiker*innen und Entscheidungsträger*innen zur Verfügung.

Neben dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) als koordinierendem Institut waren als wissenschaftliche Partner an der Forschung beteiligt die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ) Magdeburg, das Institut für Binnenfischerei Potsdam-Sacrow (IfB) und die Universität Duisburg-Essen (UDE). Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) förderte ODER~SO mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN).

Nachfolgend werden ergebnisbasierte Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zur Vermeidung zukünftiger Katastrophen und zur Unterstützung der Regeneration des Ökosystems abgeleitet. Ergänzend werden offene Forschungsfragen formuliert, und es wird auf Referenzen zu Projektveröffentlichungen hingewiesen.

Das ODER~SO-Projekt auf einen Blick

Im Sonderuntersuchungsprogramm ODER~SO erforschten Wissenschaftler*innen über mehr als drei Jahre die Zusammenhänge und Folgen der Umweltkatastrophe in der Oder im Sommer 2022. Sie erforschten unter anderem die Biologie der salzliebenden Alge *Prymnesium parvum*, die sich im Juli und August 2022 massenhaft in der Oder ausbreitete und ein für tausende Fische, Muscheln und andere Lebewesen tödliches Gift bildete. Anhand von Langzeit-Probenahmen zeigte das Projekt zudem, wie sich das Ökosystem des Flusses nach der Katastrophe erholte. Zusammen mit weiteren untersuchten Aspekten lassen sich daraus Vorsorgemaßnahmen und Resilienz-faktoren zum Schutz der Oder ableiten.

Schäden und Regeneration

- Welche Organismengruppen wurden geschädigt und wie stark?
- Wie erholt sich das Ökosystem des Flusses?



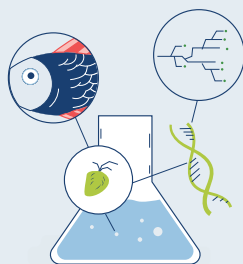
Untersuchungen zu Algen und Schadstoffen in der Oder

- Welche Erkenntnisse lassen sich aus der Genetik der Alge für die Frühwarnung gewinnen?
- Wie lässt sich die Ausbreitung von Algen besser überwachen?



Prymnesium-Genomik und Toxin-Vorsorgeforschung

- Wie konnte sich die giftbildende Alge in der Oder ausbreiten?
- Welche Rolle spielen Umweltbedingungen dafür?
- Wie wirkt das Gift der Alge auf Organismen, insbesondere auf Fische?



Resilienz und Ökosystemleistungen

- Welche Bedeutung haben die Oder und ihre Auen als Ökosystem?
- Wie entwickelt der Fluss sich in unterschiedlichen Szenarien?
- Wie kann die Oder widerstandsfähiger und besser geschützt werden?



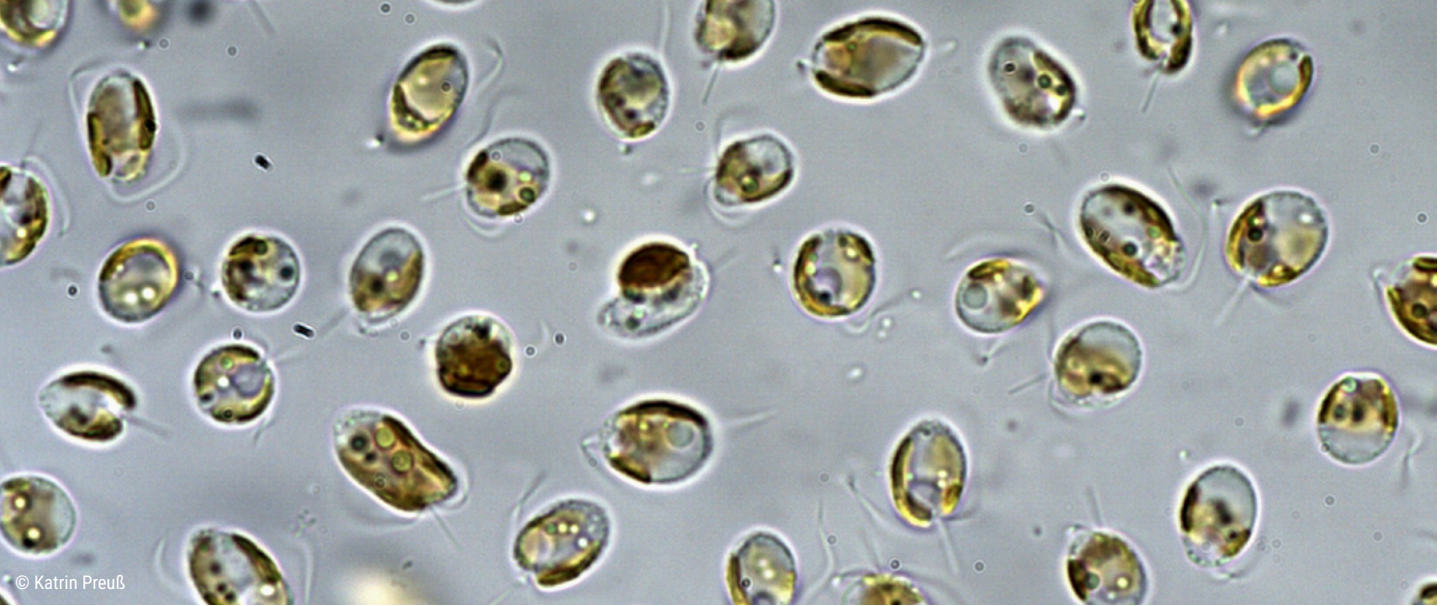
1

Untersuchungen zum Wachstum, zur Toxinbildung und zur Toxizität der Alge *Prymnesium parvum*

1. Projektergebnisse:

1.1. Wachstum von *P. parvum*

- 1.1.1. *Prymnesium*-Massenentwicklungen wurden in Flüssen gemäß Literatur bei **Salzgehalten** zwischen 1 und 34 PSU festgestellt, dies entspricht rund 1 bis 34 Promille. Während der *Prymnesium*-Blüten in der Oder im August 2022 und im Mai–Juni 2024 lag die Leitfähigkeit bei 1.800–2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, was einem Salzgehalt von etwa 0,9–1,0 Promille (oder ca. 540–600 mg/l Chlorid) entspricht.
- 1.1.2. Die Abhängigkeit des Wachstums von *P. parvum* **vom Salzgehalt** wurde in Laborversuchen untersucht. Dabei wuchs der Oderstamm am besten bei Leitfähigkeiten über 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bei 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ waren die Wachstumsraten demgegenüber um etwa 30 % und bei 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ um etwa 50 % geringer.
- 1.1.3. Im Flusssystem ist eine **Algenvermehrung** nur möglich, wenn die Wachstumsrate höher ist als die Verlustrate durch Auswaschung. Lokale Algenblüten können in sehr langsam durchflossenen Nebengewässern (Speicherbecken, Kanäle, Auengewässer) entstehen. Ihr Eintrag in den Hauptstrom ist solange unkritisch, wie genügend niedrige Salzgehalte dort nur geringe Wachstumsraten erlauben und ausreichende Durchflüsse die für das Wachstum verfügbare Zeit auf der Fließstrecke des Stroms begrenzen.
- 1.1.4. Massenentwicklungen von *P. parvum* wurden in Flüssen gemäß Literatur bei **Wassertemperaturen** zwischen 15 und 25 °C beobachtet. Diese Wassertemperaturen werden in der Oder regelmäßig von Mai bis September erreicht. Die Blüten in der Oder im August 2022 und im Mai bis Juni 2024 fanden bei im Mittel 20 °C statt.
- 1.1.5. Eine Metaanalyse der wissenschaftlichen Literatur zu *Prymnesium*-Blüten, die 85 Freilandmessungen mit Stickstoffkonzentrationen zwischen 0 und 10 mg/l umfasste, hat gezeigt, dass die Biomasse dieser Art positiv mit der mittleren **Stickstoffkonzentration** und dem Verhältnis von Stickstoff- zu **Phosphorgehalten** im Wasser korreliert.
- 1.1.6. Das **Risiko von *Prymnesium*-Massenentwicklungen** wird somit wesentlich durch die Wachstumsfaktoren Salzgehalt, Wasseraufenthaltszeit, Wassertemperatur, Sonneneinstrahlung und Nährstoffgehalt bestimmt. Alle Faktoren sind mit der Wasserführung der Oder verknüpft, die im Sommerhalbjahr generell geringer ist und sich während andauernder Trockenphasen weiter verringert. Daher muss grundsätzlich im Zeitraum von Mai bis August mit Massenentwicklungen von *P. parvum* in der Oder gerechnet werden, wenn neben hohem Salzgehalt auch niedrige Durchflüsse und erhöhte Wassertemperaturen auftreten.



1.2. Giftbildung und Giftwirkung von *P. parvum*

- 1.2.1. Im Labor konnte experimentell eine deutlich höhere Produktion von Pymnesinen, den Giftstoffen der Alge *P. parvum*, bei einem Anstieg des **Salzgehalts** von 0,75 auf 1 Promille (entspricht etwa 1.500–2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ elektr. Leitfähigkeit) nachgewiesen werden. Pymnesin-Messungen bei Salzgehalten von 2 und 3 Promille lieferten keine eindeutigen Ergebnisse.
- 1.2.2. In Laborversuchen bildete *P. parvum* nach einer Verringerung der **Stickstoffkonzentration** im Medium um 90 % (Stickstoffmangel) über mindestens 10 Tage signifikant mehr Toxine. In der Oder treten Stickstoffmangelsituationen sehr wahrscheinlich nur im Zusammenhang mit Algenmassenentwicklungen auf.
- 1.2.3. Expositionsversuche mit Fischblut (Hämolysetests) und Fischlarven zur Untersuchung der **toxischen Wirkung des Giftstoffs** von *P. parvum* zeigten, dass sich die Toxizität der Algenkulturen in Abhängigkeit von der Nährstoffverfügbarkeit signifikant unterscheidet. Nährstoffmangel bedingt grundsätzlich ein höheres Risiko von Toxizität. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Expositionsdauer, daher können auch länger andauernde Algenblüten mit Konzentrationen von deutlich unter 100.000 Zellen/ml fischgefährlich sein.
- 1.2.4. Die Experimente mit Fischblut zeigen deutlich die unterschiedliche **Empfindlichkeit des Blutes verschiedener Fischarten** gegenüber dem Algengift Pymnesin. Unter den untersuchten odertypischen Fischarten zeigten sich insbesondere bei Flussbarschen bereits bei niedrigen Konzentrationen von *P. parvum* schädliche Auswirkungen. Diese Ergebnisse lassen sich allerdings nicht ohne Weiteres auf die Empfindlichkeit der Arten in der Oder übertragen, da Schutz- und Kompensationsmechanismen die Reaktion des Gesamtorganismus beeinflussen können.
- 1.2.5. Die im Labor getesteten drei Stämme von *P. parvum* zeigten erhebliche Unterschiede in der **Toxizität** auf den **Wasserfloh *Daphnia magna***. Der das Toxin vom Typ B produzierende Stamm aus der Oder erwies sich dabei als deutlich weniger toxisch als zwei andere Stämme, die Pymnesin vom Typ A bilden.

2. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen:

- 2.1. *P. parvum* hat große Teile des Odersystems besiedelt und wird wahrscheinlich nicht wieder verschwinden. Solange die Abundanz dieser Alge gering ist, hat sie keine negativen Wirkungen auf das Ökosystem. Gefährliche Massentwicklungen sind nur möglich, wenn günstige Wachstumsbedingungen insbesondere durch erhöhte Salzgehalte vorhanden sind.
- 2.2. Massentwicklungen von *P. parvum* in Binnengewässern traten bislang nur in salzbelasteten Gewässern auf. Die Verringerung der Einleitung salzhaltiger Abwässer ist daher die wichtigste Maßnahme zur Vermeidung künftiger durch *P. parvum* hervorgerufenen Fischsterben. Daher wird eine Verringerung des Salzgehalts im Oderwasser auf elektrische Leitfähigkeiten unter 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ empfohlen, um das Risiko für ein Auftreten potenziell toxischer Algenblüten grundlegend zu verringern.
- 2.3. Die hohen Einträge an Pflanzennährstoffen, insbesondere Stickstoff, erhöhen das Risiko von *Prymnesium*-Blüten. Hohe Nährstoffkonzentrationen fördern auch Massentwicklungen anderer Planktonalgengruppen, die *P. parvum* unter Stickstoffmangel als Futteralgen dienen können. Zur Verringerung des Risikos weiterer Massentwicklungen von *P. parvum* wird daher auch die Verringerung der punktuellen und diffusen Einträge an den Pflanzennährstoffen Stickstoff und Phosphor empfohlen. Da Stickstoff überwiegend aus diffusen Quellen stammt, sind neben verbesserten Kläranlagen umfangreiche Maßnahmen zur Verringerung der Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft erforderlich.
- 2.4. Das Risiko einer Massentwicklung steigt zudem in Niedrigwasserphasen, in denen die Verweilzeit des Flusswassers und infolge geringerer Verdünnung der Einleitungen auch die Salzkonzentration im Fluss ansteigen und die Wassertemperatur hoch ist. Weiterhin wirken salzbelastete Nebengewässer als Anzuchtbecken, aus denen die Oder mit *P. parvum* angeimpft werden kann.
- 2.5. Das Auftreten toxischer Algenblüten von *P. parvum* ist somit nur multikausal prognostizierbar, also nicht anhand einfacher Indikatoren. Insbesondere ist auch damit zu rechnen, dass der Oderstamm Typ B von *P. parvum* auch unter suboptimalen Wachstumsbedingungen Toxine produziert, d. h. bei Stickstoffmangel und einem Salzgehalt entsprechend Leitfähigkeiten von 1.500–2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3. Offene Forschungsfragen

- 3.1. Die wasserchemischen Bedingungen, die eine Toxinproduktion von *P. parvum* auslösen, konnten bisher experimentell noch nicht vollständig geklärt werden.
- 3.2. Der rasche Zusammenbruch der nicht-toxischen *Prymnesium*-Blüte im Juni 2024 kann noch nicht befriedigend erklärt werden.

Veröffentlichungen:

Glenn, M., S. Behrens, J.C. Nejtgaard und S. Würtz (2025): Hemolytic toxicity of *Prymnesium parvum* (B-type) reveals species-specific differences in freshwater fishes. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 303: 118928. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118928>.

Kahsay, A., N. Tüzün, M. BrehmBenedix, K. Münzner, M. Glenn und L. De Meester (2025): Benchmarking toxic effects on *Daphnia magna* of the *Prymnesium parvum* strain causing the 2022 Oder River fish kill. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-025-06070-2>.

Münzner, K., M. Brzozowski, S.A. Berger, H. Kuhl, J.C. Nejtgaard, S. Würtz, M. Stöck und J. Köhler (in Vorbereitung): Global distribution, genomic diversity and environmental requirements of the toxic haptophyte *Prymnesium parvum* complex – a meta-analysis.



2

Untersuchungen zum Genom der Alge *Prymnesium parvum*

1. Projektergebnisse:

- 1.1. Im ODER~SO-Projekt wurde das Erbgut der Alge *P. parvum* aus der Oder vollständig entschlüsselt. Dabei wurden auch Gensequenzen ermittelt, die bei der Giftbildung mitwirken.
- 1.2. Die Entschlüsselung eröffnet die grundsätzliche Chance, die potenzielle Toxizität künftiger Algenblüten von *P. parvum* im Voraus durch Analysen der Genexpression und damit die Wahrscheinlichkeit eines Fischsterbens im Kontext mit Faktoren wie Salzgehalt, Temperatur oder Nährstoffen besser vorauszusagen.
- 1.3. Die Erkenntnisse eröffnen zudem die Möglichkeit, die Umweltbedingungen, unter denen eine Giftstoffproduktion von *P. parvum* erfolgt, in weiteren Laborexperimenten besser testen zu können.

2. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen:

- 2.1. Es wird empfohlen zu prüfen, ob diese Erkenntnisse in der behördlichen **Wasseranalytik und Gewässerüberwachung** zur Anwendung gebracht werden können. Durch den Nachweis der in die Giftbildung involvierten Gene und deren Aktivität könnten Wasserproben nicht nur wie bisher auf *Prymnesium*-Mengen (z. B. Zellzahlen), sondern auch auf das mögliche Vorhandensein von verschiedenen *Prymnesium*-Typen (A, B, C) sowie auf die Aktivität giftbildender Gene und somit auf potenzielle Toxizität hin untersucht werden. In Verbindung mit relevanten Umweltparametern wie Salzgehalt, Temperatur und Nährstoffkonzentrationen ließen sich frühzeitigere Warnungen aussprechen.

3. Offene Forschungsfragen:

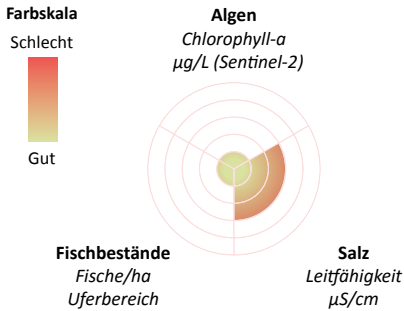
- 3.1. Die Entwicklung eines einfach anwendbaren molekularen Tests zur Unterscheidung der A/B/C-Typen von *P. parvum* wäre sehr hilfreich, da in Mitteleuropa neben dem Oder-Typ B auch Typ A auftritt, der eine höhere Giftigkeit aufweist. Die drei Typen unterscheiden sich ökologisch und toxikologisch. Durch die Gensequenzierung kann den Umweltbehörden voraussichtlich bald ein molekularer PCR-Test für die Analyse im gesamten Bundesgebiet an die Hand gegeben werden, der frühzeitige Hinweise auf eine potenzielle Toxizität und bestenfalls die Aktivität giftbildender Gene gibt.
- 3.2. Es sind weitere Forschungsarbeiten zur Genexpression weiterer potenzieller Vorläufersubstanzen des Gifts wünschenswert und in Arbeit, um ggf. eine Vorhersagbarkeit der Prymnesin-Produktion zu ermöglichen bzw. zu verbessern.

Veröffentlichungen:

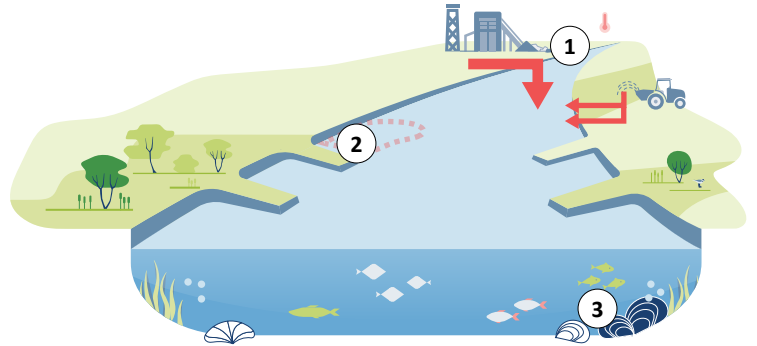
Kuhl, H., F.H. Strassert, D. Čertnerová, E. Varga, E. Kreuz, D.K. Lamatsch, S. Würtz, J. Köhler, M.T. Monaghan und M. Stöck (2024): The haplotype-resolved *Prymnesium parvum* (type B) microalga genome reveals the genetic basis of its fish-killing toxins. *Current Biology* 34 (16): 3698–3706, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.06.033>.

Wie sich der Zustand der Oder verändert hat

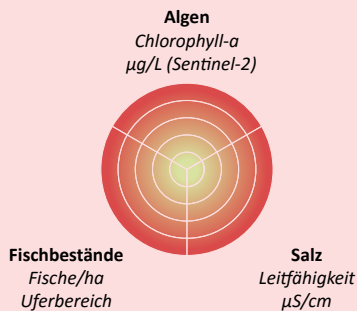
August 2021 Belasteter Fluss, Selbstregulation funktionierend



1. Salzeinleitungen aus Industrie und Bergbau sowie Überdüngung aus der Landwirtschaft belasten das Ökosystem der Oder.
2. Salz und Nährstoffe begünstigen das Wachstum der Brackwasseralge *Prymnesium parvum*.
3. Mit ihrer Filterleistung verlangsamen Muscheln das Algenwachstum im Fluss.



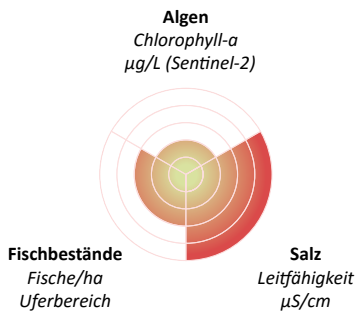
August 2022 Durch das Zusammenspiel (compound effect) von direkten (Salz, Nährstoffe) und indirekten Einflüssen (Klimawandel) bricht Selbstregulation zusammen.



1. Anhaltende Hitze und Trockenheit belasten das Ökosystem der Oder zusätzlich.
2. Der Salzgehalt steigt durch Einleitungen plötzlich sprunghaft an.
3. *Prymnesium parvum* vermehrt sich auf über 100 Millionen Zellen pro Liter Flusswasser und bildet ein Gift.
4. **Geschätzte 1.000 Tonnen Fische und zahlreiche Muscheln und Wasserschnecken sterben.**



August 2025 Labiler Zustand, verminderte Selbstregulation



1. Salzgehalt und Nährstoffeinträge sind weiterhin zu hoch.
2. Der Muschelbestand ist deutlich kleiner, die Filterleistung dadurch geringer.
3. Häufigere Hitze- und Dürrephasen infolge des Klimawandels erhöhen das Wiederholungsrisiko für giftige Algenblüten zusätzlich.



Datengrundlage Polardiagramme: Messdaten vom Standort Frankfurt/Oder, auf ganze Zahlen gerundet. (1) Algen: Mittelwert der Chlorophyll-a-Dichte im August 2021, August 2022 und August 2025. Datenquelle: LfU Brandenburg. (2) Fischbestände: 2021: Mittelwert der Jahre 2006 bis Juni 2022, 2022: Schadensbilanz (Durchschnittswerte Herbst 2022 und Herbst 2023), 2025: Durchschnittswerte der Jahre 2024/25, Datenquelle: Befischungsdaten des IGB. (3) Salz: Mittelwert der elektrischen Leitfähigkeit im August 2021, August 2022, August 2025. Datenquelle: LfU Brandenburg,

3

Monitoring und Frühwarnung

1. Projektergebnisse:

- 1.1. Im ODER~SO-Projekt wurde ein qPCR-Test zum schnellen Nachweis des Vorkommens und zur Quantifizierung von *P. parvum* entwickelt.
- 1.2. In den Jahren 2023 bis 2025 wurden gewässerchemische Monitoringdaten in Ergänzung zu den amtlichen Daten der Länder bzw. der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ermittelt. Strukturelle chemische Belastungen insbesondere durch Nährstoffe und Salzgehalt bestehen fort und tragen zum Risiko von Algenblüten, auch von *P. parvum*, bei. Insbesondere in den Sommermonaten werden regelmäßig in allen Bereichen des untersuchten Odergebiets niedrige Verhältnisse von Stickstoff zu Phosphor erreicht, was Algenarten wie *P. parvum*, die sich sowohl durch Fotosynthese als auch von organischem Material ernähren können (Mixotrophie), bevorzugen könnte. Eine messbare Reduktion des Salzgehalts wurde nicht festgestellt.
- 1.3. Frei verfügbare Daten des Copernicus-Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 wurden für ein satellitenbasiertes Algenmonitoring genutzt. Die Daten zeigen mit relativ großer Genauigkeit die Chlorophyllkonzentration an, aus der sich die vorhandene Algenbiomasse in der Oder und angeschlossenen Nebengewässern ableiten und seit 2016 rekonstruieren lässt (Stelzer et al. 2025). Die sich entwickelnde Algenblüte im Sommer 2022 konnte rückwirkend so bereits ca. vier Wochen vor dem Auftreten des Fischsterbens in der deutschen Oder im Oberlauf in Polen nachgewiesen werden (Köhler et al. 2024). Die Art der Alge und ihre Toxizität lassen sich auf diese Weise jedoch nicht ermitteln.
- 1.4. In einem Nahe-Echtzeit-Modus (d. h. alle 5 Tage nach Überfliegung des Satelliten, Datenbereitstellung innerhalb von 24 Stunden) wird diese Auswertung nun bis Projektende fortgeführt, sofern Sonnenstand und Wetterverhältnisse es zulassen. Die erhobenen Daten werden in einer Datenplattform (Fernerkundungs-Dashboard, <https://oderso-dash.igb-berlin.de>) zusammengeführt und visualisiert. Daraus ergibt sich ein einzugsgebietsweites Beobachtungswerkzeug, das genutzt werden kann, um Ort, Ausdehnung sowie die zeitliche Entwicklung von Algenblüten in der Oder und größeren Nebengewässern zu erfassen.



2. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen:

- 2.1. Wir empfehlen die Prüfung durch Umweltbehörden, ob die **fernerkundliche Erkennung von Algenblüten** in der Oder – wie im ODER~SO-Dashboard – in behördliche Monitoringprogramme aufgenommen und damit verstetigt werden könnte, um die Datengrundlage und Vorlaufzeit für das behördliche Alarmsystem zu verbessern. Die satellitenbasierten Chlorophylldaten könnten außerdem mit weiteren gewässerkundlichen Daten von In-situ-Messstationen zusammengeführt werden, die das Risiko für schädliche Algenblüten durch *P. parvum* oder andere Arten anzeigen. Dazu gehören insbesondere Wassertemperatur und Wasserführung, Sauerstoffgehalt und pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit sowie der Stickstoff- und Phosphorgehalt und ggf. kontinuierliche Toxizitätstests über Daphnien-Toximeter.
- 2.2. Bei **fernerkundlich ermittelter Überschreitung von Schwellenwerten** der Chlorophyllkonzentration könnten gezielt Schöpfproben entnommen und mit gerichteten molekularbiologischen Tests (qPCR) schneller und präziser als mit herkömmlichen Verfahren auf Verdachtsarten toxischer Algen untersucht werden.
- 2.3. Die Integration dieser Daten in eine einzugsgebietsweite Datenplattform würde behördlichen Entscheidungsträgern und der interessierten Öffentlichkeit somit eine **räumlich differenzierte Lageeinschätzung** erlauben, die über die punktuelle Erfassung an den Messstationen hinausgeht.

Veröffentlichungen:

Stelzer K., P. Torre Zaffaroni, J. Scholze, V. Bremerich, C. Lebreton und T. Goldhammer (2025): Einsatz von Satellitendaten zur Erfassung der Wasserqualität in großen Flusssystemen am Beispiel der Oder. In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) (Hrsg.): Ergebnisse der Jahrestagung 2024 (Dresden), Essen.

Köhler J., Varga E., Spahr S., Gessner J., Stelzer K., Brandt G., Mahecha M.D., Kraemer G., Pusch M., Wolter C., Monaghan M.T., Stöck M. und Goldhammer T. (2024): Unpredicted ecosystem response to compound human impacts in a European river. Scientific Reports 14:16445. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66943-9>.

Plattform zu satellitenbasiertem Algenmonitoring: <https://oderso-dash.igb-berlin.de>

4

Erholung und Resilienz des Fischbestands der Oder

1. Projektergebnisse:

11. Infolge der Oderkatastrophe 2022 nahm die **Fischdichte** in der mittleren Oder von Ratzdorf bis zur Warthemündung in der Strommitte um 76 % und am Ufer um 54 % ab. In der unteren Oder zwischen Warthemündung und Friedrichsthal betrug die relative Abnahme in der Strommitte 68 %, während sie im Uferbereich um 18 % zunahm.
12. Typische **Fischarten der Strommitte** wie Blei, Güster und Stromgründling erlitten überdurchschnittlich hohe **Verluste** zwischen 72 und 99 % im Vergleich zum Bestand vor August 2022.
13. Die im Rahmen von ODER~SO ermittelte räumliche **Veränderung der Fischdichten** einzelner Arten im Oderverlauf belegt, dass Ausweichbewegungen von Fischen der Strommitte in die unmittelbaren Uferbereiche und angeschlossene Nebengewässer sowie von Fischen weiter stromauf liegender Flussabschnitte nach stromab während der Umweltkatastrophe im Sommer 2022 wesentliche Überlebensmechanismen von Fischen waren.
14. Neben der arteigenen Mobilität setzt der Erfolg dieser Überlebensstrategie voraus, dass **Rückzugsräume** vorhanden und erreichbar sind.
15. Der **Ertrag der Erwerbsfischerei** an der Oder ging zwischen August 2022 und 2024 um 79–93 % im Vergleich zum Zeitraum 2019–2021 zurück. Der Rückgang ist auf die Abnahme der Fischbestände und auf ein selbstaufgelegtes Fangmoratorium zurückzuführen.
16. Die wirtschaftlichen Schäden infolge des Fischsterbens werden die Erwerbsfischerei noch einige Jahre begleiten. Die Erholung der für die **Erwerbsfischerei** entlang der Oder relevanten Arten und Größensortierungen verläuft positiv, aber so langsam, dass die Betriebe nicht rentabel wirtschaften können.



2. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen:

- 2.1. Die Projektergebnisse belegen die elementare Bedeutung einer **naturnahen Gewässerstruktur der Oder** für die Resilienz der Fischbestände gegenüber Störungen jeglicher Art. Eine große Breiten- und Tiefenvarianz im Fluss, variabel strukturierte, komplexe Uferlinien ebenso wie Neben- und Auengewässer mit unterschiedlichem Anbindungsgrad an den Hauptstrom sind von essenzieller Bedeutung als Rückzugs-, Reproduktions- und Nahrungshabitate.
- 2.2. Eine naturgemäße große **Habitatvielfalt im Fluss sowie in Neben- und Auengewässern** und eine ungehinderte Durchgängigkeit der Oder tragen zu einer verbesserten Überlebenswahrscheinlichkeit von Fischen bei Umweltkatastrophen und der natürlichen Wiederbesiedlung geschädigter Fluss-Aue-Ökosysteme bei.
- 2.3. **Auen- und Nebengewässer** sollten auf Niveau unter MNW (mittlerer Niedrigwasserstand) wieder an den Strom angeschlossen werden, da Rückzugsräume insbesondere bei geringem Flusswasserstand von Bedeutung sind.
- 2.4. Der Anteil **natürlich überflutbarer Flächen** sollte durch Rückbau von Uferbefestigungen, ganzjährige Öffnung der Polder im Nationalpark Unteres Odertal und Rückverlegung von Deichen erhöht werden. Diese Überflutungsflächen sind nicht nur Reproduktions- und Rückzugsraum für Fische und andere aquatische Organismen bei Hochwasser, sie bestimmen auch maßgeblich den ökologischen Zustand der Aue, wie die Ergebnisse der Auenbewertung zeigen.
- 2.5. Die flusssynamische Entstehung **uferner überströmter Kiesbänke** sollte durch ökologischen Umbau von Buhnen ermöglicht werden, da es typischen Flussfischarten wie Barbe, Döbel, Hasel oder Nase in der Oder nach wie vor an Laichplätzen mangelt. Kieslaichende Flussfischarten wie Barbe und Nase waren bereits vor der Oderkatastrophe laichplatzlimitiert. Dieses Fehlen geeigneter Reproduktionsräume verlangsamt auch die Bestandserholung der Flussfischarten. Naturnahe Uferhabitate sind für die Biodiversität und Biomasse von Wirbellosen und somit auch für die Fischpopulationen von zentraler Bedeutung.
- 2.6. Aufgrund der noch immer nicht gegebenen Rentabilität der **Erwerbsfischereibetriebe** entlang der Oder wird empfohlen, die Fischereiförderung fortzusetzen.

Veröffentlichungen:

Wolter, C. (2024): Wann wird sich der Fischbestand der Oder wieder erholt haben? Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal 21: 100–107.

Starck, S. und C. Wolter (2024): Resilience approach for assessing fish recovery after compound climate change effects on algal blooms. Sustainability 16: 5932. <https://doi.org/10.3390/su16145932>.

Wolter, C., S. Starck, S. Würtz und U. Rothe (2025): Die Oder. Ein Flusssystem zwei Jahre nach der Umweltkatastrophe vom August 2022. naturmagazin Berlin–Brandenburg 30: 10–13.

1. Projektergebnisse:

1.1. Makrozoobenthos (Wirbellose)/Wasserinsekten

- 1.1.1.** Der **Großmuschelbestand** wurde im gesamten Oderverlauf erheblich **reduziert**. Das Fehlen dieser leistungsfähigen Filtrierer macht die Oder in den kommenden Jahren anfälliger gegenüber Massenentwicklungen von Algen. Kiemenatmende Schnecken fehlten nach der Oderkatastrophe weitgehend im Fluss.
- 1.1.2.** Mit Ausnahme der Muscheln und kiemenatmenden Schnecken wurden keine auffälligen Veränderungen der Häufigkeiten und taxonomischen Zusammensetzung **der auf dem Flussgrund lebenden aquatischen Wirbellosen** (Makrozoobenthos) nach der toxischen Algenmassenentwicklung nachgewiesen. Diese Lebensgemeinschaft wird von Krebstieren und Zweiflüglerlarven, v. a. Zuckmücken, dominiert. Der insgesamt sehr geringe Anteil an Eintags- und Köcherfliegen an der Emergenz aus den Buhnenfeldern in 2023 könnte darauf hindeuten, dass diese Insekten von der Katastrophe im August 2022 betroffen waren. Dies lässt sich allerdings nicht zweifelsfrei verifizieren, da die Abundanz der häufigsten Makrozoobenthos-Gruppen auch vor der Oderkatastrophe starke interannuelle Schwankungen zeigte.
- 1.1.3.** Die Strommitte der als Schifffahrtsstraße ausgebauten Oder ist nur von wenigen spezialisierten Makrozoobenthos-Arten in geringer Dichte besiedelt. Die relativ schmalen **ufernahen Flachwasserzonen** mit verschiedenen Habitaten und Strömungsverhältnissen stellen daher den für das Makrozoobenthos weit bedeutsameren Bereich des Flussökosystems dar. Die Biodiversität des Makrozoobenthos und die Resilienz des Nahrungsnetzes des Flussökosystems gegenüber möglichen Umweltkatastrophen hängt im aktuellen Zustand stark von der Verfügbarkeit, Vielfalt und Größe ufernaher Lebensräume ab.
- 1.1.4.** Ein **Biomasseexport** aus dem Fluss in die angrenzenden Ufer- und Auenbereiche erfolgt vor allem durch die in den Buhnenfeldern der Oder schlüpfenden Wasserinsekten (Emergenz). Die Emergenz aus den Auengewässern war in Bezug auf den Biomasseexport geringer als die aus der Oder, allerdings durch eine höhere Artenvielfalt und wahrscheinlich bessere Futterqualität gekennzeichnet.
- 1.1.5.** Durch ihre enorme Abundanz und hohe Biomasse sorgen Wasserinsekten für einen bedeutenden **ökosystemübergreifenden Nährstofftransfer**. Trotz der geringen Artenvielfalt der aus den Buhnenfeldern der Oder schlüpfenden aquatischen Insekten sind diese aufgrund ihrer hohen Biomasse als Beute für Vögel, Fledermäuse, Spinnen und andere im Uferbereich jagende Räuber sicherlich von großer Bedeutung.



© IGB, 2026

1.2. Zooplankton

- 1.2.1.** Das **Zooplankton** der Oder wird von Rädertieren dominiert, während Auen- und Seitengewässer höhere Anteile an Wasserflöhen und Ruderfußkrebse aufweisen. Durch die größere Häufigkeit von Wasserflöhen und Ruderfußkrebse ist die Filtrationsleistung der Zooplankton-Gemeinschaften der Auen- und Seitengewässer des Flusses um ein Vielfaches höher als in der Oder. Dadurch können sie dazu beitragen, Algenblüten zu begrenzen oder ggf. zu unterbinden.

1.3. Bewertung der Auen hinsichtlich ihrer Biodiversität

- 1.3.1.** In allen untersuchten Abschnitten der Oderauen traten einzelne wertgebende Auenarten (mit starker Auenbindung, Rote-Liste-Arten u. Ä.) auf, überwiegend aber in geringen Individuenzahlen. Die höchsten Artenzahlen und die höchste Anzahl auentypischer Arten der Gruppen Amphibien, Laufkäfer, Weichtiere, Gefäßpflanzen und Vögel wies die Fläche mit einem hohen Struktureichtum und verschiedenen auentypischen Habitaten auf.
- 1.3.2.** Je nach Artengruppe besitzen einzelne oder mehrere Auenhabitate eine hohe Bedeutung für die Besiedlung, z. B. dynamische Uferbänke mit offenen Sandflächen für Laufkäfer. Defizite in der Artenzusammensetzung weisen auf eine unzureichende hydrologische Anbindung, strukturelle Defizite oder eine wenig auf Naturschutzziele abgestimmte Nutzung der Flächen hin.

2. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen:

2.1. Makrozoobenthos (Wirbellose)/Wasserinsekten

- 2.1.1.** Naturnahe Lebensräume für das Makrozoobenthos sowie auch für Fische können entstehen, wenn in den Uferbereichen eine naturnahe Hydromorphodynamik und dadurch entstehende flusstypische Habitattypen wiederhergestellt werden, insbesondere Erosionsufer, flache, überströmte Sand- und Kiesbänke, Totholzablagerungen. Die Förderung naturnaher Sohl- und Uferstrukturen kann im Rahmen einer Revitalisierung durch einen Rück- bzw. ökologischen Umbau von Regulierungsbauwerken erreicht werden. An anderen mitteleuropäischen Flüssen, die als Wasserstraßen genutzt werden, hat sich hierzu die großzügige Kerbung von Buhnen als zielführend erwiesen. Hingegen würde ein weiterer Ausbau der Oder, insbesondere eine Vereinheitlichung des Gewässerbetts mit noch größeren Anteilen von Treibsandflächen, die Resilienz des Flussökosystems schwächen.
- 2.1.2.** Das Makrozoobenthos der Oder ist durch menschliche Einflüsse wie Veränderungen der Wasserqualität und Ausbauprojekte sowie durch Neozoen vielen Veränderungen unterworfen. Zur Dokumentation der Entwicklung des Makrozoobenthos der Oder wird eine Intensivierung des behördlichen Monitorings und ggf. eine Erweiterung der Untersuchungen auf Auengewässer empfohlen.

2.2. Zooplankton

- 2.2.1.** Eine gute hydrologische Anbindung der Auen- und Seitengewässer an den Hauptstrom ist essenziell, damit die Filtrationsleistung des Zooplanktons dazu beitragen kann, das Flusssystem vor künftigen Massenentwicklungen von Algen besser abzupuffern.



2.3. Bewertung der Auen hinsichtlich ihrer Biodiversität

- 2.3.1.** In Bezug auf die Fragestellung nach möglichen Auswirkungen der Umweltkatastrophe auf die Auenbiozönosen erlauben die vorliegenden Ergebnisse nur eine indirekte Einschätzung. Das Auftreten auentypischer Arten ist aktuell von wenigen, strukturell und qualitativ hochwertigen Schlüsselhabitaten abhängig. Entsprechende Refugialräume nehmen als potenzielle Ausgangspunkte für Wiederbesiedlungsprozesse nach Störereignissen eine bedeutende Rolle ein.
- 2.3.2.** Aus den Ergebnissen der biozönotischen Auenbewertung lassen sich folgende fachliche Empfehlungen für die zukünftige Entwicklung der Oderauen ableiten:

- A** Verbesserung der Gewässerdynamik und Lebensraumvielfalt: Förderung der hydrologischen Anbindung der Vorländer (z. B. durch Senken und Flutrinnen) sowie naturnahe Umgestaltung von Ufern und Bauwerken zur Entwicklung dynamischer, vegetationsarmer Uferzonen. Gleichzeitig sollten auentypische Schlüsselhabitats wie Stillgewässer, Röhrichte, Seggenriede sowie Weich- und Hartholz-Auwälder erhalten, erweitert und neu geschaffen werden.
- B** Angepasste Nutzung und langfristige Beobachtung: Etablierung einer standortangepassten, extensiven Grünlandnutzung zur Förderung struktureller Vielfalt sowie Reduktion dominanter Arten. Ergänzend wird ein langfristiges, standardisiertes Monitoring empfohlen, um ökologische Entwicklungen und die Auswirkungen von Maßnahmen und Extremereignissen fundiert bewerten zu können.



1. Projektergebnisse:

1.1. Zusammensetzung und Quellen von Nährstoffeinträgen

- 1.1.1.** Die Analyse der Nährstoffeinträge in die Oder zeigt die große **Bedeutung diffuser Stickstoffeinträge** über das Grundwasser (65 %) und Drainagen (18 %). **Phosphor** wird als „Grundlast“ über Punktquellen und urbane Systeme (30 %) eingetragen und bei Niederschlägen zusätzlich vermehrt über das Grundwasser/Drainagen (42 %) sowie Erosion (15 %).
- 1.1.2.** Landwirtschaftlich genutzte Flächen steuern einen erheblichen Teil zu den Stickstoffeinträgen in die Oder bei, insbesondere über **Drainagen**. Diese bewirken einen raschen Zwischenabfluss im Boden und reduzieren zugleich die Neubildung von Grundwasser. Die Einträge aus Drainagen erfolgen maßgeblich in feuchten Wintermonaten. Würden Maßnahmen zur Verringerung der Einträge umgesetzt, wären Verringerungen der Nährstoffkonzentration in der Oder innerhalb einer Zeitspanne von mehreren Monaten bis Jahrzehnten – im Mittel etwa fünf Jahre – zu erwarten.
- 1.1.3.** Trotz der angeschlossenen Auen kann der **Nährstoffrückhalt** innerhalb der Oder nur einen geringen Anteil zum gesamten Nährstoffrückhalt im Einzugsgebiet beitragen. Der Nährstoffrückhalt findet überwiegend in den kleineren Zuflüssen sowie in den Böden und im Grundwasser statt. Vor allem in Böden mit hohem organischen Kohlenstoffgehalt und erhöhter Wassersättigung kommt es zu intensiver Denitrifikation, wodurch die Einträge vergleichsweise gering bleiben.

1.2. Hydrologische Szenarien

- 1.2.1.** In den untersuchten Szenarien „Revitalisierung“ und „Ausbau“ zur Bewirtschaftung der Oder unter Berücksichtigung weiterer Verringerung der Wasserführung infolge des Klimawandels sind jeweils Veränderungen der Wasserstände im Strom, in den Auengewässern und in den Grundwasserleitern der Auen zu erwarten. Diese Wasserstandsänderungen beeinflussen insbesondere bei Niedrigwasserständen die Konnektivität der Oder mit ihren Nebengewässern (Lateralkonnektivität), die Wasserführung isolierter Auengewässer sowie den Erhaltungszustand wasserabhängiger Lebensräume. Dieser Einfluss macht sich in noch angeschlossenen Auen (rezenten Auen), in ausgedeichten Auen (Altauern) sowie auch in den dortigen Moorkörpern und in den Treibhausgasemissionen bemerkbar.

1.3. Ökosystemleistungen

- 1.3.1.** Die Verfügbarkeit von versorgenden, regulativen und kulturellen Ökosystemleistungen der Oder sowie deren aktiven oder eingedeichten Auengebieten wurde mittels des nicht-monetären River Ecosystem Service Index (RESI) nach einem Punktesystem (mit 1–5) bewertet. Die RESI-Indizes zeigen einheitliche Ergebnisse für den Strom, aber große regionale Unterschiede zwischen dem nördlichen, mittleren (etwa Hohenwutzen bis Frankfurt/Oder) und südlichen Abschnitt der Oderauen. Während im stark landwirtschaftlich genutzten Oderbruch versorgende Ökosystemleistungen dominieren, sind dies im Nationalpark regulierende und kulturelle Ökosystemleistungen. Dort sind abschnittsweise auch Auenhabitate gut verfügbar, während diese in den übrigen Abschnitten zumeist nur mäßig bis kaum erhalten sind. Hinsichtlich der abgeschätzten Sedimentregulation und des Moorschutzes bestehen überall große Defizite. Der Rückhalt von Treibhausgasemissionen ist im Nationalparkabschnitt am höchsten sowie auch punktuell entlang des gesamten Verlaufs.
- 1.3.2.** Die Summe der Bewertungspunkte aller 13 Ökosystemleistungen ist im Bereich des Nationalparks mit durchschnittlich 34 RESI-Indexpunkten signifikant am höchsten, und auch der südliche Teils des Oderbruchs und die Ziltendorfer Niederung zeigen noch hohe Werte, während der Oderbruch-Abschnitt mit durchschnittlich 27 Punkten die wenigsten Ökosystemleistungen bietet. Die Multifunktionalität der Ökosystemleistungen des Flusskorridors der Oder ist ebenfalls im Nationalparkabschnitt deutlich am höchsten, und damit dreimal so hoch wie im Oderbruch, wo sie am geringsten ist, während der südliche Abschnitt einen Mittelwert einnimmt.

2. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen:

2.1. Zusammensetzung und Quellen von Nährstoffeinträgen

- 2.1.1.** Ein gezieltes **Drainagemanagement**, beispielsweise durch ein (sensor-gesteuertes) zeitweises Schließen von Drainagen in den Wintermonaten, kann die Stickstoffeinträge deutlich reduzieren und zugleich die Grundwasserneubildung fördern, d. h. Wasser in den Einzugsgebieten speichern, wodurch Niedrigwasserphasen im Frühjahr und Sommer entschärft werden.
- 2.1.2.** Maßnahmen zur Reduzierung des Stickstoffeintrags in die Oder sind am effizientesten, wenn im Einzugsgebiet gezielt **Nährstoffüberschüsse an Standorten mit geringer Denitrifikationsleistung** sowie in Flächen mit einem hohen Anteil an Zwischenabfluss verringert werden.
- 2.1.3.** Verbesserungen in der **Abwassersammlung und -reinigung** in Siedlungen würden unmittelbare Effekte zeigen und insbesondere in sommerlichen Trockenperioden die Frachten und Konzentrationen in der Oder verringern.

2.2. Ökosystemleistungen

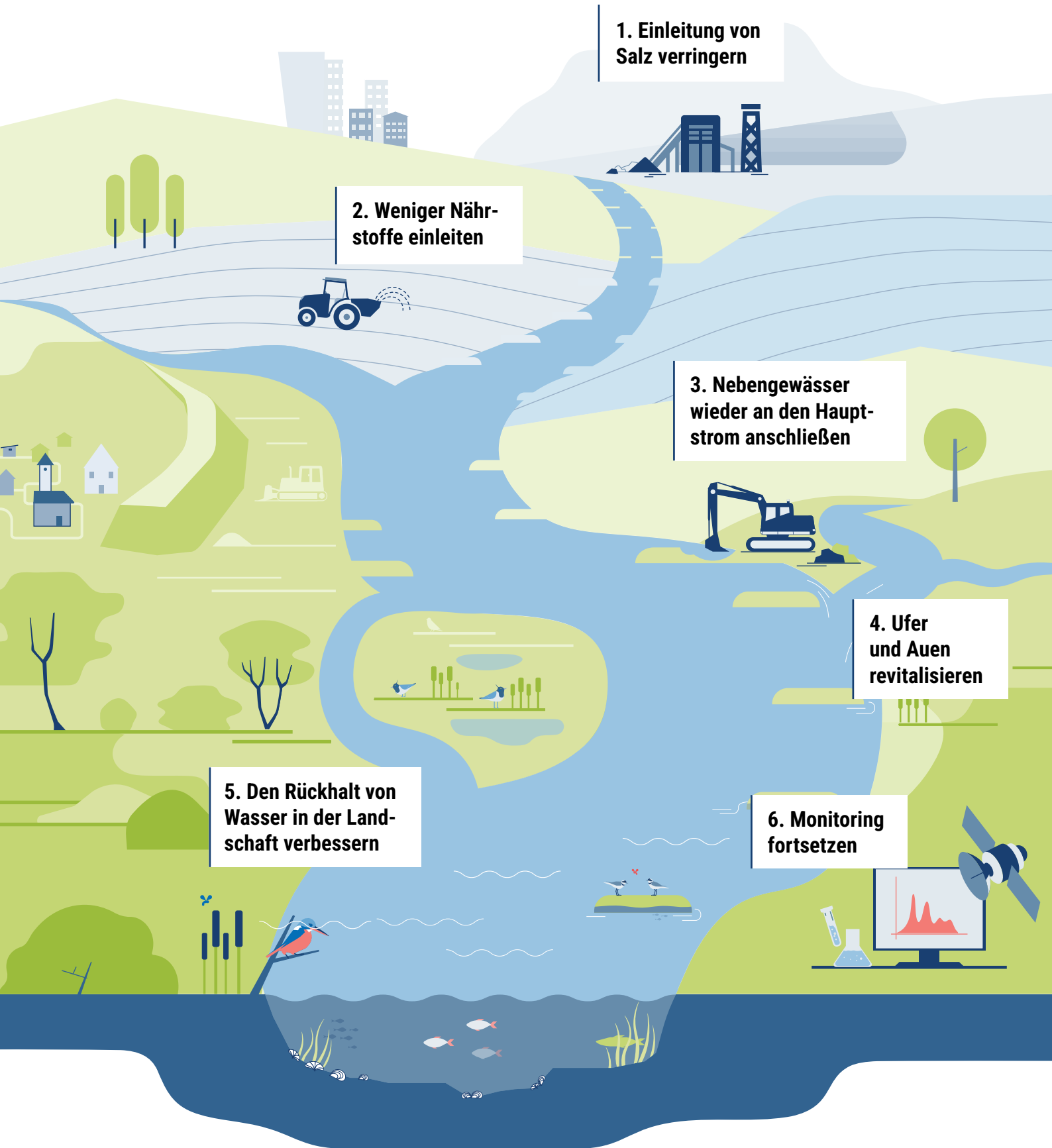
- 2.2.1. Infolge der Verbauung des Flusses sind typische Ökosystemleistungen des Flusses wie Habitatbereitstellung, Wasser- und Stoffrückhalt sowie wassergebundene Erholung deutlich verringert. Diese könnten entsprechend aber durch Revitalisierungsmaßnahmen im Bereich der Flussufer wieder deutlich erhöht werden.
- 2.2.2. Eindeichungen und Entwässerungen von Auen verringern deren typischen Ökosystemleistungen erheblich. In großen Teilen des Oderbruchs profitiert hingegen die Landwirtschaft als versorgende Ökosystemleistung aufgrund der dortigen Auenlehmböden. In anderen Auenabschnitten, wo die Eindeichungen und Entwässerungen jedoch keine hohen Ackerfruchterträge ermöglichen, die die hohen Treibhausgasemissionen, den großen Habitatverlust und Unterhaltungsaufwand rechtfertigen, wird die Wiederherstellung der regulativen und kulturellen Ökosystemleistungen empfohlen, was mittels Deichrückverlegung, längerer Polderflutung und Verringerung des Grundwasserflurabstands erreicht werden könnte.

3. Offene Forschungsfragen:

Zusammensetzung und Quellen von Nährstoffeinträgen

- 3.1. Die genaue Lage der Drainagen im Einzugsgebiet der Oder ist bislang nur unzureichend bekannt und sollte aufgrund ihrer großen Bedeutung systematisch erfasst und berücksichtigt werden.
- 3.2. Die modellierten Verweilzeiten in Boden und Grundwasser stellen eine zentrale Einflussgröße dar, um die Reaktionszeit eines Flussgebiets auf Managementmaßnahmen zu beschreiben, und sollten zukünftig mit Isotopen-basierten Methoden abgeglichen und verifiziert werden.
- 3.3. Die Entwicklung und Dynamik der Nährstoffkonzentrationen in der Oder bedarf einer vertieften Untersuchung, die im bereits begonnenen Interreg-Projekt „Oder-Zusammen“ durchgeführt wird.

Die Oder vor einer erneuten Katastrophe schützen: Die wichtigsten Handlungsempfehlungen auf einen Blick



Martin Pusch, Luc De Meester, Jörn Geßner, Tobias Goldhammer, Sonja Jähnig, Jan Köhler, Thomas Mehner, Michael T. Monaghan, Stephanie Spahr, Matthias Stöck, Markus Venohr, Julia Walter, Christian Wolter

Leibniz-Institut für
Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)
im Forschungsverbund Berlin e.V.
Müggelseedamm 310
12587 Berlin

Mark Gessner, Hans-Peter Grossart

Leibniz-Institut für
Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)
im Forschungsverbund Berlin e.V.
Zur alten Fischerhütte 2
16775 Stechlin OT Neuglobsow

Thomas Ehlert

Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn

Philipp Czapla

Institut für Binnenfischerei e.V. (IfB)
Im Königswald 2
14469 Potsdam

Nadja Heitmann, Dominik Martin-Creuzburg

Brandenburgische Technische
Universität Cottbus-Senftenberg
Forschungsstation Bad Saarow
Seestraße 45
15526 Bad Saarow

Kathrin Januschke

Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Biologie
Aquatische Ökologie
Universitätsstr. 5
45141 Essen

Jonas Kötting

DLR e.V.
Linder Höhe
51147 Köln

