



Die Biologie des Rheins

Synthesebericht zum Rhein-
Messprogramm Biologie
2018/2019 und nationale
Bewertungen gemäß WRRL

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 280



Impressum

Herausgeberin:

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Koblenz Postfach
20 02 53, D 56002 Koblenz
Telefon +49-(0)261-94252-0, Fax +49-(0)261-94252-52

E-mail: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

<https://twitter.com/ICPRhine/>

© IKSR-CIPR-ICBR 2021

Die Biologie des Rheins

Synthesebericht zum Rhein-Messprogramm Biologie 2018/2019 und nationale Bewertungen gemäß WRRL

Federführung:	Nikola Schulte-Kellinghaus, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Bearbeitung:	Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG); Guillaume Demortier, Agence de l'Eau Rhin-Meuse ; Thomas Ehlscheid, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU); Helmut Fischer, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG); Jochen Fischer (Vorsitzender EG BMON), Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU); Paulin Hardenbicker, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV); David Heudre, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand Est; Jeroen Postema, Rijkswaterstaat- WVL; Yael Schindler, Bundesamt für Umwelt (BAFU); Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG); Renate Semmler-Elpers, Landesanstalt für Umwelt, Baden-Württemberg (LUBW);
Koordination und Redaktion:	Nikola Schulte-Kellinghaus, Laura Poinot, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)

Inhalt

Zusammenfassung	3
1. Einleitung	5
2. Phytoplankton	7
3. Makrophyten	11
4. Phytobenthos	15
5. Makrozoobenthos	20
6. Fischfauna	25
7. Bilanz – Einflussfaktoren auf die Ökologie des Rheins	34
Literatur	41
Glossar	44
Anlagen	46

Zusammenfassung

Im Rahmen des Programms „Rhein 2020“ wurden in den Jahren 2018 bis 2019 die Schwebealgen (Phytoplankton), die Wasserpflanzen (Makrophyten) und die am Gewässerboden lebende Kieselalgen (benthische Diatomeen als Teil des Phytobenthos), die aquatischen Wirbellosen (Makrozoobenthos) sowie die Fischfauna auf der gesamten Länge des Rheins untersucht. Das methodisch international abgestimmte „Rheinmessprogramm Biologie“ ist eine regelmäßig durchgeführte Bestandsaufnahme der Biologie des Rheins, die darauf zielt, Veränderungen der Lebensgemeinschaften zu dokumentieren und zu bewerten. Abgesehen vom unteren Abschnitt des Alpenrheins sind alle Wasserkörper des Rheins bis Basel (Hochrhein) als „natürlich“, unterhalb davon als „erheblich verändert“ klassifiziert (Oberrhein bis einschließlich Deltarhein). Als Entwicklungsziel dieser Wasserkörper gilt nicht der gute ökologische Zustand wie in den „natürlichen“ Wasserkörpern, sondern das gute ökologische Potenzial. Die Küstengewässer und das Wattenmeer sind als natürliche Wasserkörper klassifiziert.

Seit Anfang der 1990er Jahre haben sich dank der nunmehr guten Wasserqualität und der bereits umgesetzten Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit und zur Erhöhung der Strukturvielfalt die Lebensgemeinschaften des Rheinhauptstroms deutlich verbessert: In einigen Rheinabschnitten ist die Rückkehr charakteristischer Flussarten der Wirbellosenfauna zu beobachten. Bei der Fischfauna ist das Artenspektrum nahezu vollständig, wenngleich nicht in allen Abschnitten und in den ursprünglichen Dominanzverhältnissen. Maßnahmen zur Reduktion des Phosphorgehaltes im Gewässer haben dazu geführt, dass sich die Spitzen bei der Phytoplankton-Entwicklung deutlich abgeschwächt haben und das Wasser des Rheins heute klarer ist als früher. Durch die besseren Lichtverhältnisse konnten sich abschnittsweise wieder fluss- und auetypische Wasserpflanzengesellschaften in den Altarmen und in geschützten Bühnenfeldern des Rheins etablieren und dort das Habitatangebot für phytophile Fischarten bereichern.

Dennoch sind viele wertvolle Laich- und Jungfischhabitate wegen bestehender Wanderhindernisse noch immer nicht erreichbar. Auch die Umsetzung von Maßnahmen zur Erhöhung der Strukturvielfalt im Uferbereich, wodurch neue Lebensräume für Rhein-typische Tiere und Pflanzen geschaffen werden, verläuft nur schleppend, denn es ist sowohl ökonomisch als auch gesellschaftlich herausfordernd. Steigende Wassertemperaturen sowie Niedrigwasser stellen Rhein-typische Arten vor Herausforderungen. Darüber hinaus erfolgt mit der anhaltenden Einwanderung gebietsfremder Arten (Neobiota), hauptsächlich über die Schifffahrtskanäle, ein ständiger Umbau der Lebensgemeinschaften. Dieser betrifft vor allem die Wirbellosen, seit 2006 aber auch die Fische, was zu einem dramatischen Rückgang der heimischen Arten führt. Haupteinwanderungskorridor ist der Main-Donau-Kanal, über den neben verschiedenen Kleinkrebsen und Weichtieren auch die ersten Grundelarten aus der Donau eingewandert sind. Insbesondere die Schwarzmundgrundel hat sich vom Oberrhein aus gut etabliert, aber es gibt Anzeichen, dass ihre massive Vermehrungsphase in stark besiedelten Gebieten zu Ende geht. Es ist auch möglich, dass es in den nächsten Jahren zu signifikanten Veränderungen in der Nahrungskette kommen wird, die zu einer Regulierung der Grundelpopulationen führen. Die Auswirkungen der Verdrängung dieses Neozoens auf einheimische Arten sind erwiesen. Die heutige Rheinflora ist daher im ständigen Wandel, was sich in den starken Populationsschwankungen miteinander konkurrierender oder in Räuber-Beute-Beziehungen stehender Arten widerspiegelt. Auch unter den Wasserpflanzen und Algen gibt es Neophyten im Rheinsystem. Aber nur wenige im Rhein vorkommende Arten gelten als ausbreitungsstark, wie z. B. die Schmalblättrige Wasserpest *Elodea nuttallii*. Auch die neophytische Diatomee *Achnanthes delmontii* wird mittlerweile im Oberrhein-Abschnitt in erheblichen Mengen nachgewiesen.

Ausschlaggebend für die ökologische Bewertung sind unter anderem die Fische und die Wirbellosen, also jene biologischen Qualitätskomponenten, die am stärksten von diesen Migrationsprozessen betroffen sind. Die aktuelle ökologische Bewertung des Rheinökosystems ist eine Momentaufnahme, bei der sich rasante biologische Wechselwirkungen im Zuge des Faunenaustausches mit den Reaktionen der Lebensgemeinschaften auf die Maßnahmenprogramme untrennbar vermischt haben (vgl. Tabelle 1 und 2 in Kap. 7). Teilweise führen auch methodische Aspekte zu Veränderungen in der Bewertung (Ableitung des ökologischen Potenzials, verbesserte Erhebungstechniken, etc.). Aus den Langzeittrends der letzten 20 Jahre lassen sich aber auch klare und nachhaltige ökologische Verbesserungen ableiten. So ist heute das Phytoplankton über weite Strecken des Rheins wieder in einem guten bis sehr guten Zustand. Damit sind ökosystemare Rückkopplungseffekte verbunden, von denen die Makrophyten, aber auch Teile der Fauna profitieren (v. a. Fische). Die Reduzierung der Nährstoffbelastung im Rhein hat sowohl bei den benthischen (festsitzenden) Diatomeen als auch beim Phytoplankton zu natürlicheren Lebensgemeinschaften geführt (vgl. Kapitel 7 und Tabelle 1). Strukturelle Verbesserung von Uferhabitaten, die Anbindung von Nebengewässern sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit unterstützen die unter Druck geratene einheimische Fauna und gehen damit in die richtige Richtung. Ein Zurückdrängen etablierter, invasiver Neobiota ist nicht möglich, doch trägt die Vielzahl dieser Maßnahmen mit dazu bei, die negativen ökologischen Auswirkungen des Faunenaustausches abzumildern und die Artenvielfalt im Rheinökosystem zu stabilisieren.

Um die Lebensgemeinschaften des Rheins weiter zu verbessern, müssen die Maßnahmen zur Wiederherstellung der Strukturvielfalt und der Wasserqualität fortgesetzt werden.

1. Einleitung

Der vorliegende Synthesebericht stellt die Ergebnisse der biologischen Bestandserhebung des 3. Monitoring-Zyklus (2018/2019) im Rahmen des dritten international koordinierten Bewirtschaftungsplans für die internationale Flussgebietseinheit (IFGE) Rhein (IKSR 2021a) sowie die Ergebnisse der von den einzelnen Staaten durchgeführten nationalen Bewertungen dar und vergleicht sie mit den Ergebnissen des 2. Zyklus aus den Jahren 2012/2013. Das Messprogramm vereint die biologische Untersuchung des Stromes gemäß Programm „Rhein 2020“ mit den Überwachungsanforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (ökologische Zustands- bzw. Potenzialbewertung). Dabei werden die Daten zu den biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten / Phytobenthos, Makrozoobenthos und Fischfauna einer Gesamtbetrachtung für den Rheinhauptstrom unterzogen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die sechs Hauptrheinabschnitte sowie Teileinzugsgebiete im Rheinsystem. Die Arbeiten stehen in der Tradition der biologischen Monitoring-Berichte des „Aktionsprogramms Rhein“ der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), die im Zeitraum 1990 bis 2000 in 5-jährigem Abstand erschienen. Bereits damals enthielten sie qualitative und quantitative Vergleichswerte für Fische, benthische Wirbellose (Makroinvertebraten) und Plankton (Phyto- und Zooplankton). Aufgrund der Verpflichtungen der WRRL ist bei den heutigen Berichten die Komponente Makrophyten / Phytobenthos neu hinzugekommen. Methodische Details zum Untersuchungsprogramm und zu den Bewertungsmethoden der Mitgliedsstaaten sind im Rheinmessprogramm Biologie 2018/2019 (IKSR 2017a) sowie in den ausführlichen Berichten zu den einzelnen biologischen Gruppen nachzulesen (IKSR 2020a-d, IKSR2021b).

Zusätzlich zu den Ergebnissen des Untersuchungsprogramms werden die nationalen ökologischen Bewertungen der einzelnen Qualitätskomponenten gemäß WRRL für den dritten international koordinierten Bewirtschaftungsplan für die IFGE Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021) in Tabellen und Karten (Anlagen) präsentiert und mit den Bewertungen von 2015 verglichen. In Ergänzung wird in Anlage 10 in einer Karte die Gesamtbewertung des ökologischen Zustandes bzw. Potenzials gemäß WRRL für den dritten Bewirtschaftungsplan (Entwurfssfassung vom 15. April 2021) dargestellt.

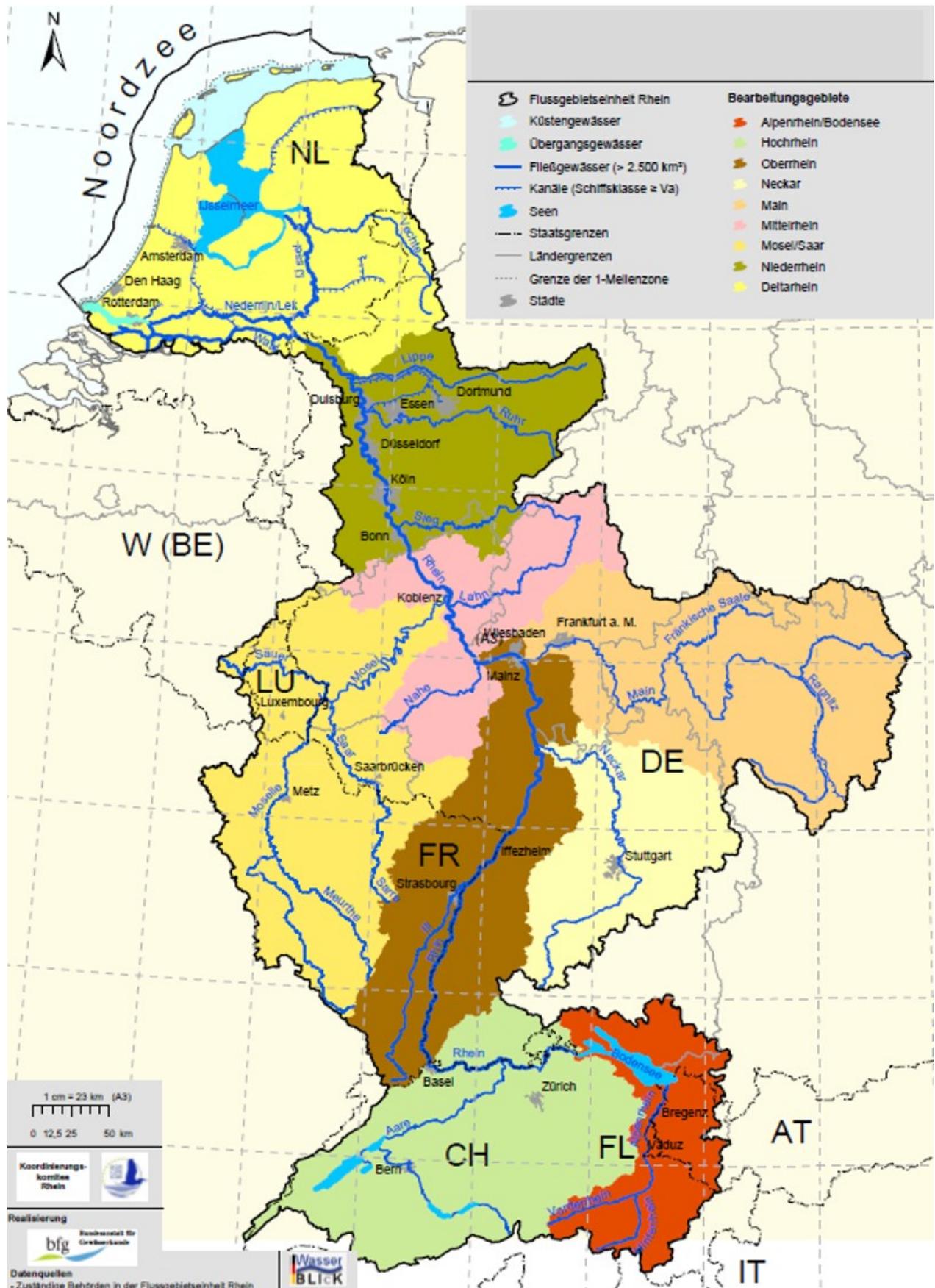


Abbildung 1: Rheinabschnitte und Teileinzugsgebiete im Rheinsystem. (AR: Alpenrhein; HR: Hochrhein; OR: Oberrhein; MR: Mittelrhein; NR: Niederrhein; DR: Deltarhein)

2. Phytoplankton

Schwebealgen

vgl. IKSR 2020a

Was sagt das Phytoplankton über Belastungszustände aus?

Für die Ausbildung einer Phytoplankton-Lebensgemeinschaft bedarf es einer genügend langen Aufenthaltsdauer in einem Gewässer. Eine hohe Dichte erreicht diese Qualitätskomponente daher in den gestauten Nebengewässern und den unteren Rheinabschnitten. Aus der Artzusammensetzung und der Biomasse lassen sich Rückschlüsse auf die Nährstoffbelastung des Gewässers ziehen. Für die Küsten- und Übergangsgewässer ist das Phytoplankton (und hier die Komponenten Chlorophyll-a und *Phaeocystis*) besonders wichtig, da es bei starker Entwicklung Eutrophierungserscheinungen sicher anzeigt, damit die Wasserqualität beeinflusst und als Frühwarnsystem für die Küstengewässer fungieren kann.

Wie sieht die Lebensgemeinschaft im Rhein aus?

Die artenreiche Gruppe des Phytoplanktons spielt eine wichtige Rolle im Nahrungsnetz größerer Flüsse. Es kann sowohl von Zooplankton als auch von aktiven Filtrierern unter den Benthosorganismen (z. B. Muscheln, insbesondere die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha*, die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* oder auch die in hohen Dichten vorkommenden Schlickkrebse der Gattung *Chelicorophium*) aufgenommen werden. Dabei können, wenn die Zooplanktonkonzentrationen sehr hoch oder die Populationen der Filtrierer groß sind, erhebliche Mengen Phytoplankton aus der Wassersäule entfernt werden. Die Jungfischstadien vieler Arten sind auf planktische Nährtiere (Zooplankton) angewiesen, die wiederum selbst von der Biomasse des Phytoplanktons abhängen. Die planktische Primärproduktion ist also eine wesentliche Grundlage für das weitere Nahrungsnetz und damit für höhere Organismen wie Fische.

Kieselalgen (Klasse: Bacillariophyceae) bildeten 2018 den weit überwiegenden Anteil der planktischen Biomasse. Während des Frühjahrs stellten sie an den Messstellen Koblenz (Mittelrhein) und Bimmen (Niederrhein) deutlich über 90 % des gesamten Biovolumens des Phytoplanktons. Darunter waren die zentrischen Kieselalgen *Skeletonema subsalsum*, *Aulacoseira normanii* und *Skeletonema potamos* während des Algenpeaks Ende Mai in Bimmen besonders stark vertreten. Weiter stromauf in Breisach (Oberrhein) stellten neben den Kieselalgen auch Kryptomonaden (Cryptophyceae), insbesondere die Art *Rhodomonas lacustris*, größere Anteile an der gesamten Phytoplanktonbiomasse.

Die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons während der sommerlichen Algenblüte konnte an der Messstelle Koblenz differenzierter betrachtet werden. Hier zeigte sich zunächst eine stark ausgeprägte Kieselalgenblüte, die am 8. August 2018 zu 80 % durch die zentrische Kieselalge *Skeletonema potamos* gebildet wurde. Diese Art gilt als wärmeliebend, kommt typischerweise in größeren Flüssen vor und stellt hier häufig einen größeren Biomasseanteil. Es wird angenommen, dass sie zukünftig von Temperaturanstiegen im Zuge des Klimawandels profitiert (DULEBA et al. 2014). Bereits bei der Messung am 15. August 2018 war jedoch an der Messstelle Koblenz die Biomasse von *Skeletonema potamos* auf etwa zwei Prozent des Wertes vom 8. August 2018 zurückgegangen. Die ebenfalls flusstypische Kieselalge *Cyclotella meneghiniana* dominierte nun die allerdings sehr viel geringe Phytoplanktonbiomasse. Wiederum eine Woche später, am 22. August 2018, dominierten Grünalgen der Gattung *Coelastrum polychordum* die Phytoplanktongemeinschaft und bildeten eine zweite, völlig anders zusammengesetzte Phytoplanktonblüte.

Die auffällige Phytoplanktondynamik an der Messstelle Koblenz wird durch die monatlichen Phytoplanktonzählungen an den anderen Messstellen bestätigt. Die Grünalge *Coelastrum polychordum*, die an der Messstelle Koblenz am 22. August 2018 eine

Planktonblüte bildete, ist eine typische Art der großen Voralpenseen. Dazu passt, dass sie weit stromauf bis an die Mündung der Aare in hoher Anzahl nachweisbar war. An der Messstelle Breisach stellte *Coelastrum polychordum* am 21. August 2018 bereits fast 60 % der Algenbiomasse. In Mainz war diese Art am 20. August 2018 sogar mit mehr als 90 % der gesamten Phytoplanktonbiomasse vertreten. Weiter stromab, an der Messstelle Bimmen, war die Grünalgenblüte zu diesem Zeitpunkt offensichtlich noch nicht in vollem Umfang angekommen. *Coelastrum polychordum* trat zwar schon in größerer Anzahl auf, es dominierten aber, wie in Koblenz eine Woche zuvor, noch die Kieselalgen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse zum Phytoplankton im Rhein und seinen Nebenflüssen einerseits weiter zurückgehende Algenbiomassen im Frühjahr und damit eine Verbesserung des trophischen Zustands an. Andererseits demonstrieren die auffälligen sommerlichen Algenblüten, dass das trophische Potenzial für hohe Algenbiomassen sowohl im Rhein als auch in seinen Nebenflüssen (im Jahr 2018 in Mosel und Lahn) vorhanden ist und durch unterschiedliche Phytoplanktonarten genutzt werden kann.

Zur Interpretation des Phytoplanktons wurde an ausgewählten Stellen auch das Zooplankton untersucht. Anzahl und Biomasse der Zooplanktonorganismen waren 2018 gering. Rotatorien („Rädertierchen“) sind typische Zooplanktonorganismen in Fließgewässern. Es wurde jedoch am Rhein, an den Messstellen Koblenz und Bimmen, während der gesamten Messkampagne maximal 9 Individuen/l festgestellt. Diese sehr geringe Anzahl überraschte, weil während der Niedrigwasserphase starke Phytoplanktonblüten auftraten, die viel Nahrung für Rotatorien boten. Möglicherweise waren aber diese Phytoplanktonblüten zu kurz, sodass die Rotatorien mit ihren längeren Generationszeiten darauf nicht reagieren konnten.

Weitere typische Zooplanktonorganismen im Rhein sind die Larven (sogenannte „Veligerlarven“) der Dreikantmuscheln *Dreissena polymorpha* und *Dreissena rostriformis bugensis*. 2018 war allerdings auch die Anzahl der Veligerlarven relativ gering. Möglicherweise ist diese geringe Zahl auf einen Rückgang der eingewanderten *Dreissena polymorpha* (Zebrauschel) zurückzuführen, die im Rhein durch die etwas größere *Dreissena rostriformis bugensis* (Quaggamuschel) verdrängt wurde.

Wie wird der Rhein bewertet?

Das Phytoplankton zeigt vom **Hochrhein** bis zum **Oberrhein** oberhalb der Neckarmündung einen „sehr guten“ Zustand an (vgl. Anlage 1). Der südliche Oberrhein wird nur von deutscher Seite bewertet. Ab unterhalb der Neckarmündung ist der Zustand bis oberhalb der Mainmündung „gut“ und geht dann in einen „mäßigen“ Zustand am **Mittelrhein** und **Niederrhein** über. Die ökologische Bewertung der Komponente hat zwischen der Mainmündung und Duisburg am Niederrhein im Vergleich zu 2015 eine negative Veränderung zu verzeichnen. So verschlechterten sich diese Rheinabschnitte von gut auf mäßig. Im **Deltarhein** wurde das Phytoplankton in den Küsten- und Übergangsgewässern, in den Kanälen und Stillgewässern, aber nicht in den großen Flüssen bewertet. IJsselmeer und Wattenmeer verzeichnen ein mäßiges Potenzial bzw. einen „mäßigen“ Zustand, was eine Verschlechterung des zuvor „guten“ Zustands des Wattenmeers darstellt. Die Küstengewässer erreichen durchgehend einen „guten“ ökologischen Zustand durch eine Verbesserung der Wattenküste.

Der **Vergleich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen** zeigt, dass aktuelle hydrologische Gegebenheiten und die Witterungsbedingungen den langfristigen Trend überlagern und saisonale Algenblüten fördern. Während eines abflussreichen Frühjahrs wie im Jahr 2009 und tendenziell auch 2018 ist die Phytoplanktonentwicklung gering. Besonders deutlich wurde der Witterungseinfluss während der sommerlichen Niedrigwasserphase 2018. Hier profitierte das Phytoplankton von verlängerten Fließzeiten, höheren Wassertemperaturen und verringerter Aktivität der Muscheln.

Welche Langzeittrends zeigen sich?

Untersuchungen zur Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Rhein zeigen eine deutliche Abnahme der Phytoplankton-Biomassen, die mit dem Rückgang der Gesamt-P Konzentration korrespondiert (FRIEDRICH & POHLMANN 2009, HARDENBICKER et al. 2014). Der Jahresmittelwert der Gesamt-P Konzentration ging an der Messstelle Koblenz von 0,56 mg/l im Jahr 1978 auf 0,10 mg/l im Jahr 2018 zurück (Abbildung 4). Während zu Beginn der 1990er Jahre dort noch Phytoplankton-Maxima von 80 bis 100 µg/l Chlorophyll a erreicht wurden, traten Werte in dieser Höhe seitdem lange Zeit nicht mehr auf. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass der Rückgang der Phytoplankton-Mengen im Rhein nicht alleine auf die Verringerung der P-Einträge, sondern auch auf die verringerten Einträge aus dem Bodensee und aus Nebengewässern sowie vor allem auf verstärkte Filtration durch die eingewanderte Dreikantmuschel (*Dreissena sp.*) zurückzuführen ist (WEITERE & ARNDT 2002, HARDENBICKER et al. 2014, IKSR 2015c). Allerdings können die aktuellen hydrologischen Gegebenheiten und die Witterungsbedingungen den langfristigen Trend überlagern und wie im Sommer 2018 saisonale Algenblüten fördern.

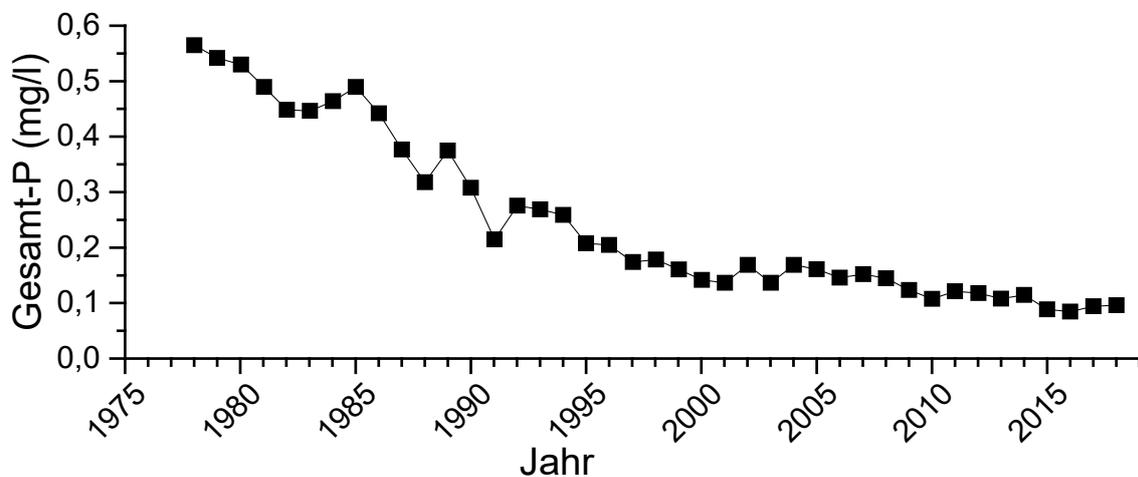


Abbildung 4: Entwicklung der Konzentration des Gesamt-Phosphors (Jahresmittelwerte) an der Messstelle Koblenz von 1978 bis 2018. Daten: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Das langfristige zukünftige Monitoring wird zeigen, ob es sich bei den außergewöhnlich hohen Phytoplanktonbiomassen im Sommer 2018 um einen Einzelfall in einem extrem trockenen und warmen Jahr handelte oder ob die Klimaentwicklung solche Algenblüten in Zukunft fördert und damit den Bemühungen um eine Verbesserung des trophischen Zustands des Rheins entgegenwirkt.

3. Makrophyten

Aquatische Gefäßpflanzen, Moose, Armelechteralgen

vgl. IKSR 2020b

Was sagen Wasserpflanzen über Belastungszustände aus?

Aquatische Makrophyten sind sehr gute Trophie-Indikatoren. Als pflanzliche Organismen reagieren sie aber auch deutlich auf andere anthropogen bedingte Veränderungen im Fließgewässer. So können Eingriffe in das Abflussregime, wie z. B. Aufstauungen, indiziert werden. Die Ausprägung der Makrophytenvegetation lässt auch Rückschlüsse auf die strukturellen Bedingungen im Gewässer zu, wie z. B. Substratdiversität und -dynamik oder auf den Verbauungsgrad (vgl. Tabelle 1 in Kap. 7).

Wie sieht die Lebensgemeinschaft im Rhein aus?

An 50 Messstellen im Rheinhauptstrom wurden 2018/2019 55 aquatische Makrophytenarten nachgewiesen: 33 höhere Pflanzen, 18 Moose und 4 Armelechteralgen. 2012/2013 wurden 44 aquatische Makrophyten nachgewiesen. Die Zunahme der Artenzahl ist in Zusammenhang mit der höheren Anzahl an Messstellen zu sehen. Die meisten Nachweise betrafen *Potamogeton pectinatus* (Kamm-Laichkraut, 32), *Myriophyllum spicatum* (Ähriges Tausendblatt, 29), und *Fontinalis antipyretica* (Gewöhnliches Quellmoos, 26). Die Schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nuttallii*, Abbildung 5), ein Neophyt, der sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts in Mitteleuropa rasch ausgebreitet hat, wurde im Jahr 2012/2013 im Ober-, Mittel- und Deltarhein, jedoch nicht mehr im Hochrhein nachgewiesen. 2006/2007 und 2018/2019 wurde *Elodea nuttallii* mit Ausnahme des Alpenrheins und des Niederrheins in allen Abschnitten nachgewiesen; hier jeweils an mehreren Untersuchungsstellen.



Abbildung 5: Schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nuttallii*). Foto: Klaus van de Weyer.

Wie wird der Rhein „eingeschätzt“?

Die Teilkomponente der Makrophyten wurde im Rahmen des Rheinmessprogramms Biologie unabhängig von den anderen beiden Teilkomponenten „benthische Diatomeen“ und „übriges Phytobenthos“ betrachtet. Die Gesamtdeckung der Makrophyten ist ein Kriterium, das beim niederländischen Bewertungsverfahren für Flüsse verwendet wird (VAN DER MOLEN et al. 2012). Beim Verfahren LANUV NRW (2017) wird die Gesamtdeckung aquatischer Makrophyten ebenfalls berücksichtigt. Die wertenden Aussagen in den anderen Staaten beruhen auf einer **gutachterlichen Ersteinschätzung** einzelner Messstellen unter Berücksichtigung der Anzahl der Arten und der Wuchsformen, dem Vorkommen von Gütezeigern und dem Grad der Vegetationsbedeckung (vgl. Anlage 6).

Im **Alpenrhein**, der erstmalig 2018/2019 an einer Probestelle untersucht wurde, war eine hohe Gesamtdeckung aquatischer Makrophyten zu verzeichnen. Der Makrophytenbestand war „gut ausgeprägt“.

Die Untersuchungsstellen im **Hochrhein** zeichneten sich 2018/2019 durch eine geringe bzw. mittlere Bedeckung der aquatischen Vegetation aus (< 2 % bzw. 2-5 %), die im Vergleich zu 2012/2013 wuchsformenreich ist. 2012/2013 wiesen alle Untersuchungsstellen im Hochrhein nur eine geringe Bedeckung der aquatischen Vegetation aus (unter 2 %). Jeweils zwei Untersuchungsstellen wurden als mit „leichten Defiziten“ bzw. mit „deutlichen Defiziten“ eingestuft.

Im **Ober- und Mittelrhein** wiesen die meisten Untersuchungsstellen Deckungswerte von unter 2 % auf, 2012/2013 waren überwiegend Deckungswerte von über 2 % zu verzeichnen. In beiden Berichtszeiträumen waren aber auch einzelne Untersuchungsstellen vorhanden, die mittlere bzw. hohe Bedeckung der aquatischen Vegetation aufwiesen (3 Stellen mit 5-25 % und eine Stelle mit über 25 %).

Im **Oberrhein** sind die Makrophyten-Bestände heterogen; einige weisen „sehr starke Defizite“ auf, andere sind „gut ausgeprägt“. Die 3 Probestellen im **Mittelrhein** decken den Bereich von „gut ausgeprägt“, mit „leichten Defiziten“ bis zu mit „deutlichen Defiziten“ ab und sind arten- sowie wuchsformenreich.

Im **Niederrhein** fehlten 2018/2019 an allen Untersuchungsstellen aquatische Makrophyten komplett, was diese mit „sehr starken Defiziten“ einstuft. 2012/2013 waren zumindest an einigen Untersuchungsstellen Makrophyten mit sehr geringer Deckung vorhanden.

Im **Deltarhein** wurden 2012/2013 mit einer Ausnahme an allen Stellen keine Wasserpflanzen nachgewiesen. 2018/2019 war die Bedeckung sehr heterogen; einige Probestellen weisen „sehr starke Defizite“ auf, andere sind „gut ausgeprägt“. Neben Stellen ohne Bewuchs gab es auch Stellen mit geringem, mittlerem und starkem Bewuchs.

Die Probestellen Bacharach (Mittelrhein, km 541), Speyer (Oberrhein, km 389) und Oude Maas (Deltarhein, km 957-985) weisen im Untersuchungszeitraum mit jeweils 14 bzw. 16 Arten die am besten ausgeprägten Makrophyten-Bestände im gesamten Rheinverlauf auf.

Der **Vergleich mit den Daten aus 2012/2013** zeigt, dass aktuell einige Arten nicht mehr nachgewiesen werden konnten, 18 Arten wurden dagegen erstmalig nachgewiesen. Ein Vergleich wird dadurch erschwert, da die Anzahl der Messstellen deutlich zugenommen hat – von 36 Messstellen in 2012/2013 auf 50 in 2018/2019. Im **Hochrhein** war 2018/2019 eine Zunahme der Artenzahl aquatischer Makrophyten festzustellen. Im **Oberrhein** ist die Tendenz nicht klar. Neben Rückgängen sind auch Zunahmen zu verzeichnen. Das trifft auch für den **Mittelrhein** zu. Im **Niederrhein** wurden 2018/2019 keine aquatischen Makrophyten nachgewiesen, 2012/2013 gab es in diesem Abschnitt nur zwei Arten. Mögliche Gründe für das Fehlen der Makrophyten am Niederrhein sind die Strukturarmut mit anthropogen geprägter Flussmorphologie und die stärkere Trübung, die u. a. durch die zunehmende Schifffahrt bedingt sein kann. Am Niederrhein treten auch vergleichsweise hohe Chlorophyll-Konzentrationen auf, die zusätzlich zu einer eingeschränkten Lichtverfügbarkeit führen können.

Im **Deltarhein** war eine Zunahme zu verzeichnen. Zu beachten ist hierbei, dass innerhalb der Untersuchungsstrecken mehrere Messstellen beprobt wurden. Diese Veränderungen können methodisch bedingt sein, aber auch Ausdruck konkreter Ausbreitungstendenzen von Arten sein. Letzteres ist für das Quell-Gabelzahnmoos *Octodicerias fontanum* sowie für einige Laichkräuter (*Potamogeton* spp.) in Deutschland anzunehmen.

Insgesamt fällt beim Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit der Makrophyten-Erhebung aus den Jahren 2012/2013 aber eine hohe räumliche und zeitliche Heterogenität im Rhein auf (vgl. Abbildung 6). Hierfür lassen sich drei Gründe benennen:

- (1) Schwierigkeiten einer repräsentativen Erfassung (z. T. Tauchgänge erforderlich);
- (2) Abflusssituation in den Messjahren unterschiedlich;

(3) Lokale Unterschiede in der Häufigkeit vorteilhafter Uferstrukturen (z. B. geschützte Buhnenfelder mit sandig-kiesigen Substraten, Abbildung 7).

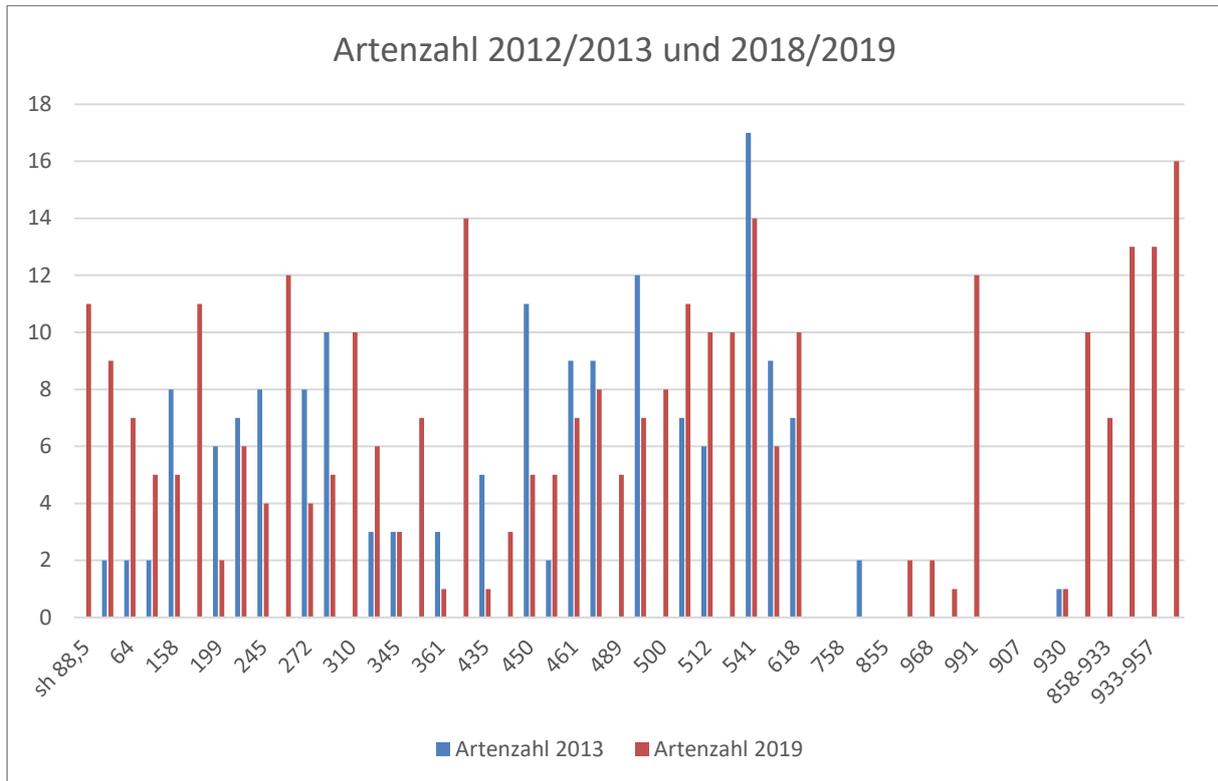


Abbildung 6: Artenzahl aquatischer Makrophyten im Verlauf des Rheinhauptstroms mit Angabe der Rhein-Kilometer in den Untersuchungszeiträumen 2012/2013 und 2018/2019. (AR: sh 88,5; HR: 64-158; OR: 199-512; MR: 541-618; NR: 758-855; DR: 968-933/957)



Abbildung 7: Habitat Buhnenfeld Rhein. Foto: LfU Mainz.

Welche Langzeittrends zeigen sich?

Die Wasserpflanzenentwicklung des Rheins wird seit dem Rheinmessprogramm 2006/2007 systematisch untersucht. Lokale Kartierungen einiger Mittel- und Oberrheinabschnitte sowie in den Rheinauen belegen eine Zunahme der Artenzahlen und der Häufigkeiten der Makrophyten in dieser Zeit. Dieser Trend ist nur vor dem Hintergrund der zurückgegangenen Phytoplankton-Biomasseentwicklung im Rhein zu verstehen. Wasserpflanzen und Phytoplankton stehen in einem licht- und nährstoffgesteuerten Konkurrenzverhältnis zueinander. Je weniger Phytoplankton sich im Frühjahr entwickeln kann, desto höher werden die Sichttiefen. Während der Wachstumsperiode der Wasserpflanzen kann das Sonnenlicht nun tiefer in das Gewässer eindringen und so die Entwicklung größerer Bestände begünstigen.

Die Abflussverhältnisse und insbesondere Hochwässer entscheiden mit darüber, wie dauerhaft und umfänglich diese Entwicklungen ausfallen. Darüber hinaus müssen geeignete Uferstrukturen für neue Ansiedlungen gegeben sein. Im Ober- und Mittelrhein sind diese Bedingungen abschnittsweise gegeben. Eine wichtige Rolle bei der Wiederbesiedlung dieser Rheinabschnitte spielt auch die Nähe zu den artenreichen Auegewässern des Oberrheins. Niederrhein und Deltarhein weisen strukturelle Defizite auf, die das Aufkommen von Makrophyten erschweren (fehlende strömungsberuhigte Bereiche, Wellenschlag, starke Wasserstandsschwankungen).

In den großen Stillgewässern am Rhein, wie im Bodensee, im IJsselmeer und Markermeer sowie in den Randmeren wirkt sich eine verbesserte Wasserqualität positiv auf die Makrophyten-Bestände aus. Eine großflächige Makrophytenvegetation fördert wiederum die Zunahme von Wasserpflanzen-fressenden Vogelarten (IKSR 2020i).

4. Phytobenthos

Hier: benthische Diatomeen, am Boden lebende Kieselalgen

vgl. IKSr 2020c

Die meisten Rheinanliegerstaaten ziehen für die Bewertung der biologischen Komponente „Makrophyten / Phytobenthos“ lediglich die benthischen Diatomeen (am Boden lebende Kieselalgen) heran. In Baden-Württemberg fließt jedoch neben den benthischen Diatomeen auch das übrige Phytobenthos mit in die Bewertung ein. In den Niederlanden werden Phytobenthos und Makrophyten zusammen bewertet. Die Küsten- und Übergangsgewässer werden anhand von Seegras und Strandschwengel (Qualität und Quantität) bewertet.

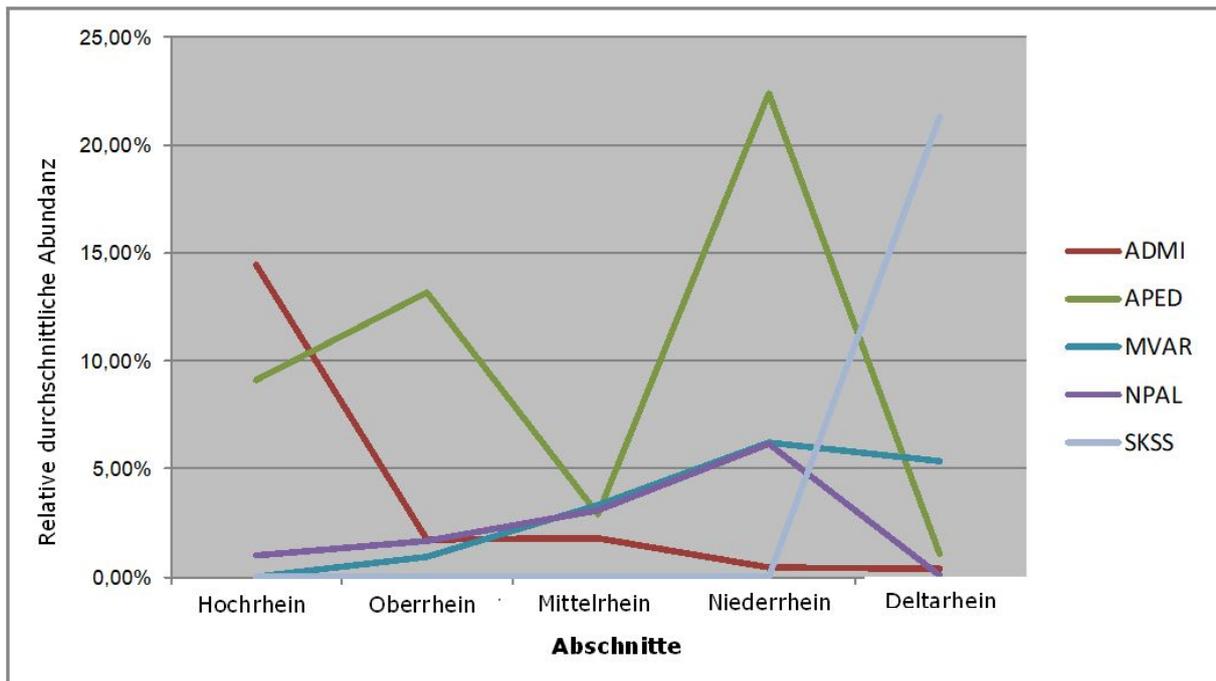
Was sagen Kieselalgen über Belastungszustände aus?

Diatomeen sind mikroskopisch kleine, einzellige Algen. Sie entwickeln sich insbesondere in Fließgewässern, in denen sie auf Flächen unterhalb der Wasseroberfläche einen Biofilm bilden. Aufgrund ihrer großen Artenvielfalt, ihrer weiten Verbreitung und ihrer Empfindlichkeit gegenüber physikalisch-chemischen Eigenschaften ihres Lebensraums sind sie hervorragende Bioindikatoren. Insbesondere ermöglichen sie eine Beurteilung der Nährstoffbelastung (Trophie), der Versauerung, der Salzbelastung und auch der organischen Verschmutzung (Saprobie) ihres Lebensraumes (VAN DAM et al. 1994, ROTT et al. 1997). Da die Diatomeen kurze Generationszeiten besitzen, kann die Lebensgemeinschaft schnell auf Veränderungen reagieren. Die Probenahme erfolgte von Mai bis Oktober, sodass das Bewertungsergebnis die stoffliche Situation in der wärmeren Zeit reflektiert. In dem Zusammenhang muss die erhebliche Streuung der Probenahmedaten, sowie die Niedrigwasserperiode im Sommer 2018 berücksichtigt werden.

Wie sieht die Lebensgemeinschaft im Rhein aus?

An den 41 analysierten Standorten wurden zwischen August 2015 und Oktober 2018 340 Arten festsitzender Kieselalgen erhoben, was selbst für einen großen Fluss wie den Rhein eine erhebliche Artenvielfalt darstellt. Viele Arten kommen jedoch nur an wenigen Messstellen vor, während eine relativ geringe Anzahl von Arten (25) an mehr als 50 % der untersuchten Standorte vorkommt und somit tatsächlich die Lebensgemeinschaften vor Ort dominieren. Abbildung 8 zeigt die Häufigkeitsverteilung der fünf am weitesten verbreiteten festsitzenden Kieselalgen-Arten im Rhein (Fotos in Abbildung 9).

Die im Rheinverlauf (vgl. Abbildung 1) vorkommenden Kieselalgen-Lebensgemeinschaften haben charakteristische, indikative Eigenschaften (Gilden). Ihre Abfolge spiegelt die abnehmende Fließgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Zunahme des Nährstoffangebots und organischer Stoffe wider: Die Artenzusammensetzung im **Hochrhein** ist typisch für Fließgewässer mit wenig Nährstoffen und organischen Substanzen. Stromabwärts ändert sich die Artenzusammensetzung sukzessive. Ab dem **Oberrhein bis ins Delta** machen Arten, die für nährstoffreiche Lebensräume typisch sind, einen erheblichen Anteil aus. Im **Rheindelta** kommen zusätzlich planktonartige und halophile (salzliebende) Arten vor.



ADMI: *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki sensu lato; APED: *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow; MVAR: *Melosira Varians* (Agardh); NPAL: *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith; SKSS: *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge.

Abbildung 8: Durchschnittliche Abundanz von fünf aspektbildenden Arten benthischer Kieselalgen (Diatomeen) in den Rheinabschnitten.

- *Achnantheidium minutissimum* sensu lato ist eine verschmutzungsempfindliche Art, die im Hochrhein in großer Individuendichte auftritt und in anderen Rheinabschnitten nur sporadisch (Abbildung 8).
- *Amphora pediculus* wurde zwar in allen Rheinabschnitten erhoben, kommt am Niederrhein jedoch in größerer Abundanz vor. Die geringe Abundanz im Mittelrhein ist im Vergleich zur Bestandsaufnahme 2012/2013 eine Besonderheit. Sie gilt als euryök und ubiquitär, d. h. die Art bevorzugt mäßig nährstoffreiche Gewässer und toleriert verschiedene Lebensraumbedingungen. Sie ist eine Pionierart in Lebensräumen mit starker Beweidung des Biofilms (beispielsweise durch Wirbellose oder Fische).
- *Melosira varians* und *Nitzschia palea* nehmen in der durchschnittlichen Abundanz in stromabwärtiger Richtung zu. *Melosira varians* ist eine benthische Tychoplanktonart, das heißt sie ist typisch für eutrophe (nährstoffreiche) Stillgewässer und hat in den Proben des Unterlaufs einen erheblichen Anteil. Die allmähliche Zunahme der durchschnittlichen Abundanz des sehr verschmutzungsunempfindlichen Taxons *Nitzschia palea* ist mit dem organischen Zufluss und somit der allmählichen Zunahme organischer und trophischer Belastung im Rhein in Verbindung zu bringen. Sein Verschwinden aus dem Rheindelta ist vermutlich eher auf die stark lenitischen Bedingungen zurückzuführen, die für das Taxon eher ungünstig sind, als auf eine Verbesserung der Wasserqualität.
- *Skeletonema subsalsum* ist typisch für das Rheindelta. Die besonderen, sehr lenitischen Bedingungen dieses Abschnitts begünstigen starke Sedimentation und erklären das sehr abundante Vorkommen dieser Planktonart im Benthos.

Vier der fünf häufigsten Arten sind in Abbildung 9 porträtiert.

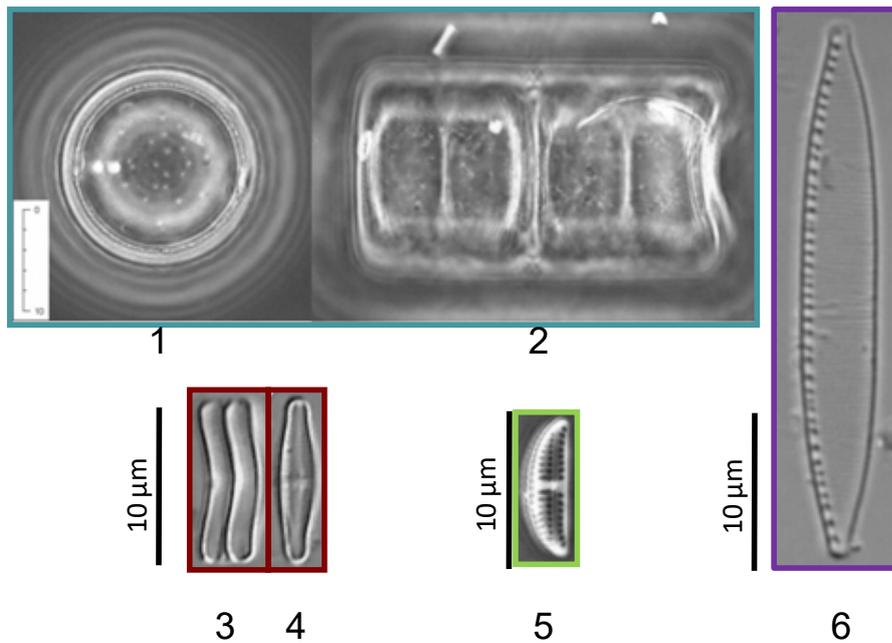


Abbildung 9: Die vier aspektbildenden Arten benthischer Kieselalgen (Diatomeen) des Rheins. 1-2: *Melosira varians* Draufsicht (1) und Seitenansicht (2); 3-4: *Acanthidium minutissimum* sensu lato in Seitenansicht (3) und Draufsicht (4); 5: *Amphora pediculus*; 6: *Nitzschia palea*; Fotos D. Heudre.

In Bezug auf die Trophie (Nährstoffangebot) (d. h. die Empfindlichkeit der Artzusammensetzungen gegenüber Nitraten und Phosphor) ist festzustellen, dass die Artzusammensetzungen schnell eunitrophil werden, sich anschließend aber nach und nach hin zu einer mesonitrophilen Dominanz entwickeln (Abbildung 10a und 10b).

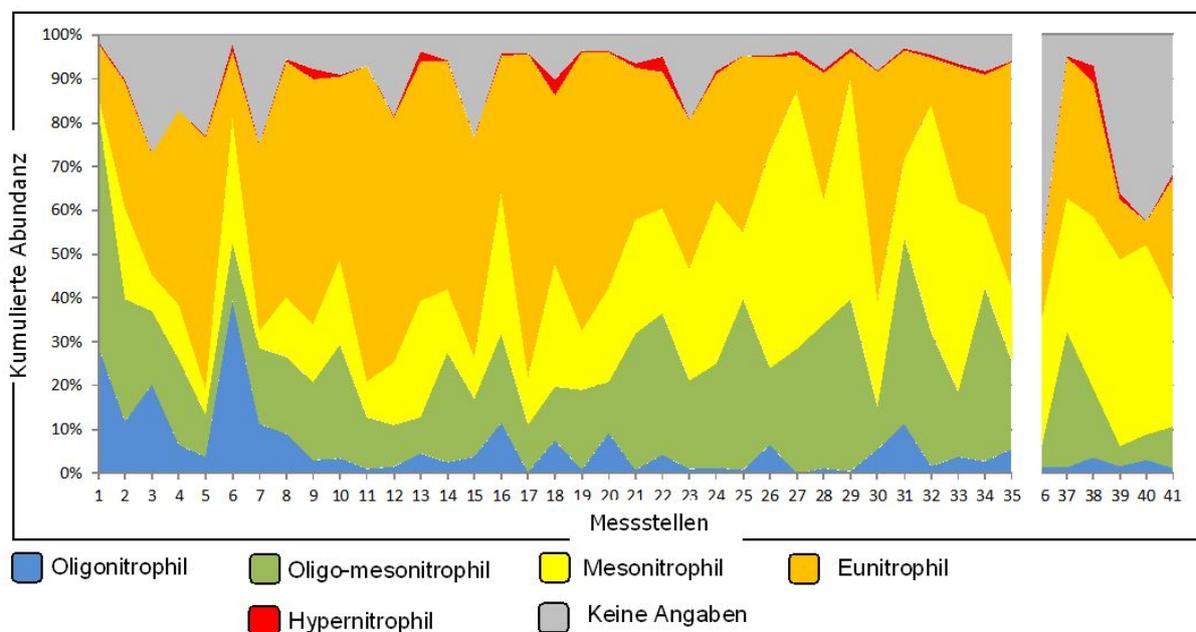


Abbildung 10a: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Nitrat-Empfindlichkeit (CARAYON *et al.* 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein)).

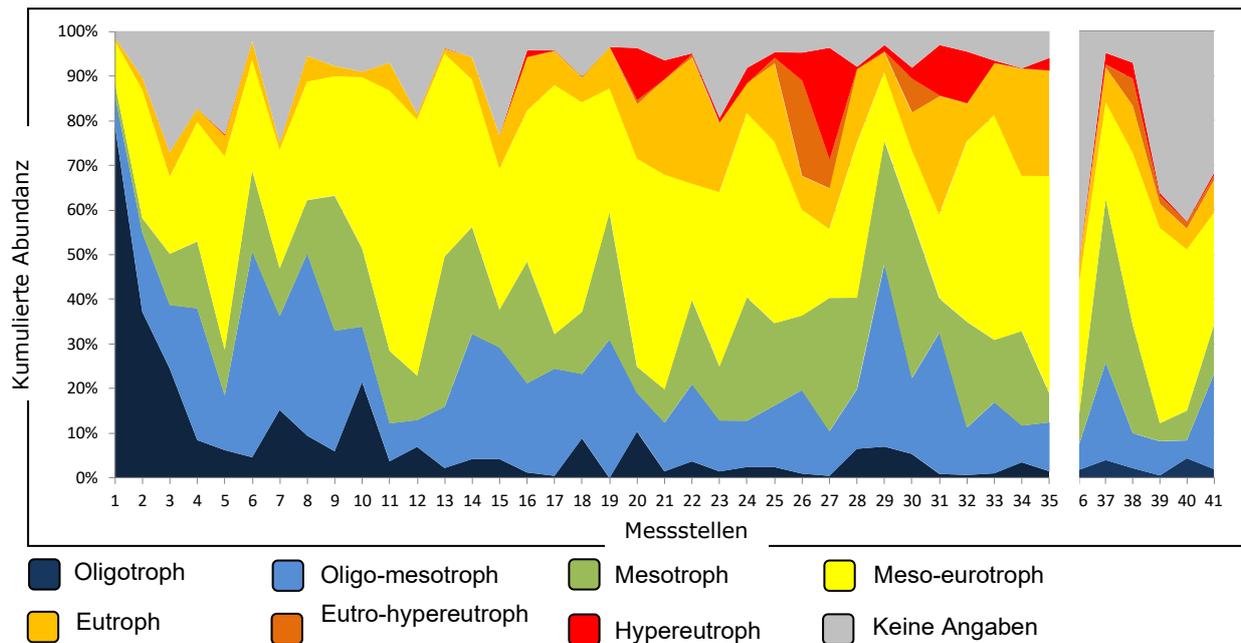


Abbildung 10b: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Phosphor-Empfindlichkeit (CARAYON *et al.* 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein)).

Wie wird der Rhein bewertet?

Wie Anlage 2 und Anlage 7 zeigen, wird der **Bodensee** 2018/2019 – wie schon 2012/2013 – in allen Teilen als „gut“ bewertet, ebenso der **Hochrhein** bis oberhalb der Aare. Der **südliche Oberrhein** bis Breisach wird von deutscher Seite für Makrophyten und Phytobenthos als „gut“, von französischer Seite auf Grundlage der benthischen Diatomeen als „mäßig“ bewertet. Der südliche Oberrhein von Breisach bis Straßburg wird wiederum von deutscher Seite als „mäßig“ und von französischer Seite als „gut“ bewertet. Im weiteren Verlauf (**nördlicher Oberrhein, Mittelrhein**) wird der Rhein bis zur deutsch-niederländischen Grenze durchweg als „mäßig“ bewertet, mit zwei „guten“ Abschnitten im **Oberrhein** (Lautermündung bis Neckarmündung) und im **Mittelrhein**. Der Abschnitt im **Niederrhein** (Wuppermündung bis Ruhmündung) hat sich im Vergleich zu 2015 von „unbefriedigend“ auf „mäßig“ verbessert. Im **Deltarhein** haben zahlreiche Wasserkörper hinsichtlich der Qualitätskomponente Makrophyten / Phytobenthos den guten Zustand erreicht: Boven Rijn und Waal, Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland- und Beerkanaal und das IJsselmeer. Das **Wattenmeer** wurde als „unbefriedigend“ bewertet. Die **Küstengewässer** gehören einem anderen Typ an, bei dem die Bewertung anhand von Seegrass und Strandschwengel nicht anwendbar ist.

Im **Rheinmessprogramm Biologie 2018/2019** wurden 41 Messstellen beprobt, also 6 weniger als 2012/2013. Jedoch lag die Gesamtartenzahl nun mit 340 Taxa um 11 % höher. Häufigsten Arten sind *Nitzschia dissipata*, *Amphora pediculus* und *Navicula cryptotenella*, die an nahezu allen Messstellen verzeichnet wurden. Daneben spielen noch *Cocconeis placentula sensu lato*, *Navicula antonii*, *Nitzschia fonticola*, *Achnanthydium minutissimum sensu lato*, *Navicula tripunctata* und *Cocconeis pediculus* dominante Rollen.

Welche Langzeittrends zeigen sich?

Die benthischen Diatomeen werden seit 2006/2007 im Rheinmessprogramm untersucht. Es lässt sich eine schöne Abfolge von Diatomeen-Gemeinschaften bei abnehmender

Fließgeschwindigkeit und gleichzeitiger Zunahme des Nährstoffangebots vom Ober- zum Unterlauf des Rheins feststellen. Der größte Teil des Rheinlaufs ist somit durch Taxa gekennzeichnet, die eine mittlere Mineralisierung bevorzugen, sowie durch eine Dominanz von Taxa, die für eine hohe und mäßige Sauerstoffzufuhr charakteristisch sind. Was die Nährstoffbelastung der Umwelt betrifft, so handelt es sich um einen sehr klassischen Fall großer Flüsse: Die Nitratanreicherung erfolgt rasch und Phosphor ist ein limitierendes Element mit einem allmählichen Anstieg von flussaufwärts bis flussabwärts. Die Reduzierung der Nährstoffbelastung im Rhein hat – ähnlich wie beim Phytoplankton – zu einer natürlicheren Lebensgemeinschaft geführt.

5. Makrozoobenthos

Wirbellosenfauna der Gewässersohle

vgl. IKS 2020d

Was sagt die Wirbellosenfauna über Belastungszustände aus?

Das Makrozoobenthos zeigt durch seine Artenzusammensetzung und die Dominanzverhältnisse die Wasserqualität sowie die Quantität und Qualität der Habitatstrukturen im Gewässer an. Über die zunehmende Etablierung wärmeliebender Neozoen sind auch Rückschlüsse auf die Wärmebelastung möglich.

Wie sieht die Lebensgemeinschaft im Rhein aus?

Insgesamt wurden im Rhein von den Alpen bis zur Nordsee über 500 Makrozoobenthos-Arten festgestellt. Aspektbildend sind vor allem Weichtiere (Mollusca), Wenigborster (Oligochaeta), Krebse (Crustacea), Insekten (Insecta), Süßwasserschwämme (Spongillidae) und Moostierchen (Bryozoa).

Im **Vorder- und Hinterrhein** sowie im **Alpenrhein** ist die Vielfalt des Makrozoobenthos hoch. Es dominieren strömungsliebende Insektenarten, d. h. Eintagsfliegen-, Steinfliegen- und Köcherfliegenlarven, die typisch sind für das Alpenrheinsystem. Hohe Bestandsdichten erreicht auch der Bachflohkrebs. Bemerkenswert sind ferner Lidmückenlarven, die im Vorderrhein in hohen Abundanzen gefunden wurden. Von den in den übrigen Rheinabschnitten eingeschleppten Neozoen konnte bislang keine Art in den Unterlauf des Alpenrheins einwandern.

Im **Bodensee** lassen sich typische Arten stehender Gewässer oder Ubiquisten finden, wie der Strudelwurm, die Große Langfühlerschnecke, die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke, der Stillwasseregel, verschiedene Eintagsfliegen, Köcherfliegen sowie Flohkrebsarten. Neozoenarten, wie der Höckerflohkrebs sowie die Körbchenmuschel erreichen hohe Individuendichten. 2016 wurde die Quaggamuschel nachgewiesen, die sich stark ausbreitet und die Dreikantmuschel verdrängt.

Der **Hochrhein** vereinigt biozönotische Komponenten aus einem großen Spektrum von Gewässertypen – vom Gebirgsbach und Mittelgebirgsflüssen bis zum großen Voralpensee und zum Potamal. Die Fauna ist artenreich und trotz einiger eingeschleppter Tierarten in Teilen noch naturnah. Im schiffbaren, ausgebauten Rhein ab Basel (Oberrhein, Mittelrhein, Niederrhein, Deltarhein) ist die benthische Fauna weitgehend vereinheitlicht und es dominieren gemeine und häufige Besiedler größerer Flüsse und Ströme mit geringen Ansprüchen an ihren Lebensraum (Ubiquisten). Neozoenarten nehmen 60 % der Gesamtbesiedlung ein. Ursprüngliche Faunenelemente findet man z. T. in angebundenen Altarmen und Restrheinschlingen.

Der schiffbare **südliche Oberrhein** ist von Neozoen geprägt. **Der Alt-/Restrhein** und die **Restrheinschlingen** sind auf Grund ihres relativen Strukturreichtums vergleichsweise gut besiedelt, so wurden Libellenlarven der Gemeinen Keiljungfer nachgewiesen.

Die Lebensgemeinschaft des **nördlichen Oberrheins** ähnelt in Dominanz und Konstanz der des südlichen Oberrheins. Einige Besonderheiten sind Großmuscheln (z. B. die Malermuschel (*Unio pictorum*)), die Ohrschlammuschnecke (*Radix auricularia*), der Steinkleber (*Lithoglyphus naticoides*), die Augustfliege (*Ephoron virgo*) ab der Neckarmündung sowie die Flusskahnschnecke (*Theodoxus fluviatilis*), die sich von der Mainmündung aus nach ober- und unterstrom verbreitet.

Im **Mittelrhein** sinkt der Neozoen-Anteil und der einiger angestammter Rheinarten steigt an. Dabei spielt offensichtlich die Rückbesiedlung durch einheimische Arten aus Refugien in den Nebenflüssen eine Rolle.

Im weiteren Verlauf des **Niederrheins** lassen sich ebenfalls im Rhein weitverbreitete Arten finden. Charakteristisch sind ferner sessile Arten, wie Moostierchen und Süßwasserschwämme, die als Filtrierer zur Selbstreinigung des Flusses beitragen.

Im Tiefland verändert sich der Charakter des Stromes. Sandige Substrate nehmen zu. Im **Deltarhein** werden diese vor allem von Chironomiden, Oligochaeten und Muscheln

besiedelt, während auf Hartsubstrat eine ähnliche Lebensgemeinschaft wie am Niederrhein zu finden ist. Im küstennahen Deltarhein ist die Fauna aus Brackwasser- und marinen Arten zusammengesetzt.

Wie wird der Rhein bewertet?

Wie Anlage 3 und Anlage 8 zeigen, ist der **Alpenrhein** artenreich und das Makrozoobenthos weist ein „gutes“ ökologisches Potenzial auf. Der Anteil gebietsfremder Arten nimmt im Verlauf des **Hochrheins** bis Basel zu, sodass nur eine „mäßige“ Bewertung erreicht wird. Das ökologische Potenzial des Makrozoobenthos ist im kompletten **Oberrhein** bis Bingen „mäßig“. Der südliche Oberrhein wird dabei nur von deutscher Seite bewertet. Im **Mittelrhein** bis in den **Niederrhein** bei Duisburg erreicht das Makrozoobenthos das „gute“ ökologische Potenzial. Ab Duisburg bis zur niederländischen Grenze ist das Potenzial als „mäßig“ eingestuft, was im Vergleich zu 2015 eine Verbesserung von zuvor „unbefriedigendem“ Potenzial darstellt. Die Rheinarme Boven Rijn und Waal wurden als „mäßig“ bewertet, die anderen Wasserkörper im **Delta** jedoch als „gut“.

Als **Veränderung gegenüber dem zweiten Monitoring-Zyklus** fällt die Entwicklung des Makrozoobenthos im zweiten Oberrheinabschnitt zwischen Breisach und Straßburg (Bewertung nur von deutscher Seite) sowie im nördlichen Oberrhein zwischen Lautermündung und Neckarmündung auf (vom „unbefriedigenden“ zum „mäßigen“ Potenzial). Auch am Niederrhein verbessert sich die Komponente Makrozoobenthos: von Leverkusen bis Duisburg um zwei Klassen (vom „unbefriedigenden“ auf ein „gutes“ Potenzial) und von Duisburg bis einschließlich der Rheinarme Boven Rijn und Waal im Deltarhein um eine Klasse („unbefriedigenden“ auf ein „mäßiges“ Potenzial). Auch das Wattenmeer und die holländische Küste weisen eine Verbesserung vom „mäßigen“ zum „guten“ Potenzial auf.

Für diese Veränderungen können drei Gründe genannt werden:

- (1) Ausbreitungstendenzen ursprünglicher Rheinarten mit hoher ökologischer Wertigkeit: Seit 2006 wird die Wiederbesiedlung des Rheins mit der Flusskahnschnecke (*Theodoxus fluviatilis*) aus dem Main beobachtet (Abbildung 11 und 12)¹. 2018 ist eine nahezu flächendeckende Besiedlung des Rheins vorhanden. Seit 2012 ist eine Erholung einiger rheintypischer Arten wie z. B. die Köcherfliegenarten *Hydropsyche* sp. und *Psychomyia pusilla* zu erkennen.
- (2) Rückgang der Besiedlungsdichten der Neozoen: Dieser ist insbesondere in Teilen des Mittelrheins sehr deutlich. Neu eingeschleppte Arten machen „älteren“ Neozoen des Rheins Konkurrenz, wobei Arten mit engen verwandtschaftlichen Beziehungen und/oder breiter Nischenüberlappung besonders betroffen sind. Beispielhaft hierfür steht die sukzessive Verdrängung der Zebramuschel (*Dreissena polymorpha*) durch die Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*) (SCHÖLL et al. 2012).
- (3) Massenvorkommen von gebietsfremden Grundelarten: Der Rückgang der Neobiota ist gegebenenfalls auch darauf zurückzuführen. Gebietsfremde Grundelarten stammen ursprünglich aus dem ponto-kaspischen Raum und sind somit natürliche Fraßfeinde vieler benthischer Neozoen, die auch ursprünglich in diesem Gebiet beheimatet sind. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die Schwarzmundgrundel zwischen südlichem Oberrhein und Niederrhein mindestens ein Viertel der gesamten Fischbesiedlung darstellt. Bezogen auf einzelne Wasserkörper oder Probestellen gehören bis über 90 % der nachgewiesenen Fische zu den Grundeln.

¹ Die sich seit 2006 im Rhein ausbreitende Population von *Theodoxus fluviatilis* entstammt einer genetischen Kohorte, die im Donauroum beheimatet ist („cryptic invader“). Das ist das Ergebnis jüngster wissenschaftlicher Untersuchungen (GERGS et al. 2014). Der Artstatus und ihre ökologische Rolle im Rheinökosystem bleiben davon aber unberührt.

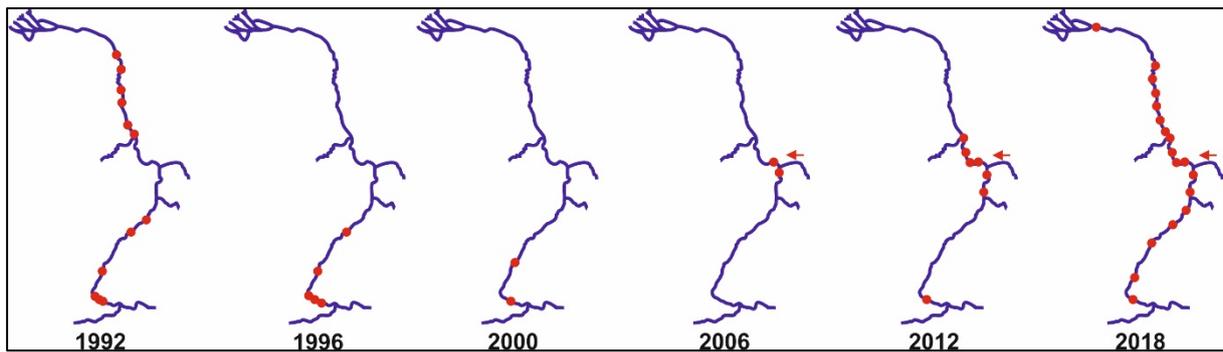


Abbildung 11: Verbreitung der Flusskahnschnecke *Theodoxus fluviatilis* im schiffbaren Rhein (WESTERMANN et al. 2007, ergänzt), Vorkommen in Nebengewässern nicht berücksichtigt.



Abbildung 12: *Theodoxus fluviatilis*. Foto: LfU Mainz.

Die Verfrachtung von gebietsfremden Arten über Küstenhäfen und Kanäle durch den Schiffsverkehr ist ein vielfach beschriebenes Phänomen. Das Potenzial der Binnenschiffe als Vektor für die Ausbreitung gebietsfremder Arten war bislang nicht näher untersucht. Neue Untersuchungen (SCHWARTZ & SCHÖLL 2018) hierzu ergaben, dass alle Schiffskörper der untersuchten Binnenschiffe bewachsen waren, jedoch in Bewuchsstärke und Artanzahl variierten (Abbildung 13). Bemerkenswert ist der Nachweis einer Seepockenkolonie (*Balanus improvisus*), die im Rhein bis in den Duisburger Hafen gelangte. Ferner führen die meisten Schiffe mit Ballastwasser, welches die Einfuhr und Ausbreitung von Neobiota befördern kann. Auf Kanälen ist der Schiffsanteil mit Ballastwasser deutlich höher (75 %), als auf den übrigen Wasserstraßen (54 %), was mit der Reduzierung der Schiffshöhe über dem Wasserspiegel beim Durchfahren niedriger Brücken zusammenhängt.

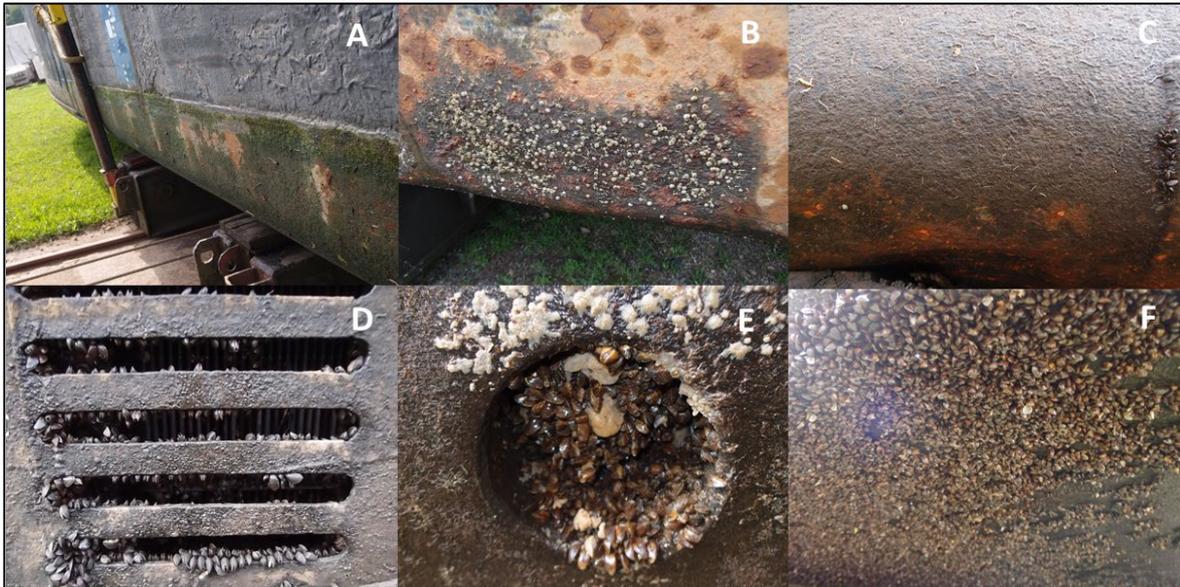


Abbildung 13: Fouling verschiedener Binnenschiffe (A) Schwacher Bewuchs mit Grünalgen bedeckt. (B) Lückenhafter Bewuchs mit der Seepocke *Balanus improvisus*. (C) Flächendeckendes Mikrofouling mit vereinzelt Muscheln und Insektenlarven. (D) Bewuchs von Muscheln (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Seekasten. (E) Bewuchs von *D. rostriformis bugensis* und Schwämmen in Ballastwasserpumpöffnung. (F) Flächendeckender Bewuchs von *D. rostriformis bugensis*, assoziiert mit anderen Arten (SCHWARTZ & SCHÖLL 2018).

Welche Langzeittrends zeigen sich?

Nach der steilen Zunahme der Artenvielfalt des Makrozoobenthos mit zunehmender Verbesserung der Wasserqualität im Rhein in den 1980er bis 1990er Jahren wird seit etwa dem Jahr 2006 eine gegenläufige Entwicklung beobachtet (Abbildung 14). Insbesondere die Wasserinsektenfauna war zwischen 1995 und 2000 deutlich diverser als heute. Dieser Trend wird mit der Einwanderung invasiver, gebietsfremder Arten erklärt. Wie stabil dieser Trend ist, lässt sich derzeit nur schwer vorhersagen. Seit 2012 ist jedoch ein leichter Anstieg der mittleren Artenzahlen zu erkennen, der auch mit der Erholung einiger rheintypischer Arten wie z. B. die Köcherfliegenarten *Hydropsyche* sp. und *Psychomyia pusilla* einhergeht.

Positive Trends bei der Gruppe der Wirbellosen sind anders als bei den Wanderfischen (vgl. Kapitel 6) nur selten auf konkrete Einzelmaßnahmen zurückzuführen. Vielmehr ist es die Summe aller und z. T. auch länger zurückliegender Maßnahmen, die hier unterstützend in die richtige Richtung wirken. Zur Revitalisierung der Lebensgemeinschaften des Rheins müssen weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Struktur sowie der Wasserqualität ergriffen werden. Außerdem gilt es, durch geeignete Maßnahmen, den Eintrag von Neozoen zu vermindern.

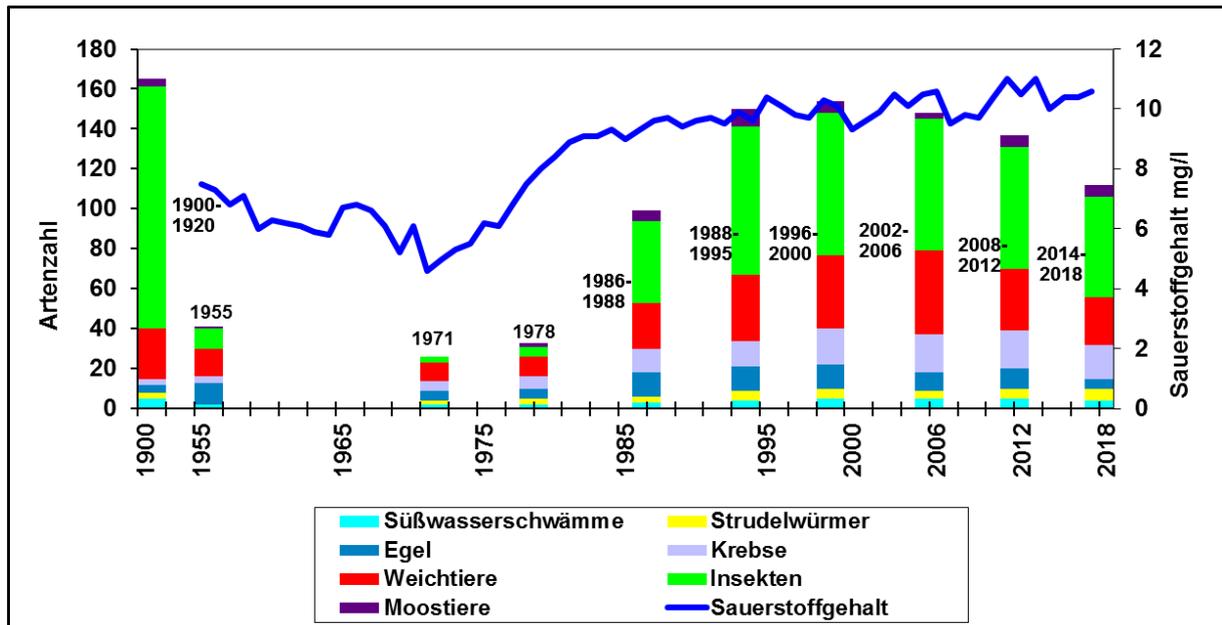


Abbildung 14: Historische Entwicklung der Lebensgemeinschaft des Rheins zwischen Basel und der deutsch-niederländischen Grenze in Beziehung zum durchschnittlichen Sauerstoffgehalt des Rheins bei Bimmen (ausgewählte Tiergruppen).

6. Fischfauna

Fische und Neunaugen (Rundmäuler)

vgl. IKSr 2021b

Was sagt die Fischfauna über Belastungszustände aus?

Artenzusammensetzung, Abundanz und Altersstruktur der Fische spiegeln die großräumige Ausstattung mit für verschiedene Lebensstadien wichtigen Habitatstrukturen sowie die Durchwanderbarkeit der Gewässer wider.

Auch Abflussveränderungen (Aufstau, Entnahme, Ausleitung) und thermische Belastungen haben einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung. Fische und Neunaugen sind im Vergleich zu den anderen biologischen Qualitätskomponenten langlebig und mobil, sodass die ökologische Zustandsbewertung anhand der Fischfauna eine integrierende Aussage über den ganzen Wasserkörper und einen längeren Zeitraum hinweg geben kann.

Wie sieht die Lebensgemeinschaft des Rheins aus?

Mit insgesamt 71 Fischarten (inklusive Rundmäuler wie Fluss- und Meerneunauge) ist die Vielfalt der Fischfauna des Rheins heute hoch. Alle historisch belegten Arten können nachgewiesen werden, mit Ausnahme des Europäischen Störs. Die Fangergebnisse der Elektrofischungen werden vielerorts von gebietsfremden Grundeln, allen voran der Schwarzmundgrundel (Abbildung 15), dominiert, insbesondere in den Uferbereichen mit Blocksteinschüttungen. Weiterhin finden sich zumeist ökologisch anpassungsfähige Arten wie Rotauge, Brachsen, Döbel, Flussbarsch und Ukelei.

Eine natürliche, dem Fließgewässerkontinuum geschuldete Zunahme der Fischarten im Rheinverlauf ist - mit Unterbrechungen im Mittelrhein und Niederrhein - noch immer erkennbar. Die meisten Fischarten finden sich naturgemäß im Deltarhein. Dies liegt zusätzlich begründet in der großen Zahl an Einzelbefischungspunkten, die zu größeren Bereichen zusammengefasst wurden, an den Fangmethoden (neben Elektrofischfang auch Reusen- und Netzfänge) und in der besonderen Lebensraumtypen-Ausstattung mit IJsselmeer und Brackwasserlebensräumen, was einen Individuenaustausch ermöglicht. Die Unterbrechung der kontinuierlichen Zunahme der Fischarten im Mittelrhein ist auf den Charakter des Durchbruchstals zurückzuführen, welches zu einer natürlichen Abflussbeschleunigung und einer geringen Zahl an Auen- und Seitengewässern in diesem engen Rheinabschnitt führt. Die außergewöhnlich geringe Fischartenzahl im Niederrhein hingegen deutet auf hohe nutzungsbedingte Belastungen und eine anthropogen verursachte Strukturarmut hin, wie sie auch durch das fast vollständige Fehlen von Wasserpflanzen im Niederrhein angezeigt wird.

In anderen Rheinabschnitten, insbesondere am Oberrhein und Mittelrhein - hier vor allem in den Altarmen und in den Bühnenfeldern des Hauptstroms - hat die Makrophyten-Vegetation erheblich zugenommen. Diese Entwicklung begünstigt die Vermehrung phytophiler Arten. Vielen weiteren Arten stehen damit wichtige Jungfischhabitats zur Verfügung.



Abbildung 15: Eigelege Grundel. Foto: LfU Mainz.

Im **Alpenrhein** wurden 18 Arten nachgewiesen. Es dominieren die Arten Strömer, die einzige eudominante Art, sowie Groppe. Häufig vertreten sind Bachforelle und Seeforelle, die gebietsfremde Regenbogenforelle und der Döbel (Abbildung 16). Eine Sonderuntersuchung der internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) zeigt, dass es sich beim Alpenrhein fischökologisch um einen defizitären Abschnitt handelt, was auf Strukturarmut und ein starkes Schwall-Sunk-Regime zurückzuführen ist (EBERSTALLER et al. 2013). Das Auftreten des Strömers, einer extrem seltenen und als sehr anspruchsvoll geltenden Art, ist vermutlich auf grundwasserbeeinflusste und tiefe Bereiche entlang des Ufers sowie sein wenig sensibles Reagieren auf Schwall-Sunk-Bedingungen zurückzuführen.



Abbildung 16: Die aspektbildenden Fischarten des Alpenrheins. oben: Seeforelle, unten links: Strömer; unten rechts: Milchner der zwischen Bodensee und Alpenrhein wandernden Regenbogenforelle. Fotos: Hydra.

Im **Hochrhein** sind 29 Arten erfasst worden. Dabei dominieren Barbe und Döbel. Auch Schneider, Schwarzmundgrundel und Ukelei sind nicht selten. Die im Rahmen des BAFU-Jungfischmonitorings gewonnenen Daten 2017/2018 zeigen davon abweichende relative Häufigkeiten. Nur der Döbel wurde als eudominant eingestuft. Gegenüber 2011/12 fehlten junge Äschen, Kaulbarsche, Moderlieschen, Rapfen und Zander im vom Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) beauftragten Jungfischmonitoring. Zugenommen haben die Jungfischzahlen von Döbel, Barbe, Nase und Hasel und die der Schwarzmundgrundel, die 2012 erst in wenigen Exemplaren den Hochrhein erreicht hatte.

Im **südlichen Oberrhein** können 36 Arten nachgewiesen werden. Bereits hier beginnt die Dominanz der gebietsfremden Schwarzmundgrundel. Sie macht mehr als ein Drittel der gefangenen Individuen aus. Die Kesslergrundel ist hingegen stark rückläufig. Das Rotaugen ist aktuell die zweithäufigste Art, knapp gefolgt von der Ukelei und dem Döbel. Als Besonderheit ist der Einzelfang eines Italienischen Steinbeißers (*Cobitis bilineata*) bei Kembs zu erwähnen, der ansonsten nur noch für den Hochrhein bekannt ist. In den Stauräumen fehlen die Habitate für strömungsliebende Arten wie die Nase, die nur in geringen Häufigkeiten vorkommt. Trotz potenziell verfügbarer Habitate, vor allem im Altrhein, sind anadrome Wanderfische in diesem Bereich extrem selten, da die ökologische Durchgängigkeit für die Rheinabschnitte ab der Staustufe Rhinau noch nicht wiederhergestellt ist.

Erfreulich ist die Wiederbesiedlung des Rheins durch den Bitterling. Diese Art breitet sich vor allem im **nördlichen Oberrhein** stetig aus. Auch der ehemals seltene Steinbeißer ist mittlerweile wieder regelmäßig im Oberrhein vertreten. Die Schwarzmundgrundel erreicht hier mit 41 % der gefangenen Individuen ihre höchste Dominanz. Es folgen Rotaugen und Ukelei. Insgesamt werden dort 29 Arten nachgewiesen.

Im Durchbruchstal des **Mittelrheins** nimmt die Strömungsgeschwindigkeit zu, sodass gute Bedingungen für rheophile Arten bestehen. Insgesamt können 35 Arten erfasst werden, wobei auch hier wieder 38 % der Fänge auf die Schwarzmundgrundel fällt. Die Zusammensetzung der übrigen Arten ähnelt der im nördlichen Oberrhein, wobei die Nase 16 % der gefangenen Individuen ausmacht und auch der Aal im Mittelrhein etwas häufiger vorkommt und dort 6 % ausmacht.

Der **Niederrhein** weist 22 Arten auf. Auch in diesem Rheinabschnitt entfällt der größte Fanganteil auf die Schwarzmundgrundel, wobei sie dort nur den Status einer dominanten Art einnimmt. Daneben treten die Ukelei mit 19 %, der Aland mit 16 % und das Rotaugen mit 12 % dominant in Erscheinung. Im subdominanten Bereich folgen die Arten Flussbarsch, Nase und Aal.

Deltarhein und IJsselmeer weisen zusammen die höchste Individuen- und Artendichte aller Rheinabschnitte auf. Hier ist der Flussbarsch mit Abstand die häufigste Art, was möglicherweise einzig auf ein ausgesprochen gutes Fortpflanzungsjahr dieser Art zurückgeführt werden kann. Es folgt als dominante Art das Rotaugen und als subdominante Arten Schwarzmundgrundel, Kaulbarsch, Brachsen und Güster. Im Vergleich zum letzten Berichtszeitraum 2012/2013 fallen vor allem der deutliche Rückgang der Fangzahlen für den Kaulbarsch und der Anstieg der Schwarzmundgrundeln auf. Insbesondere der Einbruch beim Kaulbarsch kann aber auch mit dem erweiterten Probestellenumfang zusammenhängen. Insgesamt konnten hier 41 Arten erfasst werden.

Wie wird der Rhein bewertet?

Die Mehrzahl der Staaten hat den Zustand der Fischfauna in seinen Rheinabschnitten auf Basis einer nationalen Methode bestimmt. Die Bewertung grenzüberschreitender Gewässerabschnitte wurde zudem bilateral abgestimmt. Im schweizerischen **Vorder- und Hinterrhein** ist der Zustand nicht bewertet worden. Wie Anlage 4 und 9 zeigen, kann das Potenzial der Fischfauna im österreichischen **Alpenrhein** als „mäßig“ bezeichnet werden. Dies stellt im Vergleich zu 2015 eine Verbesserung des ökologischen Potenzials um zwei Stufen dar. Dennoch ist der Alpenrhein bis auf einen kurzen Abschnitt vollständig reguliert, seine longitudinale Durchgängigkeit ist noch nicht wiederhergestellt und er ist durch den Schwall-Sunk-Betrieb der Wasserkraftwerke belastet. Der **Bodensee** ist fischökologisch in einem „guten“ Zustand. Im staugeregelten **Hochrhein** wurde die Fischfauna als „mäßig“ bewertet. Im **südlichen Oberrhein** wurde die Fischfauna von Deutschland/Baden-Württemberg als „mäßig“ bewertet, mit einem „unbefriedigenden“ Abschnitt zwischen Breisach und Straßburg. Von Frankreich wurden diese Abschnitte nicht bewertet, da in Frankreich die biologische Qualitätskomponente Fische nicht bei der Bewertung des ökologischen Potenzials in erheblich veränderten Wasserkörpern berücksichtigt wird. Im **nördlichen Oberrhein** fällt die Bewertung bis zur Mainmündung ebenfalls „mäßig“ aus. Der weitere Verlauf des nördlichen Oberrheins und der Mittelrhein wird als „gut“ bewertet und hat sich damit um eine Stufe (vom „mäßigen“ Potenzial) verbessert. Im **Niederrhein** ist das Potenzial „mäßig“. Ab der Ruhmündung rheinabwärts bis einschließlich des ersten Wasserkörpers im **Deltarhein** (Boven Rijn / Waal) wird der Rhein als „unbefriedigend“ bewertet. Als „mäßig“ eingestuft werden Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland- und Beerkanaal sowie das **IJsselmeer**. Für die **Küstengewässer** und das **Wattenmeer** ist laut Richtlinie keine Bewertung der Fischfauna erforderlich.

Die markanteste **Veränderung gegenüber der letzten Erhebung im Rhein 2012/2013** ist die starke räumliche Ausbreitung und Bestandszunahme der gebietsfremden Schwarzmundgrundel. Sie führt gegenüber der früheren Erhebung zu

teilweise erheblichen Verschiebungen in den Dominanzverhältnissen. Zwischen südlichem Oberrhein und Niederrhein machte die Schwarzmundgrundel im Durchschnitt ein Viertel der Nachweise aus; örtlich wurden über 90 % relative Häufigkeit verzeichnet. Dennoch sind die relativen Häufigkeiten der Art im Vergleich zur letzten Kampagne (IKSR 2015d) zwischen nördlichem Oberrhein und Niederrhein rückläufig. Möglicherweise ist dies ein Zeichen dafür, dass die Phase der Massenvermehrung in den bisher stark besiedelten Bereichen endet. Auf der anderen Seite haben sich die Schwarzmundgrundeln seit der letzten Erhebung 2012/2013 im Hochrhein und Deltarhein noch einmal weiter ausgebreitet. Verdrängungseffekte gegenüber heimischen Arten konnten von HOLM et al. (2016) nachgewiesen werden (Abbildung 17).

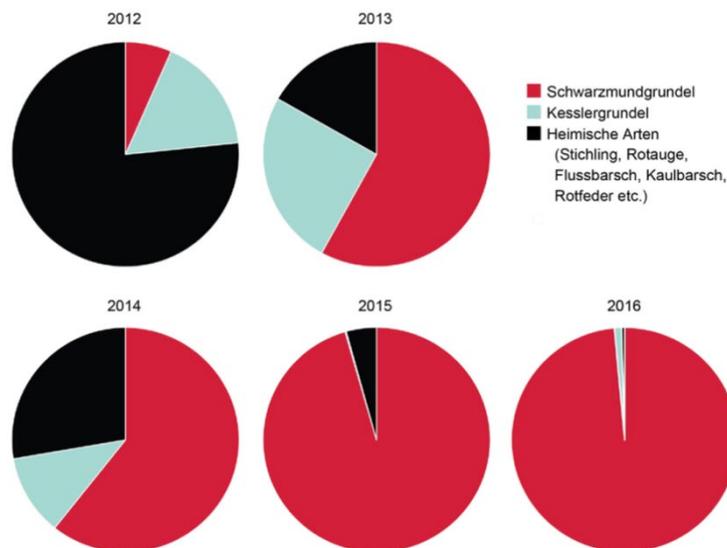


Abbildung 17: Verdrängung der bisherigen Fischzönose und der Kesslergrundel durch die Massenvermehrung der Schwarzmundgrundeln im Hafen Kleinhünigen bei Basel (2012 bis 2016). Quelle: HOLM et al. 2016.

Im Vergleich zur letzten Erhebung 2012/2013 fällt vor allem der deutliche Rückgang der Fangzahlen für den Kaulbarsch und der Anstieg der Fangzahlen für die Schwarzmundgrundeln (Abbildung 17) auf. Im gleichen Zeitraum wurde der Probestellenumfang erweitert. Der Kaulbarsch erfährt unter anderem durch Blocksteinschüttungen Bestandseinbußen. Diese stellen ideale Lebensraumstrukturen für die Schwarzmundgrundel dar und ermöglichen hohe Bestandsdichten.

Umgekehrt stellen alle neozoischen Grundeln eine neue Nahrungsquelle für andere räuberische Fische wie Zander, Hecht, Barbe, Rapfen, Wels und Flussbarsch dar. Kannibalismus und Fraßdruck untereinander scheinen verbreitet zu sein (REY & HESSELSCHWERDT 2020, in Vorbereitung). Entsprechend könnten sich in den kommenden Jahren erhebliche Veränderungen im Nahrungsnetz einstellen, die möglicherweise auch zu weiteren Bestandsregulierungen bei den Grundeln führen werden. Vor allem in Abschnitten, wo die Jungfische der Rheinfischarten ihre Deckung hauptsächlich in Blocksteinschüttungen suchen müssen, in denen die Grundeln ideale Lebensbedingungen vorfinden, ist ein Einfluss auf die Fischartengemeinschaft des Rheins anzunehmen (NEHRING et al 2010, REY & HESSELSCHWERDT 2020, in Vorbereitung).

Welche Langzeittrends zeigen sich?

Die Rheinfischfauna hat im Verlauf der letzten 25 Jahre einen starken Wandel erfahren. Durch die Verbesserung der Wasserqualität haben sich einige Arten wieder ausgebreitet, sodass die Artenzahlen angestiegen sind. Der Vergleich der Artenzahlen der fünf Untersuchungskampagnen der IKSR von 1995 bis 2019 zeigt die beachtliche Entwicklung (Abbildung 18). Gebietsfremde Fischarten machen heute ca. 22 % des Artenspektrums aus.

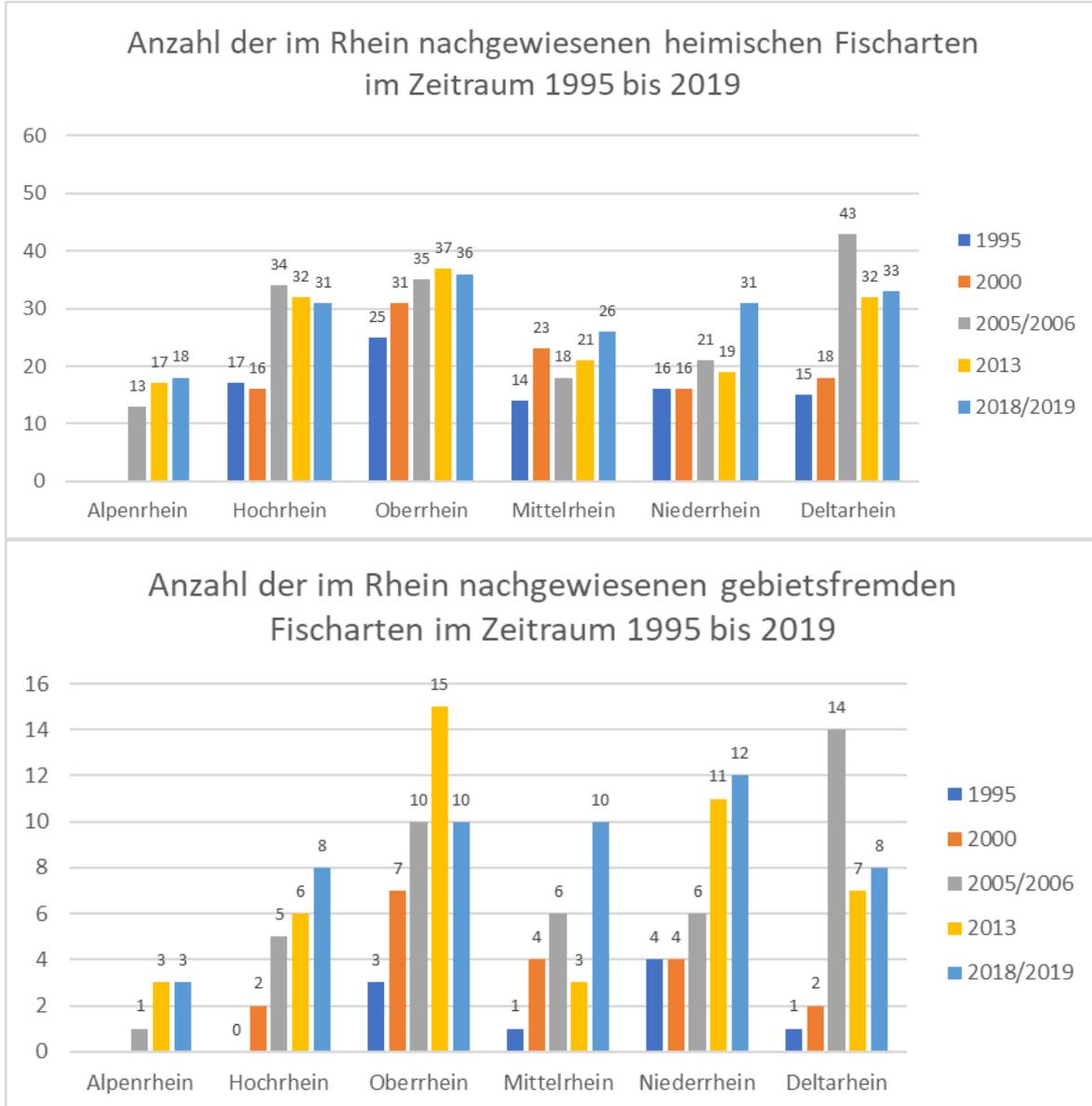


Abbildung 18: Anzahl der in den einzelnen Rheinabschnitten nachgewiesenen heimischen (oben) und gebietsfremden Fischarten (unten) im Zeitraum 1995 bis 2019.

Die Artenzahl kann aber nicht als alleiniges Kriterium für eine ökologische Verbesserung gelten, da sie, wie gezeigt, auch durch einwandernde Fischarten ansteigt. Zudem wurden die Untersuchungsintensitäten im Rahmen des WRRL-Monitorings gesteigert und neuartige Erfassungstechniken, wie automatische Kontrollstationen an Fischeaufstiegsanlagen, eingeführt. Dabei kommt es immer wieder zu Nachweisen seltener Arten, die sonst unentdeckt blieben (s. u.). Auch die Berücksichtigung zusätzlicher Untersuchungen hat zu einem erheblichen Erkenntnisgewinn bezüglich des Vorkommens verschiedener Arten geführt (IKSR 2015d).

Hinsichtlich der **Quantität** innerhalb der Fischpopulationen zeigen Daten aus dem Niederrhein und von der Reuse Mosel/Koblenz, dass die Fischdichten seit den 1980er Jahren stark abgenommen haben und seit 1993 annähernd stabil sind. Dies ist eine Folge des Rückgangs der bis dahin massenhaft vorkommenden Rotaugen sowie der Reduktion der Nährstoffe und der organischen Belastung in den 1980er bis frühen 1990er Jahren (vgl. Kapitel 7 und Tabelle 1). Dadurch hat sich das Nahrungsangebot (z. B. Plankton) im Rhein verringert. Die beprobten Fischdichten schwanken aber auch im Verlauf der Rheinabschnitte und innerhalb eines Jahres aufgrund der jahreszeitlich variierenden Aktivität der verschiedenen Fischarten und teilweise durch die Art der Beprobung. Dadurch variieren die Dominanzverhältnisse, insbesondere bei sehr häufigen Fischarten wie Rotaugen, Brachse, Döbel, Flussbarsch und Ukelei. Aktuell überlagern die starken Populationsentwicklungen der invasiven Schwarzmundgrundel die natürlichen Dominanzschwankungen. Seit dem letzten Fischmonitoring der IKSR (IKSR 2015d) lassen sich keine weitergehenden Aussagen über eine sich erneut verändernde Fischdichte im Rhein machen.

Aufgrund der Fortschritte bei der Wiederherstellung der Erreichbarkeit bzw. Passierbarkeit der Reproduktionsgewässer in den letzten 25 Jahren hat sich die Bestandssituation der **Langdistanz-Wanderfische** zunächst verbessert: Bis 2007 zeigten ansteigende Rückkehrerzahlen, insbesondere bei **Lachs** und **Meerneunaugen** sowie eine stark steigende Zahl an Reproduktionsbelegen in erreichbaren Gewässern den Erfolg der Maßnahmen. Im Zeitraum 2008 bis 2013 wurde jedoch ein Rückgang der Nachweise zumindest bei den Großsalmoniden Lachs und **Meerforelle** verzeichnet (Abbildung 19 und 20). Abgesehen von veränderten Beprobungsmethoden liegen die Ursachen möglicherweise im gemeinsamen Wanderkorridor Rhein und / oder im Küstengebiet: Fischerei, hoher Fraßdruck auf Smolts durch Raubfische und Kormorane, hohe Mortalitätsraten der Smolts bedingt durch Wasserkraftanlagen. Auch rückläufige Überlebensraten im marinen Lebensabschnitt werden diskutiert. In den oberen Rheinabschnitten haben die Bauarbeiten zum Einbau der 5. Turbine an der Staustufe Iffezheim zwischen April 2009 und Oktober 2013 zu einem Rückgang bei den Aufsteigerzahlen zahlreicher Fischarten geführt. Im Zeitraum 2013 bis 2020 sind die Rückkehrerzahlen wieder angestiegen, insbesondere bei **Lachs**, **Meerneunaugen** und **Meerforelle**. Dies ist sicherlich durch den Abschluss der Bauarbeiten an den Fischpässen Iffezheim und Gamsheim zu erklären. Die niedrigen Rückkehrerzahlen 2018 sind neben Unregelmäßigkeiten beim Monitoring (Juni) sowie Arbeiten am Fischpass Iffezheim zwischen August und November, auf das Niedrigwasserereignis am Rhein zwischen Juli und November 2018 zurückzuführen (IKSR 2020e). Im August kam es bei Wassertemperaturen von 27 °C zu einem Fischsterben im Hochrhein (IKSR 2019b). Auch 2019, als ähnlich geringe Nachweise erbracht wurden, war von langanhaltender Trockenheit geprägt. Als problematisch gestaltete sich die Anbindung der Zuflüsse an den Rhein, da der Abfluss ein wichtiger Impulsgeber für die Wanderaktivität ist. Die Folgen sind eine nicht gegebene Durchgängigkeit, nur sehr geringe Aufstiegszahlen von Wanderfischen in vielen Rheinzufüssen und das Ausbleiben der Abwanderungen bei laichbereiten Aalen (IKSR 2020f). Am 12. Oktober 2019 wurde der erste Lachs im Fischpass in Kembs (Alt-/Restrhein) entdeckt, der auf dem Weg in die Schweiz ist (Abbildung 21). Das neue Programm „Rhein 2040“, das im Februar 2020 im Rahmen der 16. Rheinministerkonferenz verabschiedet wurde, setzt konkrete Ziele für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit im Rheineinzugsgebiet (IKSR 2020g).

Ob das **Flussneunaugen** einem ähnlichen Trend wie dem der Großsalmoniden unterliegt, kann angesichts der wenigen Nachweise derzeit nicht bewertet werden.

Die Rückkehrerzahlen des **Maifischs** dürften in den kommenden Jahren aufgrund der zurückliegenden Besatzmaßnahmen in Hessen und Nordrhein-Westfalen deutlich ansteigen. Die Zählungen am Fischpass in Iffezheim im Oberrhein bestätigen diese Vermutung. Dort wurde im Jahr 2014 erstmal eine hohe Anzahl aufsteigender Maifische

(157) dokumentiert (Abbildung 19). Funde einzelner Jungfische 2013 und 2014 im Oberrhein, oberhalb aller Besatzmaßnahmen, deuten zudem auf eine natürliche Reproduktion des Maifischs hin. Auch 2015 wurden noch verhältnismäßig viele Maifische dokumentiert, bevor sich Nachweise auf einem deutlich niedrigeren Niveau eingestellt haben. Aber diese Zahlen sind um ein Vielfaches höher als die vereinzeltten Nachweise vor 2014. Zudem ist im gesamten Rheinsystem sowie an der Kontrollstation Iffezheim in den Jahren ab 2017 wieder ein leichter Anstieg der Maifische festzustellen, trotz des Niedrigwassers in 2018 und 2019.

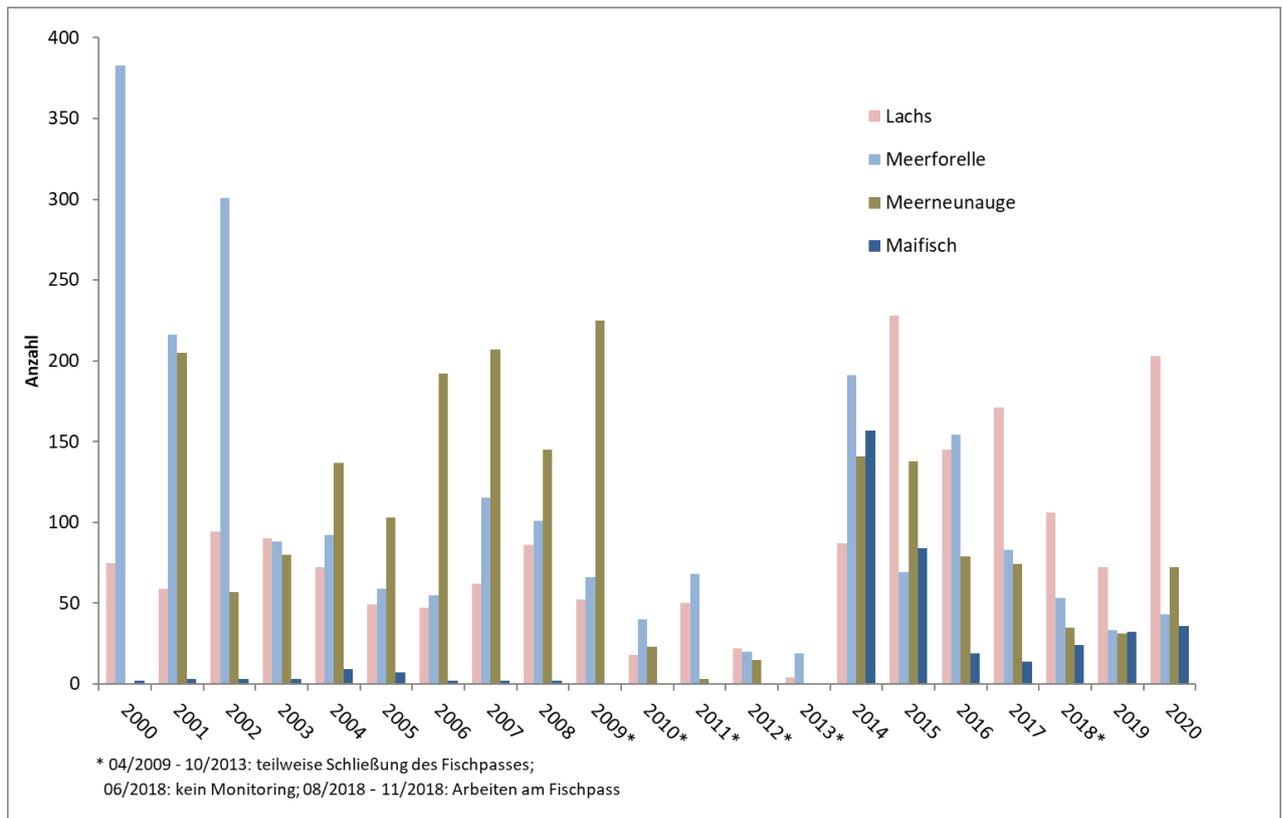


Abbildung 19: Ergebnisse der Fischzählung an der Staustufe Iffezheim für ausgewählte Langdistanzwanderfische seit 2000.

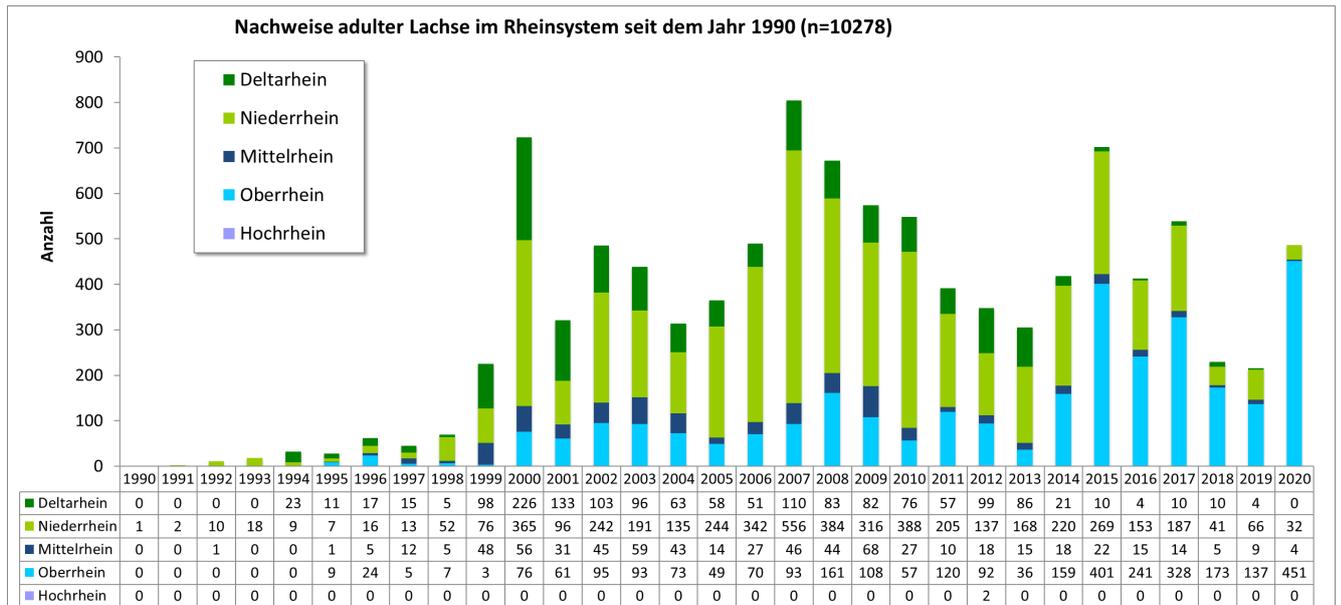


Abbildung 20: Lachsnachweise im Rheinsystem (Rhein inkl. Lachsprogrammgewässer) im Zeitraum 1990 bis 2020. Hinweis: Aus methodischen Gründen sind die Zahlen zwischen den Rheinabschnitten nicht vergleichbar. Anzahl pro Rheinabschnitt ist die Summe aus mehreren (am Oberrhein z.T. aufeinander folgenden) Kontrollstationen und Elektrofischungen. Außerdem können die Erfassungsmethoden über die Zeit variieren: Eingeschränkter Betrieb des Fischpasses in Iffezheim von April 2009 bis Oktober 2013. Durch die Schließung der Reusenfischerei in den Niederlanden konnten seit 2011 weniger Nachweise von rückkehrenden Lachsen erbracht werden. Die IKSR befasst sich mit den Messergebnissen und mit den daraus resultierenden Interpretationsmöglichkeiten.

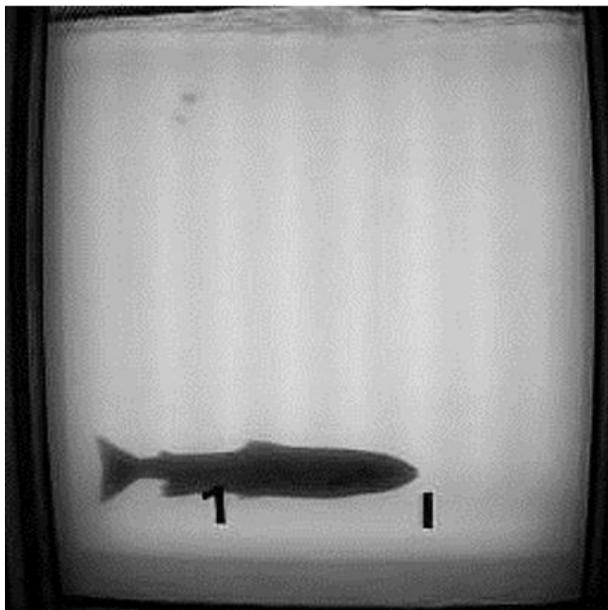


Abbildung 21: Erster Lachs im Fischpass in Kembs auf dem Weg in die Schweiz. Foto: EDF.

Beim **Meerneunaage** ist der Rückgang der Nachweiszahlen wohl auch auf die Baumaßnahmen im Zusammenhang mit dem Einbau einer 5. Turbine in Iffezheim zwischen 2009 und 2013 und das dadurch eingeschränkte Monitoring zurückzuführen. Die Rückkehrerzahlen sind weiterhin rückläufig.

Im Teil-Einzugsgebiet Alpenrhein / Bodensee ist die **Seeforelle** (*Salmo trutta lacustris*) der einzige Langdistanz-Wanderfisch. Insgesamt ist der Lebensraum der Bodensee-Seeforelle im Vergleich zur historischen Verbreitung heute stark reduziert. Im Bodensee mit seinen Wasserkörpern „Obersee“ und „Untersee“, die sich heute in gutem chemischem und ökologischem Zustand befinden, ist das Freiwasser der bevorzugte Lebensraum der Seeforelle. Dort wächst sie bis zur Laichreife heran, bevor sie zum Abbläuen in die Bodenseezuflüsse und in den Alpenrhein und seine Zuflüsse aufsteigt. In den 1970er Jahren sank der Ertrag der Seeforelle im Bodensee trotz Besatzmaßnahmen kontinuierlich ab. Das erste Seeforellenprogramm der „Arbeitsgruppe Seeforelle“ war rückblickend dafür verantwortlich, dass die Seeforelle im Bodensee überhaupt überleben konnte und heute wieder fischereilich genutzt werden kann. Entscheidende Maßnahmen waren die Rettung der letzten Laichfische, die dadurch ermöglichten Besatzmaßnahmen und die schrittweise Beseitigung von Wanderhindernissen in den Laichflüssen.

Die Bestände des **Europäischen Aals** sind fast im gesamten Verbreitungsgebiet in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen, auch im Rhein und seinen Zuflüssen. Der Aufstieg der Glasaale in die Flüsse beträgt seit Beginn der 1980er Jahre im Vergleich zum langjährigen Mittelwert nur noch wenige Prozent. Nach einem zwischenzeitlich leichten Anstieg 2013 und 2014 sind die Zahlen wieder auf ein niedriges Niveau gesunken (IKSR 2018a). Bekannte Ursachen sind unter anderem Lebensraumveränderungen, Parasitenbefall, der Ausbau der Wasserkraftnutzung zur Stromproduktion, Überfischung der Glasaal- und Blankaalbestände, Schadstoffbelastungen in Sedimenten sowie Fraßdruck durch den Kormoran etc. Die Wanderung des Aals wird in fast allen Gewässern, in denen er im Rheingebiet verbreitet ist, durch Querbauwerke beeinträchtigt. Das gilt insbesondere für die Abwärtswanderung im Deltarhein, im südlichen Oberrhein und in fast allen Rheinzufüssen. Besonders abwandernde Aale geraten häufig in Kraftwerksturbinen, Entnahmebauwerke, Pumpen etc. Aufgrund ihrer Körperlänge können sie schwere, meist letale Verletzungen erleiden; die kumulative Mortalität kann bei mehreren aufeinander folgenden Querbauwerken als erheblich eingeschätzt werden.

7. Bilanz – Einflussfaktoren auf die Ökologie des Rheins

Die Verbesserung der **Wasserqualität** des Rheins in den letzten 25 Jahren hat dazu geführt, dass das Fischartenspektrum wieder fast vollständig ist und viele charakteristische Flussarten unter den Wirbellosen, die im Rhein als ausgestorben oder stark dezimiert galten, heute in einigen Rheinabschnitten wieder zum festen Bestandteil der Rheinflora gehören. In Ansätzen lässt sich das auch für die aquatischen Makrophyten zeigen. Die Verbesserung der Wasserqualität im Rhein wird zum Beispiel durch den Rückgang der Jahresmittelwerte der Gesamt-P Konzentration von 0,56 mg/l im Jahr 1978 auf 0,10 mg/l im Jahr 2018 an der Messstelle Koblenz deutlich (vgl. Abbildung 4).

Bestimmte Fischarten im Rhein und seinen Zuflüssen (z. B. Aal) sind jedoch teilweise noch immer mit **Schadstoffen** (Dioxinen, Furanen, dl-PCB, Quecksilber, gelegentlich auch Indikator-PCB, Hexachlorbenzol = HCB oder Perfluoroctansulfonsäure = PFOS) unter anderem aus Altlasten belastet (IKSR 2018b).

In den Jahren 2014 und 2015 wurde ein erstes gemeinsames Untersuchungsprogramm zur Kontamination von Biota (Fischen) mit Schadstoffen im Rheineinzugsgebiet durchgeführt (IKSR 2014). Die Auswertung dieses Pilotprojekts erfolgte durch das Fraunhofer Institut in Zusammenarbeit mit der IKSR (IKSR 2018b). Ziel war es, vergleichbare Daten zu erhalten, da die Untersuchungen der Staaten zuvor sehr unterschiedlich waren und eine gemeinsame Auswertung kaum möglich war. Für dieses Pilotprogramm wurden ausgewählte Fischarten an 37 Messstellen im Rheineinzugsgebiet analysiert. Dabei wurden die UQN für Quecksilber und polybromierte Diphenylether (PBDE) fast flächendeckend überschritten. Für Perfluoroctansulfonsäure (PFOS), Hexachlorbenzol (HCB) sowie Heptachlor und Heptachlorepoxyd wurden teilweise Überschreitungen der UQN festgestellt. Unterschiede in der Belastungssituation waren im Längsverlauf des Rheins und zwischen den Fischarten sichtbar. Auch in Zukunft sollen die Biota-Untersuchungen im Rheineinzugsgebiet möglichst harmonisiert und damit vergleichbar durchgeführt werden. Laut WRRL müssen die UQN bis 2027 eingehalten werden. Die Staaten sind verpflichtet, hierzu Maßnahmen durchzuführen.

Eine weitere Herausforderung an den Gewässerschutz stellen die **Mikroverunreinigungen** dar. In den heute üblichen mechanisch-biologischen Kläranlagen werden viele Mikroverunreinigungen – wie Pflanzenschutzmittel, Hormone oder Medikamentenrückstände – nicht oder nur teilweise aus dem Abwasser entfernt und gelangen so in die Oberflächengewässer. Es ist heute bereits deutlich, dass sie die Gewässerqualität negativ beeinflussen und sowohl für die Ökologie als auch für die Trinkwassergewinnung relevant sein können.

Arzneimittelwirkstoffe sowie ihre Abbau- und Transformationsprodukte sind laut Bilanz 2017 (IKSR 2017b) im gesamten Einzugsgebiet des Rheins nachweisbar. Aufbauend auf der Bilanz hat die IKSR 2019 Empfehlungen ausgesprochen, wie die Einträge von Mikroverunreinigungen in die Gewässer weiter reduziert werden können. Darin wurden explizit auch Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel behandelt (IKSR 2019a). Bis 2040 sollen Einträge von Mikroverunreinigungen in die Gewässer um mindestens 30 % reduziert werden (IKSR 2020g).

Anders als in den Binnengewässern ist für die Ökologie der Meeresküsten die **Stickstoffbelastung** maßgebend und daher kritischer als der Phosphor. Daher sind auch diesbezüglich die Anstrengungen zur Reduzierung weiterzuführen. Bis 2015 konnte die Stickstoff-Fracht um 15-20 % bedingt durch die stetige Ertüchtigung, Optimierung und den Ausbau kommunaler und industrieller Kläranlagen gemindert werden. Eine deutliche Reduzierung des Eintrages von Nährstoffen aus diffusen Quellen (mit dem Schwerpunkt landwirtschaftlicher Bereich, aber auch urbane Gebiete) konnte noch nicht erreicht werden (IKSR 2020h).

Das Thema **(Mikro-)Plastik** ist weiterhin, insbesondere wegen des Meeressmülls, im Fokus des öffentlichen Interesses. Es ist Gegenstand einer Vielzahl von Forschungsprojekten. Seit 2013 findet in der IKSR ein jährlicher Informationsaustausch dazu statt. Dieser Informationsaustausch und die bisher verfügbaren Studien zeigen, dass noch erhebliche Wissenslücken hinsichtlich des Umweltverhaltens und der Umweltfolgen von (Mikro-)Plastik bestehen und die Datenlage zu verbessern ist.

Im Zuge des **Klimawandels** könnten künftig häufiger bestimmte, für Fische **kritische Temperaturschwellenwerte**, wie z. B. 25 °C generell und 20-23 °C für kaltstenotherme Arten wie Bachforelle und Äsche, überschritten werden. Entsprechend den Simulationen wird auch die Anzahl der aufeinanderfolgenden Tage, an denen die Wassertemperatur über 25 °C liegen wird, ansteigen; in der fernen Zukunft werden Jahre ohne Überschreitungen von 25 °C oder sogar 28 °C ganz selten vorkommen.

Die **Wassertemperatur** im Rhein ist nachgewiesenermaßen im Mittel von 1978 bis 2011 um rund 1 °C bis 1,5 °C angestiegen (IKSR 2013). Zukunftsszenarien gehen von einer um etwa 1,5 °C erhöhten Wassertemperatur in der nahen Zukunft (bis 2050) und von etwa 3,5 °C in der fernen Zukunft (bis 2100) aus (Referenzzeitraum: 2000-2010) (IKSR 2015a).

Des Weiteren wirken sich **niedrige Wasserstände** und die hohen Wassertemperaturen auf die Lebewesen im Wasser aus. So wurden 2018 im Rhein bei Koblenz an 31 aufeinanderfolgenden Tagen der für viele im Rhein lebenden Fisch- und Wirbellosenarten kritische Wert von 25 °C überschritten. Im August kam es bei Wassertemperaturen von 27 °C zu Fischsterben am Hochrhein (IKSR 2020e).

2015 veröffentlichte die IKSR die erste IKSR-Klimawandelanpassungsstrategie für das Rheineinzugsgebiet (IKSR 2015a). Sie enthält eine Zusammenstellung der Kenntnisse und bildet einen Handlungsrahmen für Anpassungsmöglichkeiten. Kenntnisse über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biozöosen und die mit dem Fluss verbundenen Ökosysteme müssen durch Studien und Überwachungsmaßnahmen weiterentwickelt werden. Die anthropogene **thermische Belastung** des Rheins sollte daher weiter möglichst in Grenzen gehalten werden.

Die aktuelle ökologische Bewertung des Rheinökosystems ist eine Momentaufnahme, bei der sich dynamische biologische Wechselwirkungen im Zuge des Faunenaustausches mit den Reaktionen der Lebensgemeinschaften auf die Maßnahmenprogramme untrennbar vermischt haben (vgl. Tabelle 1 und 2). Teilweise führen auch methodische Aspekte zu Veränderungen in der Bewertung (Ableitung des ökologischen Potenzials, verbesserte Erhebungstechniken etc.). Aus den Langzeittrends der letzten 25 Jahre lassen sich aber auch klare und nachhaltige ökologischen Verbesserungen ableiten. Die künftige Umsetzung verschiedener ökologischer Maßnahmen könnte dazu beitragen diesen Trend fortzusetzen, insbesondere solche, die im Programm „Rhein 2040“ vorgesehen sind.

Zur **Verbesserung der Lebensräume** für Pflanzen und Tiere im Rhein sollte der Hauptstrom, wo immer möglich, wieder mit der Aue vernetzt werden, um wasserpflanzenreiche Seitengewässer und Nebengerinne als Lebensräume zu erschließen (Verbesserung der lateralen Durchgängigkeit, vgl. Tabelle 1). Im Zusammenhang mit Hochwasserschutzmaßnahmen wurde von 2000 bis Ende 2018 mehr als 130 km² als Überschwemmungsauen reaktiviert (IKSR 2020h). Das für 2020 gesetzte Ziel von 160 km² ist über die letzten Jahre kontinuierlich näher gerückt (Abbildung 22).

Parallelbauwerke oder verlandende Bühnenfelder können strömungsberuhigte, vor Wellenschlag geschützte und strukturreiche Ersatzbiotope im Fluss bilden. Von dieser Uferdiversifikation profitieren u. a. Jungfische, Wasserpflanzen (Makrophyten) und auch das Makrozoobenthos. Die Entfernung überflüssiger Ufersicherungen (z. B. an Gleithängen) kann eine effektive Maßnahme sein, die ökologischen Folgen der sich rasch ausbreitenden invasiven Schwarzmundgrundel abzufedern, da diese Fischart vorrangig von den Blocksteinschüttungen profitiert (vgl. Tabelle 1).

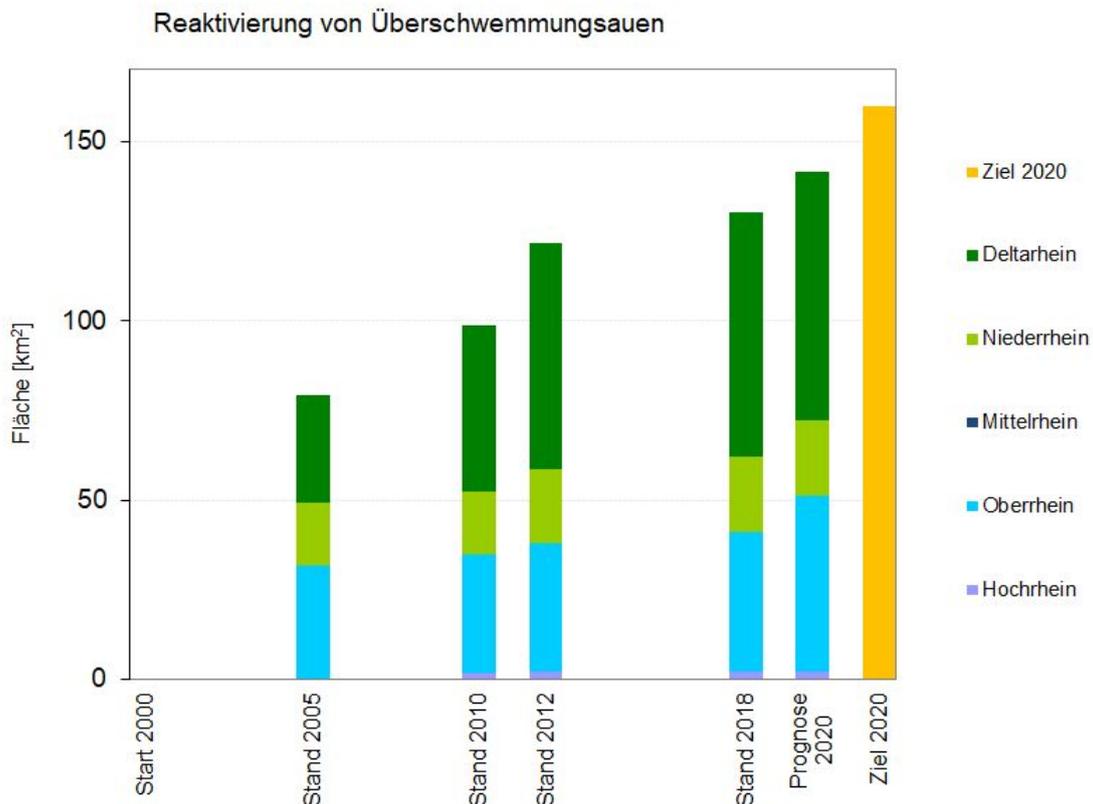


Abbildung 22: Reaktivierung von Überschwemmungsauslen im Zeitraum 2000 bis 2018, vgl. IKSR (2020h).

Zur Erhöhung der **Habitatvielfalt** wurden bis Ende 2018 insgesamt 124 Auengewässer wieder an den Rheinhauptstrom angebunden (IKSR 2020h). Das für 2020 gesetzte Ziel, 100 Alt- und Nebengewässer wieder an den Rhein anzuschließen, wurde somit bereits Ende 2018 weit übertroffen. Seit Beginn des Programms „Rhein 2020“ wurde die Anzahl wieder durchströmter Seitengewässer kontinuierlich gesteigert.

Im Uferbereich wurden bis Ende 2018 auf insgesamt 166 km Maßnahmen zur Erhöhung der Strukturvielfalt realisiert (IKSR 2020h). Das ursprünglich gesetzte, ambitionierte Ziel, die Strukturvielfalt bis 2020 auf 800 km entlang des Rheins und seiner Rheinarme zu verbessern, wird somit deutlich verfehlt. Die Umsetzung entsprechender Maßnahmen wird durch die vielseitigen Nutzungen entlang des Rheinhauptstroms vielerorts erschwert.

Abbildung 23 gibt einen Überblick über die im Zeitraum 2000 bis Ende 2018 umgesetzten Maßnahmen für den Wiederanschluss von Altarmen (oben) und für die Verbesserung der Rheinuferstruktur (unten).

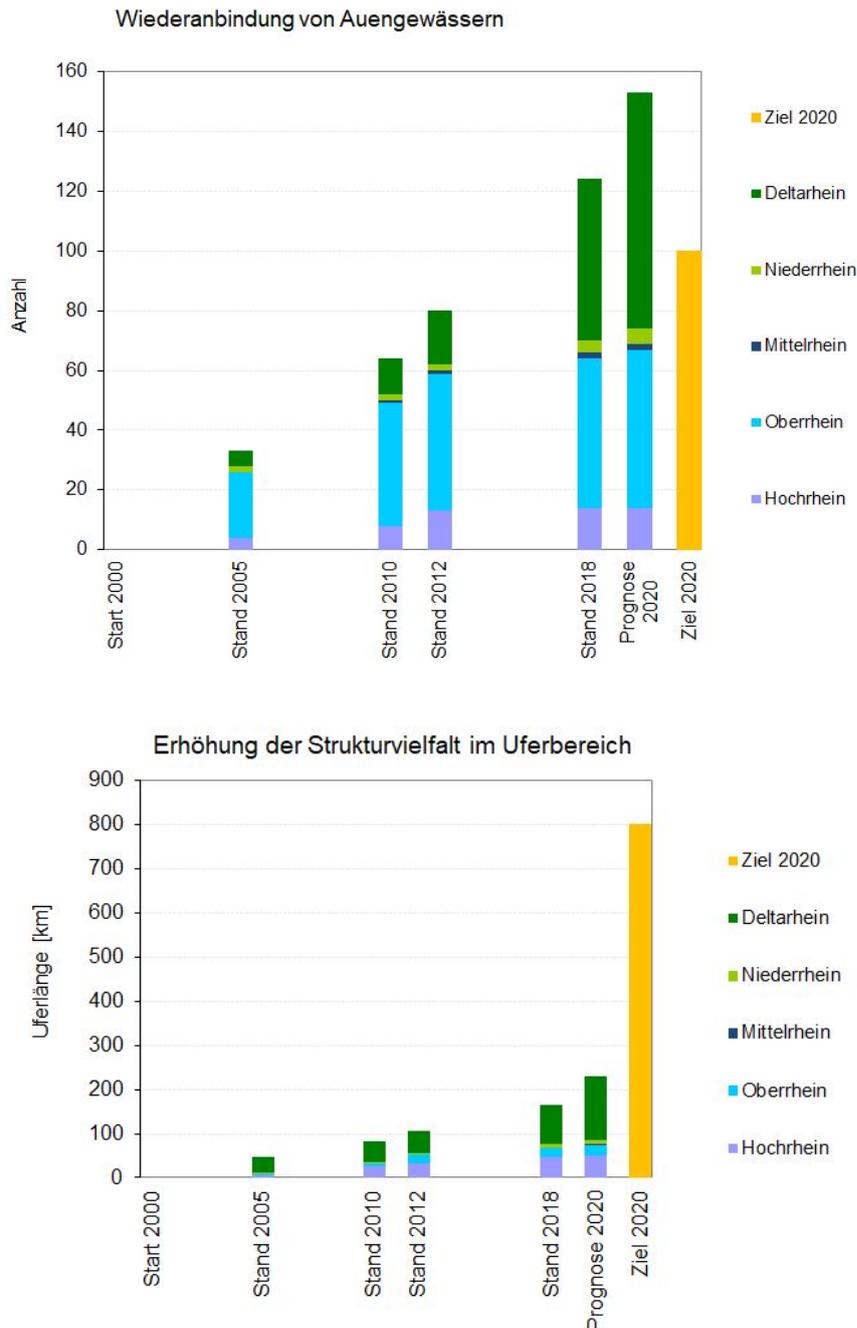


Abbildung 23: Anzahl der an den Rhein wiederangebotenen Auengewässer (oben) und Länge der Uferstrecken am Rheinhauptstrom, an denen Maßnahmen zur Strukturverbesserung bis 2018 durchgeführt wurden (unten), vgl. IKSR (2020h).

Eine wichtige Grundlage für die Maßnahmenplanungen ist das neue IKSR-Programm „Rhein 2040“, in Fortführung des Programms „Rhein 2020“, mit dem Ziel das ehemals vorhandene Netz rheintypischer Biotopverbünde, den Biotopverbund, wiederherzustellen. Die dabei erzielten Fortschritte wurden zuletzt durch positive Beispielprojekte für jeden Rheinabschnitt für den Zeitraum 2005 bis 2013 beschrieben (IKSR 2015b). Die Ergebnisse der nächsten Erfolgskontrolle, die erstmals auch auf Basis von Satellitendaten durchgeführt wurde, werden voraussichtlich Ende 2021 veröffentlicht.

Für die Etablierung und Sicherung der im Aufbau bzw. in Erholung begriffenen anadromen Wanderfischbestände ist die **Wiederherstellung der**

Längsdurchgängigkeit des Rheins (Staustufen Rhinau, Marckolsheim und Vogelgrün) und seiner Zuflüsse essentiell und weiter voranzutreiben (vgl. Tabelle 1).

Einige Meilensteine für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit am Rheinhauptstrom wurden aber bereits erreicht. Ende 2018 wurde der Haringvlietdamm südlich von Rotterdam teilweise geöffnet. Für die aus der Nordsee in die Flüsse Maas und Rhein aufsteigenden Lachse ist der Weg bei ausreichendem Abfluss wieder offen. Außerdem ist der Rheinhauptstrom durch den Bau von vier Fischpässen an den großen Staustufen des Oberrheins in Iffezheim (2000), Gamsheim (2006), Straßburg (2016) und Gerstheim (2019) inzwischen bis unterhalb von Rhinau für Fische durchwanderbar.

Wichtige Grundlagen für die Maßnahmenplanungen sind der „Masterplan Wanderfische Rhein“ der IKSR, der aufgrund neuer Entwicklungen und Erkenntnisse 2018 aktualisiert wurde (IKSR 2018a) sowie das Programm „Rhein 2040“ (IKSR 2020g).

Insgesamt wurden im Zeitraum 2000 bis Ende 2018 knapp 600 Wanderhindernisse im Rhein und in den für die Wiederansiedlung von Wanderfischen wichtigen Nebenflüssen zurückgebaut oder mit Fischpässen ausgerüstet (vgl. Abbildung 24). Das Ziel, den Rhein von der Nordsee bis in die Schweiz wieder für die Fischwanderung zu öffnen, ist schrittweise näher gerückt, jedoch noch nicht erreicht. Noch immer sind viele wertvolle Laich- und Jungfischhabitats wegen bestehender Wanderhindernisse nicht erreichbar.

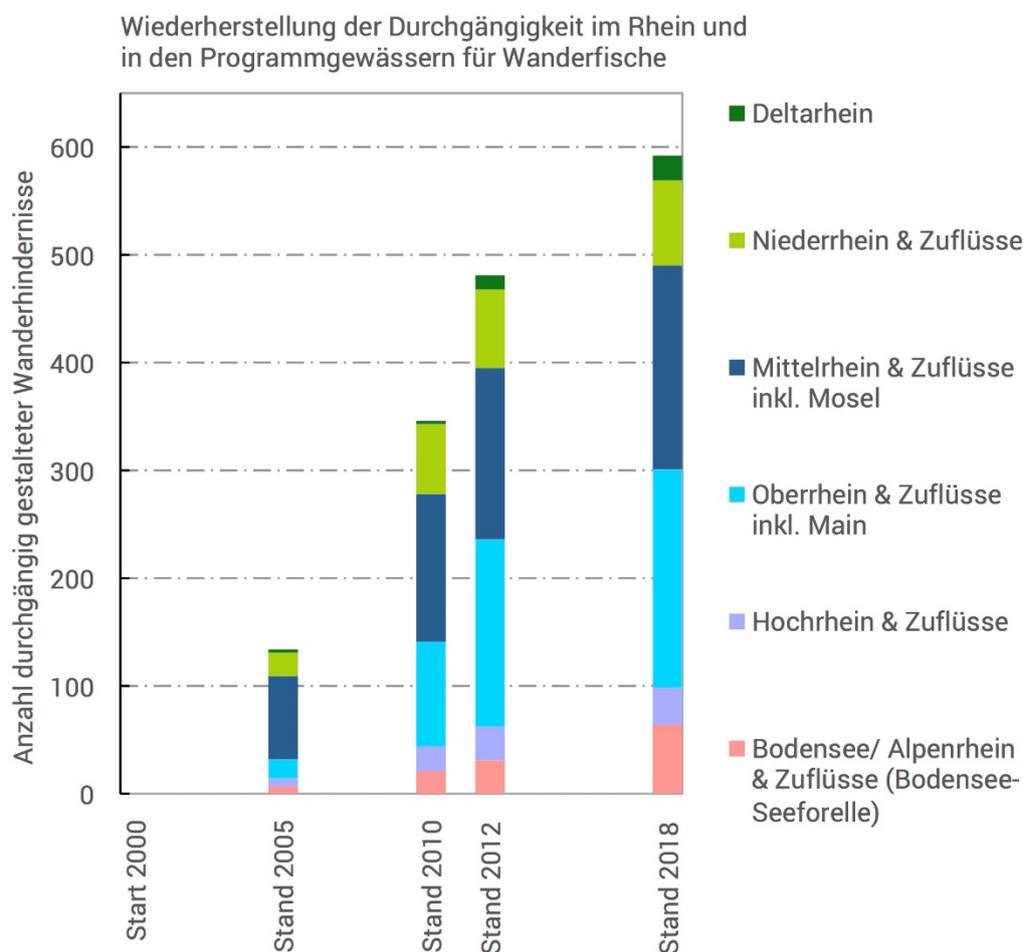


Abbildung 24: Wiederherstellung der Durchgängigkeit im Rhein und in den Programmgewässern für Wanderfische: Anzahl durchgängig gestalteter Wanderhindernisse. Stand 2018, vgl. IKSR (2020h).

Schwierig sind dagegen Maßnahmen gegen die Einschleppung von **Neobiota**, da die Eintragspfade (z. B. Schiffskörper, Ballastwasser, beabsichtigte und unbeabsichtigte Aussetzung, Aquarienhandel etc.) vielfältig und schwer zu kontrollieren sind. Auch können bereits etablierte Neobiota nur in Einzelfällen durch gezieltes Management eingedämmt werden. Für zahlreiche eingeschleppte Arten ist aber bekannt, dass sie sich nach einer explosionsartigen Vermehrung auf ein niedrigeres Niveau einpendeln. Bei der Bewertung der Einwanderung neuer Arten darf man nicht vergessen, dass Natur kein statischer Zustand, sondern ein dynamischer Prozess ist, der fortlaufenden Veränderungen unterliegt. Die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit wird die Rückbesiedlung vielfältiger Habitats durch heimische Arten begünstigen. Die Umsetzung der verschiedenen ökologischen Maßnahmen unter Fortführung eines intensiven und koordinierten Biomonitorings wird auch in Zukunft die Beobachtung langfristiger Trends und Entwicklungen auf der Grundlage robuster Daten ermöglichen. Die Neobiota-Verordnung der EU – Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 – schafft dazu einen rechtlichen Rahmen. Dies erscheint vor allem im Hinblick auf den Klimawandel von hohem Wert.

Tabelle 1: Ökologische Maßnahmen im Rheinhauptstrom.

Maßnahme	Wirkung auf biologische Qualitätskomponente					Wo beobachtet
	Makrozoobenthos	Fischfauna	Phytoplankton	Phytobenthos	Makrophyten	
Reduzierung der Nährstoffbelastung	(+) natürlichere Lebensgemeinschaft	(+) natürlichere Lebensgemeinschaft, weniger Biomasse	(+) natürlichere Lebensgemeinschaft, weniger Biomasse	(+) natürlichere Lebensgemeinschaft	(+) Förderung der Bestände durch geringere Abschattung des Grundes (weniger Phytoplankton)	gesamter Rheinhauptstrom (s. IKSR-Bericht Nr. 273, 275, 279 ²)
Entfernung von Ufersicherungen (v. a. Uferbefestigung mit Wasserbausteinen) / Reduktion Verbauungsgrad der Ufer	(+) Erhöhung Artenvielfalt; Reduktion gebietsfremder (insbesondere sessiler) Arten	(+) Reduktion gebietsfremde Grundeln			(+) Erhöhung Artenvielfalt	gesamter Rheinhauptstrom (s. IKSR-Bericht Nr. 223)
Parallelbauwerke oder verlandende Bühnenfelder als strömungsberuhigte, vor Wellenschlag geschützte, strukturreiche Ersatzbiotope im Fluss	(+)	(+) insbesondere Förderung von Jungfischen	(+)	(+)	(+) Erhöhung Artenvielfalt	Mittlerhein, Niederrhein, Deltarhein (s. IKSR-Berichte Nr. 274, 279)
Verbesserung der Anbindung von Zuflüssen, Auengewässern und Altwässern / laterale Durchgängigkeit, Wiederanbindung von Auen	(+) Rückbesiedlung durch heimische Arten aus Refugien in den Nebenflüssen	(+) Förderung von pflanzen- und kieslaichenden Arten; Begünstigung der Vermehrung phytophiler Arten (Rotfeder, Hecht, Schleie); Jungfischhabitats für weitere Arten			(+) Verbreitung von Samen	gesamter Rheinhauptstrom (s. IKSR-Bericht Nr. 223 und Kap. 7 im BWP Rhein 2022-2027)
Neuanlage od. Optimierung von Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen	(+) betrifft nur Aufstiegsanlagen	(+) Langdistanz-Wanderer erreichen Laichgewässer; Mittelstrecken -Wanderer können den Lebensraum wechseln (je nach Lebensstadium); Verbindung lokaler Teilpopulationen => Erhöhung der Fitness			(+) Verbreitung von Samen mit aufsteigenden Fischen (Zoochorie)	Deltarhein Oberrhein Hochrhein und Rhein Nebenflüsse (s. Anlage 7 im BWP Rhein 2022-2027)

² IKSR-Fachbericht Nr. 279, in Vorbereitung

Literatur

- CARAYON, D., TISON-ROSEBERY, J. & F. DELMAS (2019): Defining a new autoecological trait matrix for French stream benthic diatoms. *Ecological Indicators* 103: 650-658.
- DULEBA, M., ECTOR, L., HORVÁTH, Z., KISS, K.T., MOLNÁR, L. F., POHNER, Z., SZILÁGYI, Z., TÓTH, B., VAD, C. F., VÁRBÍRÓ, G. & E. ÁCS (2014): Biogeography and phylogenetic position of a warm-stenotherm centric diatom, *Skeletonema potamos* (C.I. Weber) Hasle and its long-term dynamics in the river Danube. *Protist* 165, 715-729.
- EBERSTALLER, J., FRANGEZ, C. & F. DITULLIO (2014): Monitoring Alpenrhein - Fischökologisches Monitoring 2013. Mit Beiträgen von P. Rey & S. Werner. Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie.
- FRIEDRICH, G. & M. POHLMANN (2009): Long-term plankton studies at the lower Rhine/Germany. - *Limnologica* 39, 14-39.
- GERGS, R., KOESTER, M., GRABOW, K., SCHÖLL, F., THIELSCH, A. & A. MARTENS (2014): *Theodoxus fluviatilis* re-established in the River Rhine - a native relic or a cryptic invader? - *Conservation Genetics* ISSN 1566-0621 *Conserv Genet*.
- HARDENBICKER, P., ROLINSKI, S., WEITERE, M. & H. FISCHER (2014): Temporal trends in the phytoplankton dynamics of the rivers Rhine and Elbe. - *International Review of Hydrobiology* 99, 287-299.
- HOLM, P., HIRSCH, P., ADRIAN-KALCHHAUSER, I., & A. N'GUYEN (2016): Nicht-heimische Grundelarten in der Schweiz. Maßnahmen zur Eindämmung und zur Schadensminimierung. Zwischenbericht 2015. Universität Basel.
- IKSR (2013): Darstellung der Entwicklung der Rheinwassertemperaturen auf der Basis validierter Temperaturmessungen von 1978 bis 2011. IKSР-Fachbericht Nr. 209, www.iksr.org.
- IKSR (2014): Vorschlag für ein Pilotprogramm für Messungen zur Kontamination von Biota/Fischen mit Schadstoffen im Einzugsgebiet des Rheins in den Jahren 2014/2015. IKSР-Fachbericht Nr. 216, www.iksr.org.
- IKSR (2015a): Klimawandelanpassungsstrategie für die IFGE Rhein. IKSР-Fachbericht Nr. 219, www.iksr.org.
- IKSR (2015b): Überblicksbericht über die Entwicklung des „Biotopverbund am Rhein“ 2005-2013. IKSР-Fachbericht Nr. 223, www.iksr.org.
- IKSR (2015c): Das Phytoplankton des Rheins 2012. IKSР-Fachbericht Nr. 224, www.iksr.org.
- IKSR (2015d): Rheinfischfauna 2012/2013. IKSР-Fachbericht Nr. 228, www.iksr.org.
- IKSR (2017a): Rhein-Messprogramm Biologie 2018/2019. IKSР-Fachbericht Nr. 241, www.iksr.org.
- IKSR (2017b): Mikroverunreinigungen im Rheineinzugsgebiet Bilanz 2017. IKSР-Fachbericht Nr. 246, www.iksr.org.

- IKSR (2018a): „Masterplan Wanderfische Rhein 2018“ -eine Aktualisierung des Masterplans 2009-. IKSR-Fachbericht Nr. 247, www.iksr.org.
- IKSR (2018b): Statistische Auswertung von Messungen zur Kontamination von Biota/Fischen mit Schadstoffen im Einzugsgebiet des Rheins in den Jahren 2014/2015. IKSR-Fachbericht Nr. 252, www.iksr.org.
- IKSR (2019a): IKSR-Empfehlungen zur Reduktion von Mikroverunreinigungen in Gewässern. IKSR-Fachbericht Nr. 253, www.iksr.org.
- IKSR (2019b): IKSR-Niedrigwasserüberwachung am Rhein und in seinem Einzugsgebiet. IKSR-Fachbericht Nr. 261, www.iksr.org.
- IKSR (2020a): Das Phytoplankton des Rheins 2018. IKSR-Fachbericht Nr. 273, www.iksr.org.
- IKSR (2020b): Makrophytenverbreitung im Rhein 2018/2019. IKSR-Fachbericht Nr. 274, www.iksr.org.
- IKSR (2020c): Benthische Diatomeen im Rhein 2018/2019. IKSR-Fachbericht Nr. 275, www.iksr.org.
- IKSR (2020d): Das Makrozoobenthos des Rheins 2018. IKSR-Fachbericht Nr. 276, www.iksr.org.
- IKSR (2020e): Bericht zum Niedrigwasserereignis Juli-November 2018. IKSR-Fachbericht Nr. 263, www.iksr.org.
- IKSR (2020f): Nationale Maßnahmen für den Europäischen Aal im Rheineinzugsgebiet 2014-2016. IKSR-Fachbericht Nr. 264, www.iksr.org.
- IKSR (2020g): Programm „Rhein 2040“. Der Rhein und sein Einzugsgebiet: nachhaltig bewirtschaftet und klimaresilient. Ergebnisse der 16. Rheinministerkonferenz am 13. Februar 2020 in Amsterdam, www.iksr.org.
- IKSR (2020h): Bilanz Rhein 2020, www.iksr.org.
- IKSR (2020i): Waterbirds in the international Rhine Valley: numbers, distribution and trends. IKSR-Fachbericht Nr. 277, www.iksr.org.
- IKSR (2021a): International koordinierter Bewirtschaftungsplan für die IFGE Rhein 2022-2027 (Entwurfssfassung vom 15. April 2021, Teil A), www.iksr.org
- IKSR (2021b): Fische im Rhein 2018/2019. IKSR-Fachbericht Nr. 279 (in Vorbereitung).
- LANUV NRW (2017): NRW-Verfahren zur Bewertung von Fließgewässern mit Makrophyten – Fortschreibung und Metrifizierung. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage incl. Entwicklung der Auswerte-Software MaBS. LANUV Arbeitsblatt 30: 93 S. & Anhang:
https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/Arbeitsblatt_30_2._Auflage.pdf.
- NEHRING, S., ESSL, F., KLINGENSTEIN, F., NOWACK, C., RABISCH, W., STÖHR, O., WIESNER, C. & C. WOLTER (2010): Schwarze Liste invasiver Arten: Kriteriensystem und Schwarze Listen invasiver Fische für Deutschland und für Österreich. BFN-Skripten 285, 189.

- ROTT, E., BINDER, N., VAN DAM, H., ORTLER, K., PALL, K., PFISTER, P. & E. PIPP (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen.- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1.-248.
- SCHÖLL, F., EGGERS, T. O., HAYBACH, A., GORKA, M., KLIMA, M. & B. KÖNIG (2012): Verbreitung von *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) in Deutschland (Mollusca: Bivalvia). *Lauterbornia* 74, 111-15.
- SCHWARTZ, N. & F. SCHÖLL (2018): Blinde Passagiere auf Binnenschiffen. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL). Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus), 424-433, Hardeggen 2018.
- VAN DAM, H., MERTENS, A. & J. SINKELDAM (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-133.
- VAN DER MOLEN, D. T., POT, R., EVERS, C. H. M. & L. L. J. VAN NIEUWERBURGH (eds.) (2012): Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn water 2015-2021. Stowa rapport 2012-31.
- WEITERE, M. & H. ARNDT (2002): Top-down effects on pelagic heterotrophic nanoflagellates (HNF) in a large river (River Rhine): do losses to the benthos play a role? – *Freshwater Biology* 47, 1437-1450.
- WESTERMANN, F., SCHÖLL, F. & A. STOCK (2007): Wiederfund von *Theodoxus fluviatilis* im nördlichen Oberrhein. – *Lauterbornia* 59, 67-72.

Glossar

Abundanz: Populationsdichte; Anzahl Individuen einer Art pro Flächeneinheit; bei Diatomeen: der prozentuale Anteil einer Art an der Gesamtzahl der an der jeweiligen Probestelle gezählten Individuen

anadrom: vom Meer ins Süßwasser wandernd um dort abzulaichen

Benthos: Gesamtheit aller in der Bodenzone eines Gewässers vorkommenden Lebewesen

benthisch: bodenbewohnend

Bioindikator: Zeigerart; Lebewesen, das Änderungen der Umwelteinflüsse anzeigt

Buhne: quer zum Ufer eines Flusses errichtetes dammartiges Bauwerk

Chironomiden: Zuckmücken

Diatomeen: Kieselalgen

Dominanz: Vorherrschen einer Art in einer Lebensgemeinschaft

euryök: in verschiedenen Lebensräumen vorkommend

eutroph: nährstoffreich, mit hohem Phosphatgehalt und damit hoher organischer Produktion

Fauna: Gesamtheit aller Tierarten in einem Gebiet

Flora: Gesamtheit aller Pflanzenarten in einem Gebiet

Gilde: Gruppe von Arten; Lebensgemeinschaft

Habitat: charakteristischer Lebensraum einer Pflanze, eines Tieres oder eines anderen Organismus

Halophil: Organismen, die in Umgebung mit erhöhter Salzkonzentration leben

invasive Art: Art, die sich in einem Gebiet ausbreitet, in dem sie nicht heimisch ist

Invertebraten: Wirbellose; vielzellige Tiere ohne Wirbelsäule

letal: tödlich

Makrophyten: mit bloßem Auge erkennbare Wasserpflanzen

Makrozoobenthos: mit bloßem Auge erkennbare wirbellose Organismen des Gewässerbodens

mesotroph: mäßig nährstoffreich

Mortalität: Sterblichkeit

Neobiota: gebietsfremde, nicht heimische Arten

Neophyt: gebietsfremde Pflanzenart

Neozoon / Neozoen: gebietsfremde Tierart(en)

nitrophil: stickstoffliebend

Oligochaeten: Wenigborster

Phytobenthos: niedere Wasserpflanzen (Algen), die am Gewässergrund leben

phytophil: pflanzenliebend; bei Reproduktionsgilden: Arten die auf Pflanzen ablaichen

Phytoplankton: Schwebealgen; pflanzliches Plankton

Pionierart: Arten, die durch besondere Anpassungen neu geschaffene Lebensräume schnell besiedeln

Plankton: Organismen, die frei im Wasser schweben und sich nicht gegen die Strömung bewegen können

planktisch: das Phytoplankton betreffend

Potamal: den Unterlauf eines Fließgewässers betreffend

rheophil: strömungsliebend

Saprobie: organische Belastung

Smolt: überwiegend silberfarbene Stadium junger Salmoniden (Lachs, Meerforelle) während der Abwanderung ins Meer

Taxon, Taxa: Einheit von Lebewesen innerhalb der biologischen Systematik (z. B. Art)

Taxonomie: Systematik der verwandtschaftlichen Beziehungen von Lebewesen

taxonomisch: die Taxonomie betreffend

thermophil: Wärme liebend

Trophie: Nährstoffbelastung / -angebot

Tychoplankton: nur zeitweise und zufällig im Plankton vorkommende Organismen

ubiquitär: überall vorkommend; weit verbreitet

Zooplankton: tierisches Plankton

Anlagen

Hinweis:

Die Nummerierung der Karten entspricht der des dritten Bewirtschaftungsplans für die IFGE Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021, Teil A).

Zu den Anlagen 1 bis 4:

2009 stand in Deutschland noch kein biologisch abgeleitetes Verfahren zur Ermittlung des ökologischen Potenzials erheblich veränderter Wasserkörper (HMBW) zur Verfügung. 2014 wurden für die Komponenten Makrozoobenthos und Fische neue Potenzialbewertungsverfahren genutzt. Bei der Bewertung der pflanzlichen Komponenten (Makrophyten, Phytobenthos) wird nur der Zustand und nicht das Potential bestimmt. In den Niederlanden wurde bereits 2009 für alle Komponenten und für die Gesamtbewertung das Potenzial angegeben. Hierzu gibt es kein spezielles Verfahren, sondern es wird stets die Messlatte natürlicher Gewässer genutzt; für HMBW werden dann weniger strenge Ziele gesetzt. In Frankreich wird das ökologische Potenzial nur bei der Gesamtbewertung herangezogen.

- Anlage 1: Bewertung des Phytoplanktons im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 2: Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten / Phytobenthos im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 3: Bewertung des Makrozoobenthos im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 4: Bewertung der Fischfauna im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 5: Karte Bewertung des Phytoplanktons im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 6: Karte Gutachterliche Ersteinschätzung der Teilkomponente Makrophyten
- Anlage 7: Karte Bewertung des Phytobenthos / der Makrophyten im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 8: Karte Bewertung des Makrozoobenthos im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 9: Karte Bewertung der Fischfauna im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)
- Anlage 10: Karte Bewertung des Ökologischen Zustands / des Ökologischen Potentials gesamt im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2021 (*Entwurfssfassung vom 15. April 2021*)

Anlage 1: Bewertung des Phytoplanktons im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und den BWP 2021 (Entwurf)

Bewertung des Phytoplanktons im Rhein nach WRRL für BWP 2009, BWP 2015 und BWP 2021 (Entwurf)							sehr gut	1	
							gut	2	
Stand: April 2021							mäßig	3	
Bewertung der Qualitätskomponente nicht erforderlich							unbefriedigend	4	
Keine Erhebung bzw. Bewertung der Komponente / Datenlage unzureichend							schlecht	5	
Wasserkörper	Fluss-km	IKSR-Überblicksüberwachungs-Messstelle im Wasserkörper	Nation / Land	Kategorie BWP 2009	Kategorie BWP 2015	BWP 2009	BWP 2015	BWP 2021 (Entwurf)	
BODENSEE									
BOD-OS Bodensee-Obersee	keine Kilometrierung	Fischbach-Uttwil	DE-BW	natürlich	natürlich	2	2	2	
BOD-USZ Bod.-Untersee		Zellersee	CH / St. Gallen	natürlich	natürlich	2	2	2	
HOCHRHEIN Bodensee – Basel									
Hochrhein 1 - Bodensee bis Aaremündung	24-102,7	Unterseeabfluss Öhningen, Reckingen	CH / DE-BW	natürlich	natürlich		1	1	
Hochrhein 2 - Aaremündung bis Basel	102,7-170		CH / DE-BW	erheblich verändert	natürlich		1	1	
OBERRHEIN Basel – Bingen									
Oberrhein 1 - OR 1 - Rhein 1 - Alter Rhein, Basel bis Breisach	170-225	Weil am Rhein	CH / DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	1	
Oberrhein 2 - OR 2 - Rhein 2 - Rheinschlinge, Breisach bis Strasbourg	225-292	oberhalb Rhinau	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	1	
Oberrhein 3 - OR 3 - Rhein 3 - Staugeregelte Rheinstraße, Straßburg bis Iffezheim	292-352	Karlsruhe	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	1	
Oberrhein 4 - OR 4 - Rhein 4 - Staustufe Iffezheim bis oberhalb Lautermündung	352-428		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	1	
Oberrhein 5 - OR 5 - Lauter- bis Neckarmündung	352-428		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	1	1	
Oberrhein 6 - OR 6 - Neckar- bis Mainmündung	428 - 497	Worms	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	2	
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	3	
MITTELRHEIN Bingen – Bonn									
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	3	
NIEDERRHEIN Bonn – Kleve-Bimmen / Lobith									
Niederrhein 1 - NR 1 - Bad Honnef bis Leverkusen	639-701	Köln-Godorf	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	3	
Niederrhein 2 - NR 2 - Leverkusen bis Duisburg	701-764	Düsseldorf-Hafen	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	3	
Niederrhein 3 - NR 3 - Duisburg bis Wesel	764-811	Duisburg-Walsum / Orsoy	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3	
Niederrhein 4 - NR 4 - Wesel bis Kleve	811-865	Niedermoermter / Rees	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3	
DELTARHEIN Lobith -Hoek van Holland									
Boven Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	.j.	.j.	.j.	
Maas-Waalkanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2		
Nederrijn/Lek	954-980		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	.j.	.j.	.j.	
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	.j.	.j.	.j.	
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afgedamde Maas-Noord	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	.j.	.j.	.j.	
Oude Maas (stromaufwärts Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek bis Hagestein	977-998		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	.j.	.j.	.j.	
Hollandsche IJssel	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	.j.	.j.	.j.	
Nieuwe Maas, Oude Maas (stromabwärts Hartelkanaal)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	3		
Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland-, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	künstlich	künstlich	2	2	2	
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2		
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2		
Noordzeekanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2		
Twentekanaalen	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2		
Zwartemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2		
Ketelmeer + Vossemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2		
Markermeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3		
Randmeren-Oost	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2		
Randmeren-Zuid	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2		
IJsselmeer	n.a.	Vrouwezand	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3	
Wattenmeer Festlandküste (Küstengewässer)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2		
Wattenmeer (Küstengewässer)	n.a.	Dantzigat, Doove Balg west	NL	natürlich	natürlich	3	2	3	
Holländische Küste (Küstengewässer)	n.a.	Noordwijk 2	NL	natürlich	natürlich	2	2	2	
Wattenküste (Küstengewässer)	n.a.	Boomkensdiep	NL	natürlich	natürlich	2	3	2	

Anlage 2: Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten / Phytobenthos im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und den BWP 2021 (Entwurfsvfassung vom 15. April 2021)

Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten / Phytobenthos im Rhein nach WRRL für BWP 2009, BWP 2015 und BWP 2021 (Entwurf)	J.	Bewertung der Qualitätskomponente nicht erforderlich	sehr gut	1	Ökolog. Potenzial	
			gut	2	2	
Stand: April 2021		Keine Erhebung bzw. Bewertung der Komponente / Datenlage unzureichend	mäßig	3	3	
			unbefriedigend	4	4	
			schlecht	5	5	
Makrophyten / Phytobenthos: In DE-BW bezieht sich dieses Ergebnis auf die komplette Biokomponente. In Frankreich wurden nur Diatomeen bewertet.						
Wasserkörper	Fluss-km	IKSR-Überblicksüberwachungs-Messstelle im Wasserkörper	Nation / Land	BWP 2009	BWP 2015	BWP 2021 (Entwurf)
ALPENRHEIN Reichenau – Bodensee						
AR 3 Alpenrhein, OWK AT 10109000		Fussach	AT/ Vorarlberg/CH (SG)	2	2	2
BODENSEE						
BOD-OS Bodensee-Obersee	keine Kilometrierung	Fischbach-Uttwil	DE-BW	2	2	2
BOD-USZ Bod.-Untersee		Zellersee	CH / St. Gallen	2	2	2
HOCHRHEIN Bodensee – Basel						
	24-170					
Hochrhein 1 - Bodensee bis Aaremündung	24-102,7	Stein, Ellikon	CH / DE-BW	1	2	2
Hochrhein 2 - Aaremündung bis Basel	102,7-170	Sisseln, Pratteln/Wyhlen	CH / DE-BW	1	2	3
OBERRHEIN Basel – Bingen						
	170-529					
Oberrhein 1 - OR 1 - Rhein 1 - Alter Rhein, Basel bis Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	1	3	2
			FR	2	2	3
			Ergebnis der Abstimmung			2
Oberrhein 2 - OR 2 - Rhein 2 - Rheinschlinge, Breisach bis Strasbourg	225-292	oberhalb Rhinau	DE-BW	2	3	3
			FR	2	2	2
			Ergebnis der Abstimmung			2
Oberrhein 3 - OR 3 - Rhein 3 - Staugeregelte Rheinstrecke, Straßburg bis Iffezheim	292-352	oberhalb Gamsheim	DE-BW	2	3	3
			FR	3	2	3
			Ergebnis der Abstimmung			2
Oberrhein 4 - OR 4 - Rhein 4 - Staustufe Iffezheim bis oberhalb Lautermündung	352-428	Karlsruhe	DE-BW	2	3	3
			FR		3	3
			Ergebnis der Abstimmung			3
Oberrhein 5 - OR 5 - Lauter- bis Neckarmündung	352-428		DE-BW	2	3	3
			DE-RP	2	3	2
Oberrhein 6 - OR 6 - Neckar- bis Mainmündung	428 - 497	Worms	DE-BW	3	3	3
			DE-HE		3	3
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-HE		3	3
			DE-RP	3	3	3
MITTEL RHEIN Bingen – Bonn						
	529-639					
Mittelrhein (MR)	529-639	Koblenz	DE-HE		3	3
			DE-RP	3	3	3
NIEDERRHEIN Bonn – Kleve-Bimmen / Lobith						
	639-865,5					
Niederrhein 1 - NR 1 - Bad Honnef bis Leverkusen	639-701	Köln-Godorf	DE-NW	3	3	3
Niederrhein 2 - NR 2 - Leverkusen bis Duisburg	701-764	Düsseldorf-Hafen	DE-NW	2	4	3
Niederrhein 3 - NR 3 - Duisburg bis Wesel	764-811	Duisburg-Walsum / Orsoy	DE-NW	3	3	3
Niederrhein 4 - NR 4 - Wesel bis Kleve	811-865	Niedermoermter / Rees	DE-NW	2	3	3
DELTARHEIN Lobith -Hoek van Holland						
	865,5 -1032					
Boven Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	2	2	2
Maas-Waalkanaal	n.a.		NL	.	.	.
Nederrijn/Lek	954-980		NL	2	3	
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	2	2	
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afgedamde Maas-Noord	n.a.		NL	.	.	.
Oude Maas (stromaufwärts Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek bis Hagstein	977-998		NL	2	2	
Hollandsche IJssel	n.a.		NL	.	.	.
Nieuwe Maas, Oude Maas (stromabwärts Hartelkanaal)	n.a.		NL	.	.	.
Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland-, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	2	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.a.		NL	.	.	.
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.a.		NL	.	.	.
Noordzeekanaal	n.a.		NL	.	.	.
Twentekanaalen	n.a.		NL	.	.	.
Zwartemeer	n.a.		NL	.	.	.
Ketelmeer + Vossemeer	n.a.		NL	.	.	.
Markermeer	n.a.		NL	.	.	.
Randmeren-Oost	n.a.		NL	.	.	.
Randmeren-Zuid	n.a.		NL	.	.	.
IJsselmeer	n.a.	Vrouwezand	NL	2	2	2
Wattenmeer Festlandküste (Küstengewässer)	n.a.		NL	5	3	
Wattenmeer (Küstengewässer)	n.a.	Dantzigat, Doove Balg west	NL	4	4	4
Holländische Küste (Küstengewässer)	n.a.	Noordwijk	NL			
Wattenküste (Küstengewässer)	n.a.	Boompensdiep	NL	.	.	.
In den Wasserkörpern Wattenmeer und Wattenmeer Festlandküste wird kein Phytobenthos bewertet, sondern Seegras und Strandschwengel (beide auf Qualität und Quantität).						
Die Messlatten für Makrophyten (und Fische) in den Niederlanden wurden 2012 verbessert, wodurch EKR-Werte zum Teil stark abweichen. Um die alten mit den verbesserten Messlatten vergleichen zu können, wurden die Daten aus 2012 anhand beider Messlatten geprüft. Das Gute Ökologische Potenzial wurde dann angepasst, so dass die Bewertungen aus 2009 und 2012 trotz allem gut miteinander verglichen werden können.						

Anlage 3: Bewertung des Makrozoobenthos im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und den BWP 2021 (Entwurf)

Bewertung des Makrozoobenthos im Rhein nach WRRL für BWP 2009, BWP 2015 und BWP 2021 (Entwurf)					sehr gut	1	Ökolog. Potenzial	
					gut	2	2	
Stand: April 2021					mäßig	3	3	
Bewertung der Qualitätskomponente nicht erforderlich					unbefriedigend	4	4	
Keine Erhebung bzw. Bewertung der Komponente / Datenlage unzureichend					schlecht	5	5	
Wasserkörper	Fluss-km	IKSR-Überblicksüberwachungs-Messstelle im Wasserkörper	Nation / Land	Kategorie BWP 2009	Kategorie BWP 2015	BWP 2009	BWP 2015	BWP 2021 (Entwurf)
ALPENRHEIN Reichenau – Bodensee								
AR 3 Alpenrhein, OWK AT 10109000		Fussach	AT/ Vorarlberg/CH (SG)	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	2
BODENSEE								
BOD-OS Bodensee-Obersee	keine Kilometrierung	Fischbach-Uttwil	DE-BW	natürlich	natürlich		J.	
BOD-USZ Bod.-Untersee		Zellersee	CH / St. Gallen	natürlich	natürlich			
HOCHRHEIN Bodensee – Basel								
Hochrhein 1 Eschenzer Horn bis oberhalb Aare	24-102,7	oberhalb Mdg. Hemishofer B. - Rietheim	CH / DE-BW	natürlich	natürlich	2	2	3
Hochrhein 2 unterhalb Aare bis einschl. Wiese	102,7-170	unterhalb Mdg. Aare - Basel	CH / DE-BW	erheblich verändert	natürlich	3	3	3
OBERRHEIN Basel – Bingen								
Oberrhein 1 - OR 1 - Rhein 1 - Alter Rhein, Basel bis Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert	3		
		<i>Ergebnis der Abstimmung</i>			erheblich verändert	erheblich verändert		3
Oberrhein 2 - OR 2 - Rhein 2 - Rheinschlinge, Breisach bis Strasbourg	225-292	oberhalb Rhinau	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	3
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert		4	
		<i>Ergebnis der Abstimmung</i>			erheblich verändert	erheblich verändert		4
Oberrhein 3 - OR 3 - Rhein 3 - Staugeregelte Rheinstrecke, Straßburg bis Iffezheim	292-352	oberhalb Gamsheim	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	3
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert	4	5	
		<i>Ergebnis der Abstimmung</i>			erheblich verändert	erheblich verändert		3
Oberrhein 4 - OR 4 - Rhein 4 - Staustufe Iffezheim bis oberhalb Lautermündung	352-428	Karlsruhe	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	3
		oberhalb Lauterbourg/Karlsruhe	FR	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	
		<i>Ergebnis der Abstimmung</i>			erheblich verändert	erheblich verändert	4	3
Oberrhein 5 - OR 5 - Lauter- bis Neckarmündung	352-428		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	3
			DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	3
Oberrhein 6 - OR 6 - Neckar- bis Mainmündung	428 - 497		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	3
			DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	3
		Worms	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	3
			DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert	4	2	3
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	3
			DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert		2	3
MITTELRHEIN Bingen – Bonn								
Mittelrhein (MR)	529-639		DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert	4	2	2
		Koblenz	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	4	2	2
NIEDERRHEIN Bonn – Kleve-Bimmen / Lobith								
Niederrhein 1 - NR 1 - Bad Honnef bis Leverkusen	639-701	Köln-Godorf	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	2
Niederrhein 2 - NR 2 - Leverkusen bis Duisburg	701-764	Düsseldorf-Hafen	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	2
Niederrhein 3 - NR 3 - Duisburg bis Wesel	764-811	Duisburg-Walsum / Orsoy	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	5	4	3
Niederrhein 4 - NR 4 - Wesel bis Kleve	811-865	Niedermoermt / Rees	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	5	4	3
DELTARHEIN Lobith -Hoek van Holland								
Boven Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	3
Maas-Waalkanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Nederrijn/Lek	954-980		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	
Dordtse Biesbosch, Nieuwe Merwede	972-982		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afgedamde Maas-Noord	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	
Oude Maas (stromaufwärts Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek bis Hagstein	977-998		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
Hollandsche IJssel	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	
Nieuwe Maas, Oude Maas (stromabwärts Hartelkanaal)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland-, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	künstlich	künstlich	2	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Noordzeekanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	3	
IJssel	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	
Twentekanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Zwartemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Ketelmeer + Vossemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Markermeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	3	
Randmeren-Oost	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
Randmeren-Zuid	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
IJsselmeer	n.a.	Vrouwezand	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	2
Wattenmeer Festlandküste (Küstengewässer)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Wattenmeer (Küstengewässer)	n.a.	Dantzigat, Doove Balg west	NL	natürlich	natürlich	2	3	2
Holländische Küste (Küstengewässer)	n.a.	Noordwijk	NL	natürlich	natürlich	2	3	2
Wattenküste (Küstengewässer)	n.a.	Boomkensdiep	NL	natürlich	natürlich	3	2	2

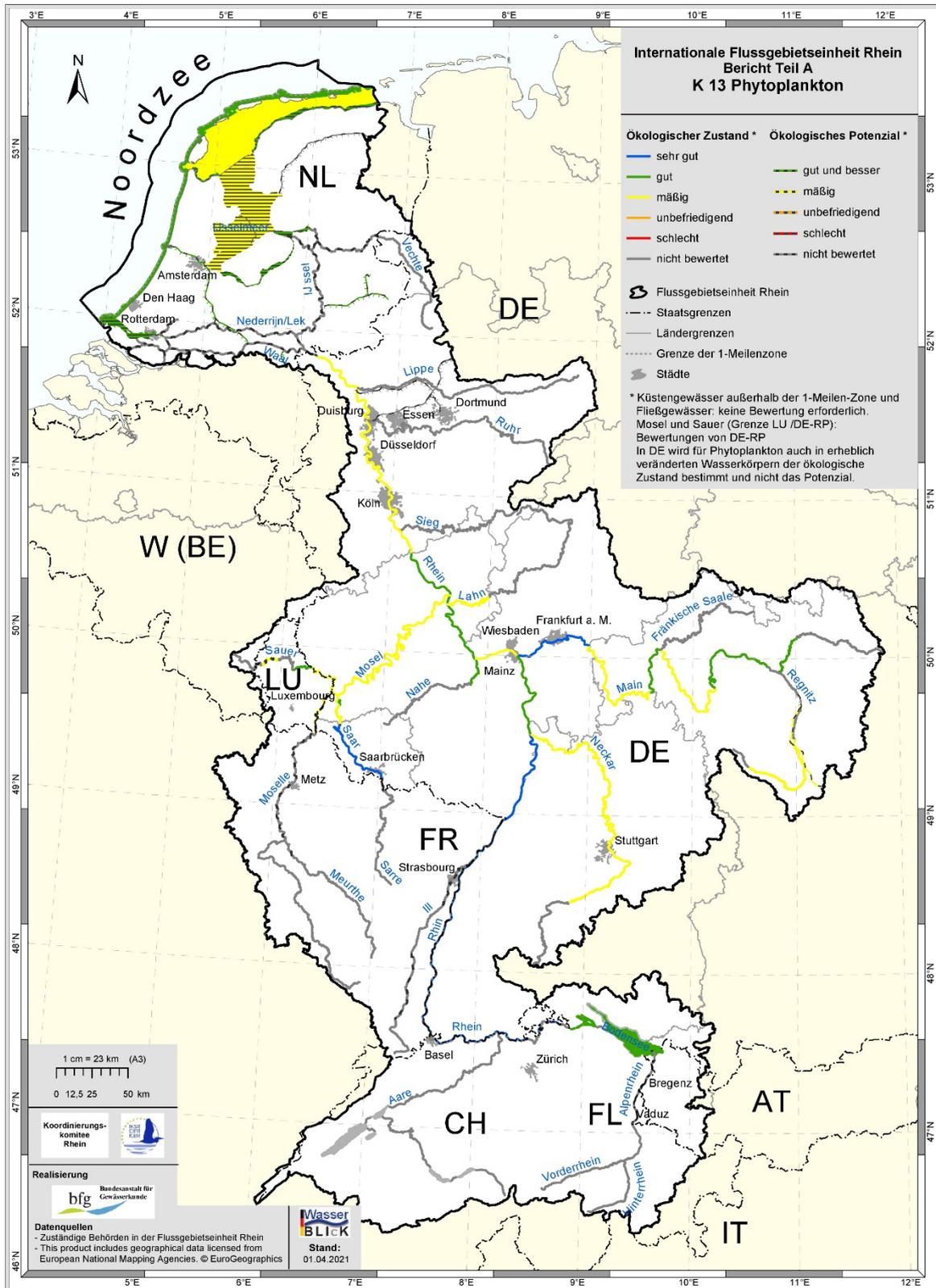
Anlage 4: Bewertung der Fischfauna im Rhein nach WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2009, 2015 und den BWP 2021 (Entwurf)

Bewertung der Fischfauna im Rhein nach WRRL für BWP 2009, BWP 2015 und BWP 2021 (Entwurf)	Bewertung der Qualitätskomponente nicht erforderlich		sehr gut		1	Ökolog. Potenzial		
	Keine Erhebung bzw. Bewertung der Komponente / Datenlage unzureichend		gut		2	2		
Stand: April 2021	unterschiedliche Bewertung		mäßig		3	3		
	Fische: In den Niederrheinzufüssen in DE-NW wurde noch kein ökologisches Potenzial bestimmt. Die Abweichung von One-out-all-out-Prinzip bei den Wasserkörpern Oberrhein 7 und Mittelrhein ist zwischen DE-RP und DE-HE abgestimmt (die Ergebnisse für Fische in DE-RP sind repräsentativer).		unbefriedigend		4	4		
			schlecht		5	5		
Wasserkörper	Fluss-km	IKSR-Überblicksüberwachungs-Messstelle im Wasserkörper	Nation / Land	Kategorie BWP 2009	Kategorie BWP 2015	BWP 2009	BWP 2015	BWP 2021 (Entwurf)
ALPENRHEIN Reichenau – Bodensee								
AR 3 Alpenrhein, OWK AT 10109000		Fussach	AT/ Vorarlberg/C	erheblich verändert	erheblich verändert	5	5	3
BODENSEE								
BOD-OS Bodensee-Obersee	keine Kilometrierung	Fischbach-Uttwil	DE-BW	natürlich	natürlich		2	2
BOD-USR Bod.-Untersee		Zellersee	DE-BW	natürlich	natürlich			2
HOCHRHEIN Bodensee – Basel								
Hochrhein 1- Bodensee-Aaremündung	24-102,7	Hohentengen, Kadelburg	CH / DE-BW	natürlich	natürlich	3	3	3
Hochrhein 2- Aaremündung bis Basel	102,7-170	oberhalb u. unterhalb Rheinfeldern	DE-BW	erheblich verändert	natürlich	2		3
OBERRHEIN Basel – Bingen								
Oberrhein 1 - OR 1 - Rhein 1 - Alter Rhein, Basel bis Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert		2	
		unterschiedliche Bewertung		erheblich verändert	erheblich verändert			
Oberrhein 2 - OR 2 - Rhein 2 - Rheinschlinge, Breisach bis Strasbourg	225-292	oberhalb Rhinau	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	4
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert		2	
		unterschiedliche Bewertung		erheblich verändert	erheblich verändert			
Oberrhein 3 - OR 3 - Rhein 3 - Staugeregelte Rheinstrecke, Straßburg bis Iffezheim	292-352	oberhalb Gamsheim	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert		2	
		unterschiedliche Bewertung		erheblich verändert	erheblich verändert			
Oberrhein 4 - OR 4 - Rhein 4 - Staustufe Iffezheim bis oberhalb Lautermündung	352-428	Karlsruhe	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
			FR	erheblich verändert	erheblich verändert		2	
		unterschiedliche Bewertung		erheblich verändert	erheblich verändert			
Oberrhein 5 - OR 5 - Lauter- bis Neckarmündung	352-428		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
			DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
Oberrhein 6 - OR 6 - Neckar- bis Mainmündung	428 - 497		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	3
			DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert		3	3
			Worms	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	2
			DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	2
MITTELRHEIN Bingen – Bonn								
Mittelrhein (MR)	529-639	Koblenz	DE-HE	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	2
			DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	2
NIEDERRHEIN Bonn – Kleve-Bimmen / Lobith								
Niederrhein 1 - NR 1 - Bad Honnef bis Leverkusen	639-701	Köln-Godorf	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	3	3
Niederrhein 2 - NR 2 - Leverkusen bis Duisburg	701-764	Düsseldorf-Hafen	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
Niederrhein 3 - NR 3 - Duisburg bis Wesel	764-811	Duisburg-Walsum / Orsoy	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	4
Niederrhein 4 - NR 4 - Wesel bis Kleve	811-865	Niedermoermter / Rees	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	4
DELTA RHEIN Lobith -Hoek van Holland								
Boven Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	4	4
Maas-Waalkanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Nederrijn/Lek	954-980		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	4	
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afdemde Maas-Noord	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Oude Maas (stromaufwärts Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek bis Hagstein	977-998		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Hollandsche IJssel	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Nieuwe Maas, Oude Maas (stromabwärts Hartelkanaal)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert		3	
Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland-, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	künstlich	künstlich		3	3
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	3	2	
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	3	2	
Noordzeekanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
IJssel	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	4	3	
Twentekanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Zwartemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Ketelmeer + Vossemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Markermeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Randmeren-Oost	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Randmeren-Zuid	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
IJsselmeer	n.a.	Vrouwezand	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	3
Wattenmeer Festlandküste (Küstengewässer)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	./.	./.	./.
Wattenmeer (Küstengewässer)	n.a.	Dantzigat, Doove Balg west	NL	natürlich	natürlich	./.	./.	./.
Holländische Küste (Küstengewässer)	n.a.	Noordwijk	NL	natürlich	natürlich	./.	./.	./.
Wattenküste (Küstengewässer)	n.a.	Boompensdiep	NL	natürlich	natürlich	./.	./.	./.

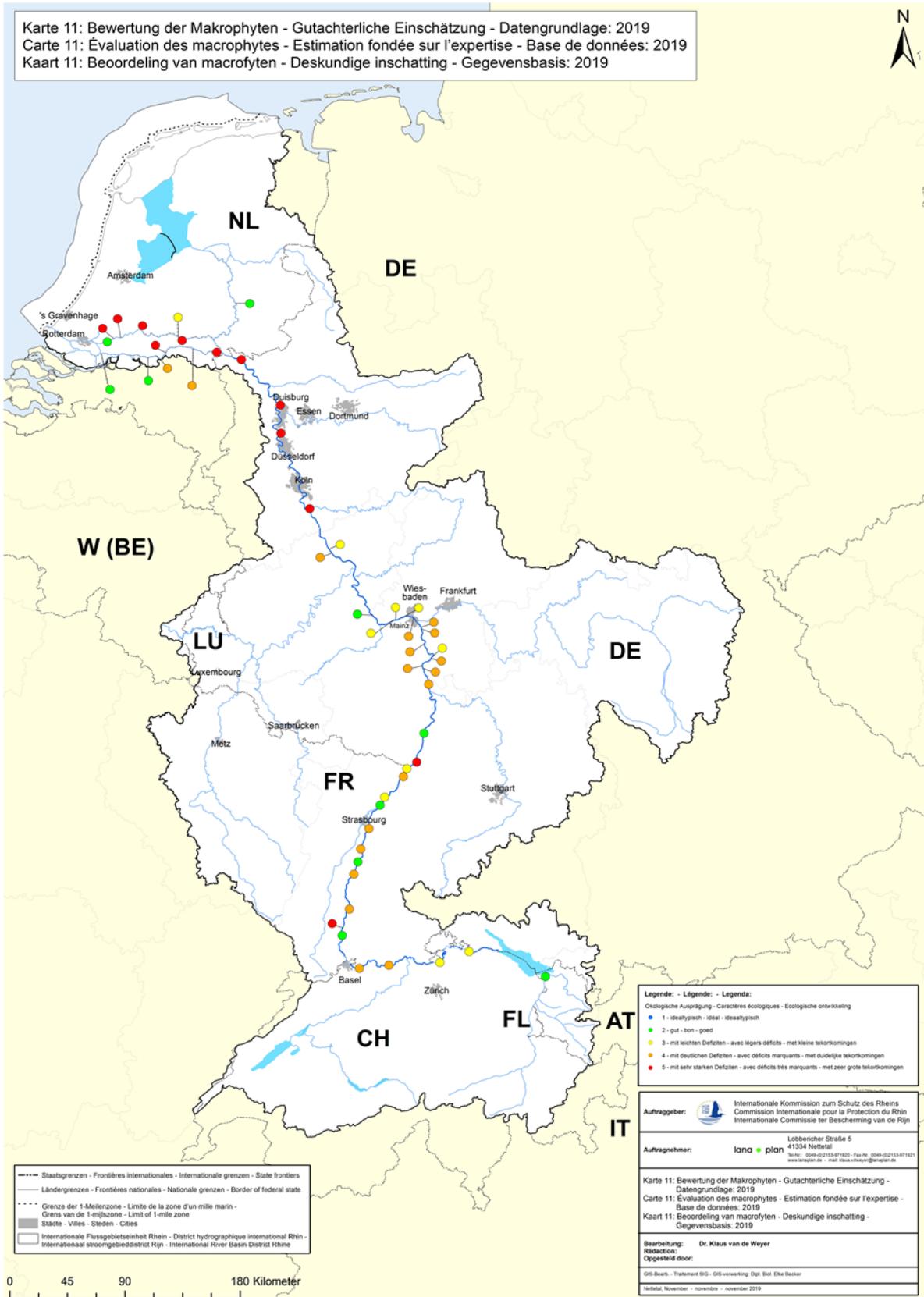
NL: Die Bewertungen von 2009 weichen von den ursprünglichen Bewertungen ab, weil sie mit einer verbesserten Messlatte neu berechnet wurden. Sie wurden hier aufgenommen, um einen guten Vergleich mit 2014 zu ermöglichen.

Anlage 5: Karte Bewertung des Phytoplanktons

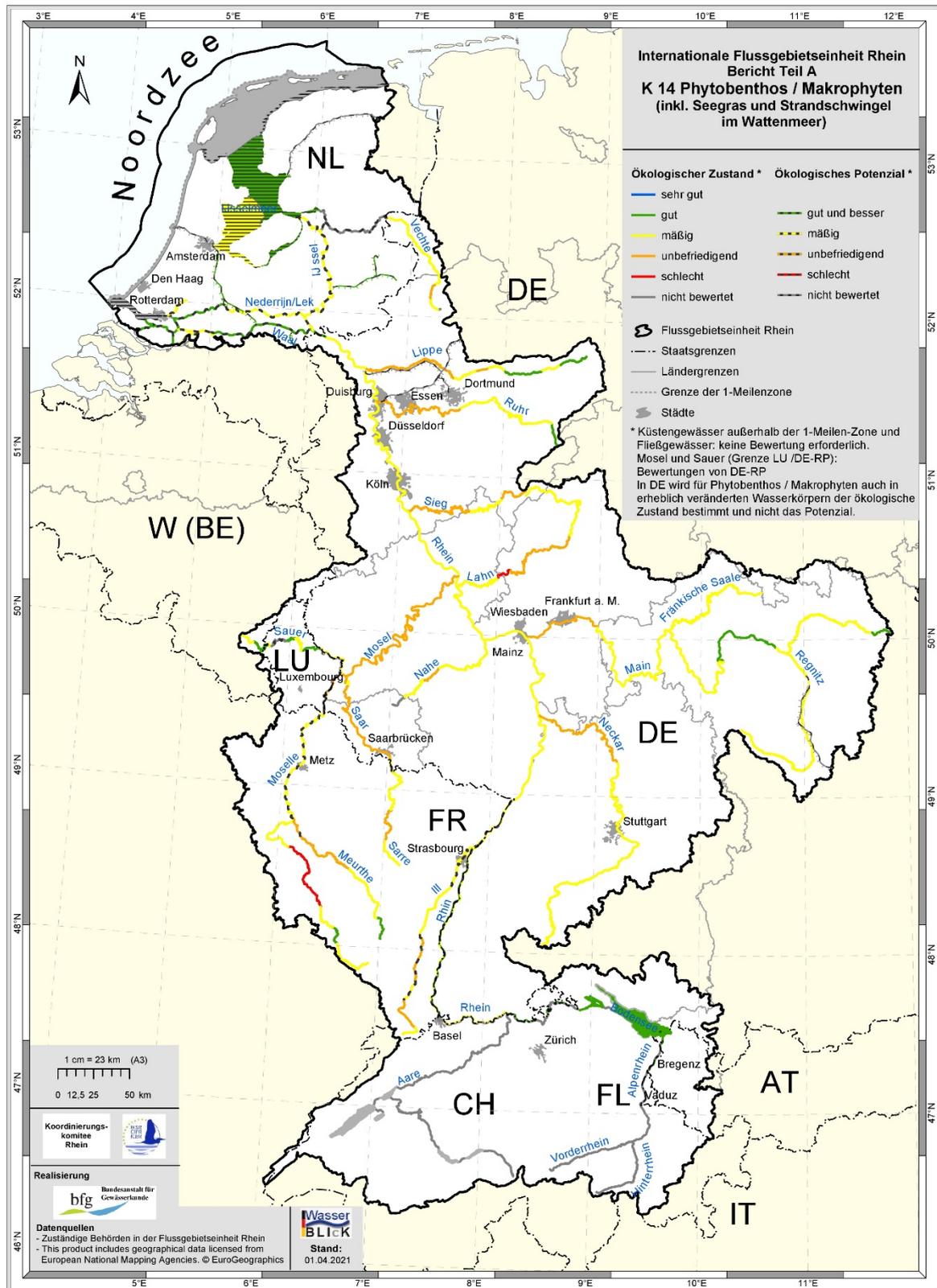
Karte 13 aus dem 3. BWP Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021)



Anlage 6: Karte Gutachterliche Ersteinschätzung der Teilkomponente Makrophyten (Datengrundlage 2019)

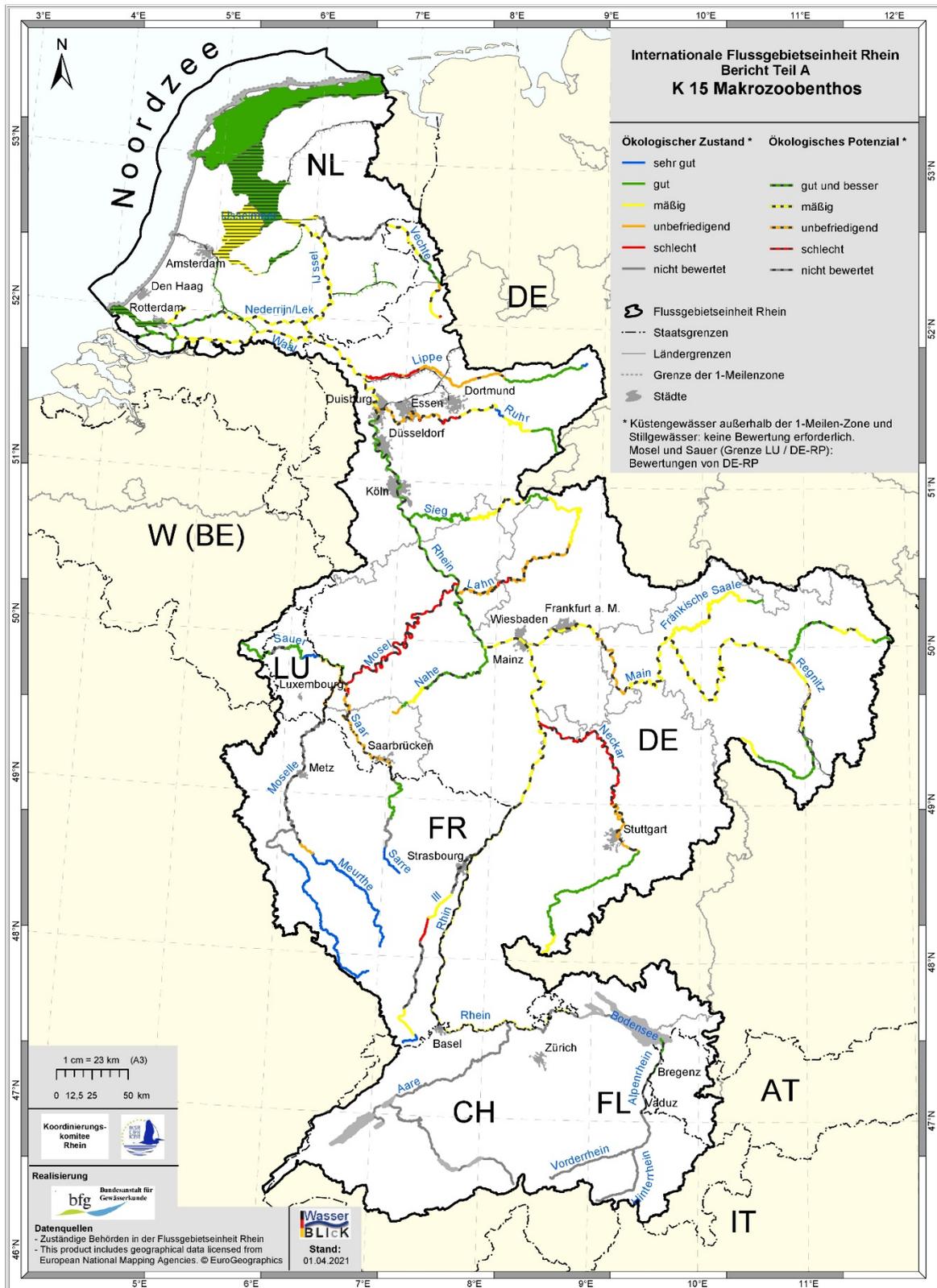


Anlage 7: Karte Bewertung des Phytobenthos / der Makrophyten
 Karte 14 aus dem 3. BWP Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021)



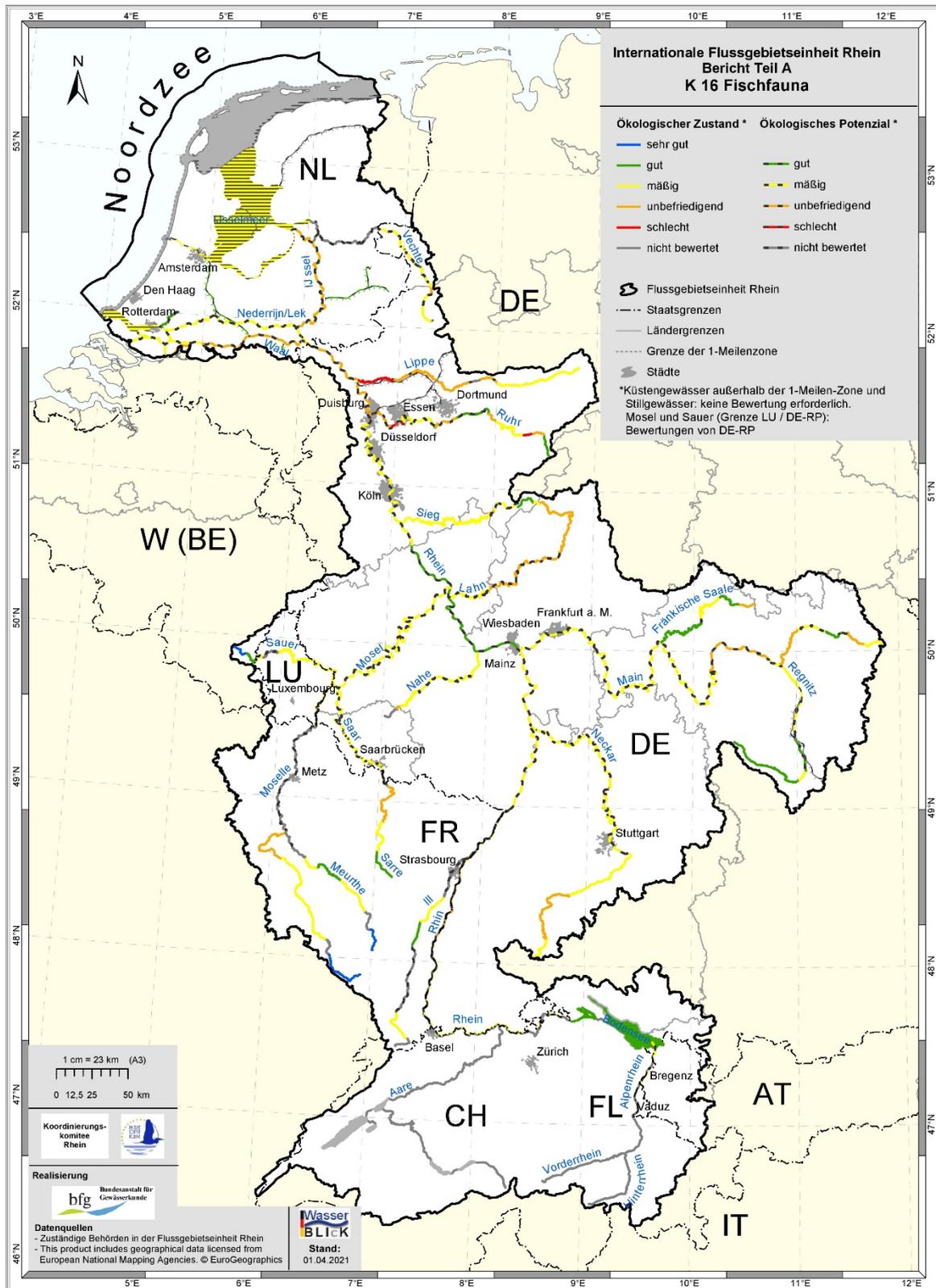
Anlage 8: Karte Bewertung des Makrozoobenthos

Karte 15 aus dem 3. BWP Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021)



Anlage 9: Karte Bewertung der Fischfauna

Karte 16 aus dem 3. BWP Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021)



Anlage 10: Karte Bewertung des Ökologischen Zustands / des Ökologischen Potenzials gesamt

Karte 17 aus dem 3. BWP Rhein (Entwurfssfassung vom 15. April 2021)

