

Internationale Kommission zum Schutz der Elbe Mezinárodní komise pro ochranu Labe



**Strategie
zur Minderung
der Nährstoffeinträge
in Gewässer
in der internationalen
Flussgebietseinheit Elbe**



Diese Publikation wurde von der Ad-hoc-Expertengruppe „Nährstoffe“ (NP) der IKSE erarbeitet.

Vorsitzender:

Pavel Rosendorf (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i.)

Mitglieder:

Jindřich Duras (Povodí Vltavy, státní podnik)

Petr Ferbar (Povodí Labe, státní podnik)

David Kuna (Ministerstvo zemědělství ČR)

Stanislav Němec (Ministerstvo zemědělství ČR)

Gregor Ollesch (Flussgebietsgemeinschaft Elbe, Geschäftsstelle)

Martin Pták (Ministerstvo životního prostředí ČR)

Michael Trepel (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein)

Vlastimil Zahrádka (Povodí Ohře, státní podnik)

An der Publikation haben ferner folgende Experten mitgewirkt:

Hana Prchalová (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i.)

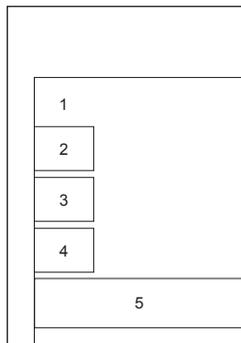
Radovan Vítek (Ministerstvo životního prostředí ČR)

Iva Vojtová (Ministerstvo zemědělství ČR)

Oliver Wiemann (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg)

Mit Unterstützung der Arbeitsgruppe „Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Einzugsgebiet der Elbe“ (WFD), der Expertengruppe „Grundwasser“ (GW), der Expertengruppe „Oberflächengewässer“ (SW) und des Sekretariats der IKSE.

Fotos Titelblatt:



- 1: Algenschaum an der Nordseeküste (Dr. Frank Steinmann)
- 2: Talsperre Skalka (Povodí Ohře, státní podnik)
- 3: Zentrale Kläranlage der Hauptstadt Prag (Povodí Vltavy, státní podnik)
- 4: Algenblüte auf einem Fischteich (Pavel Rosendorf)
- 5: Begradigter Bach Stanůvka mit Dränageeinmündung (Pavel Rosendorf)

Herausgeber: Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE)
Postfach 1647/1648
39006 Magdeburg

Druck: Harzdruckerei GmbH
Max-Planck-Straße 12/14
38855 Wernigerode

Auflage: 1 000 Exemplare

Strategie
zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer
in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe

INHALTSVERZEICHNIS

	Vorwort	5
1.	Zusammenfassung	7
2.	Einleitung	12
3.	Eutrophierung	14
3.1	Wirkung von übermäßigem Nährstoffangebot auf aquatische Lebensgemeinschaften	14
3.2	Limitierende Nährstoffe in Seen, Fließgewässern und Küstengewässern	15
4.	Monitoring und Bewertung der Nährstoffe	17
4.1	Monitoring und Bewertung der Nährstoffe in Tschechien	17
4.2	Monitoring und Bewertung der Nährstoffe in Deutschland	20
4.3	Vergleichende Betrachtung	24
5.	Zustandsbewertung und Defizitanalyse der Wasserkörper aus der Sicht der Nährstoffzielvorgaben	25
5.1	Darstellung der Konzentrationswerte für Oberflächenwasserkörper	25
5.2	Defizitanalyse als Vergleich zu Orientierungs- und Zielwerten	31
5.3	Vergleichende Betrachtung	40
6.	Zustandsbewertung und Defizitanalyse für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor an ausgewählten Messstellen im Hinblick auf Meeresschutzziele	41
6.1	Zustand und Defizit der Übergangs- und Küstengewässer	41
6.2	Stofffrachten am Grenzscheitel limnisch/marin in Seemannshöft	42
6.3	Bewertung der Stofffrachten von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor im Längsschnitt der Elbe und in ihren Nebenflüssen	45
6.4	Zusammenfassung	50
7.	Nährstoffquellen und Eintragspfade	51
7.1	Methodische Ansätze zur Identifizierung von Nährstoffquellen und Eintragspfaden	51
7.2	Modellgestützte Ergebnisse aus Deutschland	51
7.3	Monitoringgestützte Ergebnisse aus Tschechien	56
7.4	Zusammenfassung der räumlichen und zeitlichen Schwerpunkte von Nährstoffquellen und Eintragspfaden	60
8.	Maßnahmen zur Reduzierung des Nährstoffeintrags	61
8.1	Wirksamkeit von Maßnahmen	61
8.2	Fallbeispiele für erfolgreiche Maßnahmen	63
9.	Empfehlungen zur Erreichung der Ziele im Grundwasser, in den Binnengewässern und beim Meeresschutz	68
10.	Literaturverzeichnis	76
11.	Abbildungsverzeichnis	79
12.	Tabellenverzeichnis	80
13.	Abkürzungsverzeichnis	82

VORWORT

Als wichtige Nährstoffe bilden Stickstoff und Phosphor eine unerlässliche Lebensgrundlage für alle Lebewesen sowie eine unabdingbare Komponente der aquatischen Ökosysteme. Ihr natürliches Gleichgewicht ermöglicht die Vielfalt des Lebens in den Binnengewässern und Meeren. Eine erhöhte anthropogene Nährstoffzufuhr führt zu Abweichungen von diesem natürlichen Gleichgewicht, das heißt zur Eutrophierung. Diese äußert sich in einer übermäßigen Produktivität der aquatischen Ökosysteme und führt im Ergebnis zu vielen negativen Erscheinungen, wie z. B. zur übermäßigen Entwicklung von Cyanobakterien und Algen, zu Sauerstoffdefiziten oder zu Veränderungen in der Artenzusammensetzung der aquatischen Fauna und Flora.

Die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) hat bereits 2009 in ihrem erstmals verabschiedeten „Internationalen Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Elbe“ die schrittweise Reduzierung der stofflichen Belastungen mit Nährstoffen als ein bedeutendes Ziel formuliert und für die ausschlaggebenden Messstellen an der Elbe die entsprechenden Anforderungen festgelegt. Mit der Aktualisierung dieses Bewirtschaftungsplans im Jahr 2015 wurde der Schutz der Küsten- und Meeresgewässer mehr in den Vordergrund gerückt, so dass auch die Vorgaben für die Reduzierung der Belastungen mit Nährstoffen in der Elbe und ihren Nebenflüssen angepasst werden mussten. Um der großen Relevanz der Nährstoffproblematik in den Gewässern Rechnung zu tragen, hat die IKSE auf ihrer 27. Tagung im Oktober 2014 in Berlin eine Ad-hoc-Expertengruppe „Nährstoffe“ eingerichtet und sie mit der Koordinierung der Schritte beauftragt, die auf die Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe ausgerichtet sind. Wesentliches Ergebnis der Arbeit dieser Expertengruppe ist die vorliegende „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“.

Das Strategiepapier ist ein im europäischen Maßstab einzigartiges Dokument, in dem es gelungen ist, den aktuellen Stand der Gewässerbelastung mit Stickstoff und Phosphor im Einzugsgebiet der Elbe nach einem einheitlichen Verfahren auszuwerten und in den einzelnen Teilgebieten die ausschlaggebenden Quellen der Belastungen und die Eintragspfade in die Gewässer zu ermitteln. Mit der Strategie wird des Weiteren ein komplexer Maßnahmenplan vorgelegt, der zur schrittweisen Reduzierung des Nährstoffgehalts in den Gewässern bis auf ein Niveau führen soll, bei dem im Grundwasser, in den Fließgewässern und Seen sowie in den Küsten- und Meeresgewässern der gute Zustand – so wie er durch die Wasserrahmenrichtlinie definiert ist – erreicht werden kann.

Das vorgegebene Ziel ist erreichbar, erfordert aber noch beträchtliche Anstrengungen und eine wirkungsvolle Koordinierung bei der Umsetzung der in der Strategie vorgeschlagenen Maßnahmen im gesamten internationalen Einzugsgebiet der Elbe.

An der Erarbeitung der „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ haben sich von 2016 bis 2018 deutsche und tschechische Experten und Expertinnen aus unterschiedlichen Fachbereichen beteiligt. Ihnen allen gebührt großer Dank für die geleistete Arbeit.

RNDr. Petr Kubala
Präsident der IKSE

Mgr. Pavel Rosendorf
Vorsitzender
der Ad-hoc-Expertengruppe „Nährstoffe“

1. Zusammenfassung

Die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) hat auf ihrer 27. Tagung am 14. und 15. Oktober 2014 in Berlin die Ad-hoc-Expertengruppe „Nährstoffe“ mit der Aufgabe eingerichtet, für die internationale Flussgebietseinheit Elbe ein koordiniertes Vorgehen bei der Reduzierung der Nährstoffeinträge zu gewährleisten. Ein Ergebnis dieses Auftrags der Ad-hoc-Expertengruppe ist die hiermit vorliegende „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“. Anlass für die Erstellung dieser Strategie war und ist der aktuelle Zustand der Gewässer im Einzugsgebiet der Elbe mit – trotz der bedeutenden Verbesserung in den letzten zwanzig Jahren – nach wie vor hohen Nährstoffkonzentrationen, die die Zielerreichung der Wasser-Rahmenrichtlinie (2000/60/EG, im Folgenden nur WRRL) und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EG, im Folgenden nur MSRL) verhindern. Obwohl alle Mitgliedstaaten in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe auf ihrem Gebiet die von der WRRL vorgeschriebenen Prinzipien anwenden, ist es für den Schutz des Elbestroms sowie der Küsten- und Meeresgewässer im Einzugsgebiet der Elbe erforderlich, überregionale Ziele festzulegen und geeignete Maßnahmen abzuleiten, die eine koordinierte Reduzierung der aus den verschiedenen Teilen des Einzugsgebiets und aus unterschiedlichen Quellen stammenden Nährstoffbelastung ermöglichen.

In den Gewässern beeinflussen hohe Nährstoffkonzentrationen – insbesondere von Stickstoff und Phosphor – die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, wobei Massenentwicklungen von Algen und Cyanobakterien die chemischen Eigenschaften des Wassers wie Sauerstoffkonzentration oder pH-Wert so negativ verändern können, dass empfindliche Arten von aquatischen Organismen in ihren Häufigkeiten zurückgehen oder gar ganz aus dem System verdrängt werden.

Die Eutrophierung der Oberflächengewässer und des Grundwassers hat auch für den Menschen direkte negative Auswirkungen, insbesondere ein hoher Nitratgehalt gefährdet die sichere Trinkwassernutzung und hohe Phosphoreinträge in Binnengewässer beeinflussen die Badegewässerqualität.

Die vorliegende Strategie ist das Ergebnis einer aktiven Zusammenarbeit zwischen den deutschen und tschechischen Nährstoffexperten. Sie basiert auf den neuesten Erkenntnissen zur Herkunft der Nährstoffeinträge und zur Dimension des Problems für Grundwasser, Fließgewässer, Seen und Küstengewässer. Zur Erreichung der Ziele der WRRL und der MSRL werden zehn Maßnahmen empfohlen, die bei gleichzeitiger Umsetzung eine effiziente Minderung der Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet der Elbe erwarten lassen.

Diese „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ gliedert sich in zehn Kapitel. Das Kapitel 2 „**Einleitung**“ fasst die ausschlaggebenden Gründe für die Erstellung der Strategie zusammen und beschreibt den Zusammenhang mit den Zielen der wichtigsten EU-Richtlinien für den Gewässerschutz und mit überregionalen Nährstoffzielen, die in den „Internationalen Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Elbe“ für den Zeitraum 2016 – 2021 eingearbeitet wurden. Das Kapitel 3 „**Eutrophierung**“ erläutert die Auswirkungen eines übermäßigen Nährstoffeintrags in die aquatische Umwelt und seine negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme der Binnen-, Küsten- und Meeresgewässer. Während in Küsten- und Meeresgewässern häufig Stickstoff limitierend wirkt, sind es in Fließgewässern und Seen meist Phosphorverbindungen. Deshalb ist es notwendig, den Eintrag beider Nährstoffe entsprechend ihrem jeweiligen Minderungsbedarf zu verringern.

Im Kapitel 4 „**Monitoring und Bewertung der Nährstoffe**“ werden die in Deutschland und Tschechien verwendeten Methoden für das Monitoring und die Bewertung der Nährstoffe in allen Gewässertypen erläutert. Beim Vergleich der Orientierungswerte in Deutschland mit den Zielwerten in Tschechien für die Nährstoffbewertung wird deutlich, dass in Tschechien für die meisten Gewässertypen die Zielwerte für Phosphor höher als die entsprechenden Orientierungswerte in Deutschland sind. Eine Ausnahme bilden die Orientierungswerte der Marschgewässer im Tiefland, die standörtlich bedingt hohe Phosphorkonzentrationen aufweisen. Für den dritten Bewirtschaftungsplan werden in Tschechien voraussichtlich strengere Zielwerte für Phosphor verwendet werden.

Erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Staaten gibt es bei der Bewertung von Stickstoff in Oberflächengewässern und im Grundwasser. Der Hauptunterschied besteht in der Festlegung der Ziel- und Schwellenwerte für Nitratstickstoff. Während es in Deutschland für die Oberflächengewässer und das Grundwasser nur einen Wert von 11,3 mg/l Nitratstickstoff gibt, sind die Zielwerte für Oberflächengewässer und Grundwasser in Tschechien zum Teil deutlich niedriger. Besonders niedrige Nitratstickstoffwerte von 3,4 bis 4,5 mg/l gelten für Grundwasserkörper, die in einer direkten Verbindung mit Oberflächengewässern stehen.

Diese Unterschiede erschweren den direkten Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Zustand der Wasserkörper in den beiden Teilen des Einzugsgebiets der Elbe. Deshalb wurden im Kapitel 5 **„Zustandsbewertung und Defizitanalyse der Wasserkörper aus der Sicht der Nährstoffzielvorgaben“** die Nährstoffkonzentrationen in den Oberflächenwasserkörpern anhand einer einheitlich gewählten Methode und gemeinsamer Datensätze gemeinsam bewertet. Für den Vergleich wurde der Zeitraum 2010 – 2015 gewählt; bewertet wurden die Parameter Gesamtphosphor, Phosphat-Phosphor, Ammoniumstickstoff und Nitratstickstoff. Für alle Parameter wurden arithmetische Mittel und Mediane berechnet. Die Datensätze wurden statistisch ausgewertet und in Karten übersichtlich dargestellt. Aus den Ergebnissen der gemeinsamen Bewertung geht hervor, dass sich die Datensätze für Gesamtphosphor sowie Phosphat-Phosphor im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets statistisch nicht unterscheiden und das Belastungsniveau der Oberflächengewässer damit ähnlich ist. Für Ammoniumstickstoff und Nitratstickstoff wurden im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe statistisch höhere Konzentrationen festgestellt. Aus einem Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Zustand der Wasserkörper, der auf den nationalen Ansätzen basiert, geht hervor, dass die Ergebnisse stark von den unterschiedlichen Orientierungs- und Zielwerten für die Wasserkörper im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets beeinflusst werden. Bei Gesamtphosphor fällt die Zustandsbewertung der Wasserkörper im tschechischen Teil des Einzugsgebiets viel positiver aus, obwohl sich die Verteilungen der Datensätze in beiden Teilen des Einzugsgebiets statistisch nicht unterscheiden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für die Wasserkörper in Tschechien höhere Zielwerte festgelegt wurden. Genau umgekehrt ist die Situation bei der Bewertung von Nitratstickstoff. Im deutschen Teil des Einzugsgebiets wurde die Umweltqualitätsnorm (UQN) mit 11,3 mg/l Nitratstickstoff für das gesamte Gebiet einheitlich festgelegt. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets wurden die Zielwerte je nach Gewässertyp differenziert und gleichzeitig strenger ausgewiesen. Infolgedessen wurden die Ziele im tschechischen Teil des Einzugsgebiets von einem deutlich höheren Anteil an überwachten Wasserkörpern als im deutschen Teil verfehlt. Ähnlich ist die Situation auch bei den Grundwasserkörpern, für einige von ihnen wurden im tschechischen Teil des Einzugsgebiets wegen ihrer Verbindung mit Oberflächengewässern strengere Schwellenwerte festgelegt. Auch hier fällt die Gesamtbewertung für den tschechischen Teil des Einzugsgebiets weniger positiv aus: In Tschechien wird so für 50 % der Gebietsfläche ein schlechter Zustand der Wasserkörper dokumentiert, während im deutschen Teil des Einzugsgebiets hingegen nur 30 % der Fläche einen schlechten Zustand aufweisen. Deshalb wird empfohlen, beim Vergleich der absoluten Ergebnisse für die Zustandsbewertung der Wasserkörper in den beiden Teilen des Einzugsgebiets besondere Vorsicht walten zu lassen und die vorliegenden Ergebnisse angemessen zu interpretieren.

Im Kapitel 6 **„Zustandsbewertung und Defizitanalyse für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor an ausgewählten Messstellen im Hinblick auf Meeresschutzziele“** werden die überregionalen Anforderungen an die Nährstoffminderung erläutert. In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Nährstoffkonzentrationen und -frachten an Messstellen im Elbestrom und dessen wichtigen Nebengewässern beschrieben.

Aus der Bewertung der Messstellen in den Übergangs- und Küstengewässern geht hervor, dass in vier der fünf bewerteten Wasserkörper die Orientierungswerte für die jeweiligen Gewässertypen überschritten werden. Damit wird deutlich, dass der Nährstoffeintrag aus dem Binnenland zurzeit immer noch zu hoch ist und so die Erfüllung der für die Küsten- und Meeresgewässer festgelegten Ziele verhindert. Diese Feststellung wird auch von den Bewertungsergebnissen für die Messstelle Seemannshöft gestützt, die sich am Übergang zwischen dem limnischen und dem marinen Elbeabschnitt befindet. Obwohl die mittleren Jahreskonzentrationen für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor von 1997 – 2015 stark zurückgegangen sind, bleiben die aktuellen Konzentrationen auch weiterhin über dem Zielwert für die Messstelle Seemannshöft, der für Gesamtstickstoff mit 2,8 mg/l und für Ge-

samtphosphor mit 0,1 mg/l festgesetzt wurde. Ferner wurde bei der Entwicklung der Konzentrationen und Frachten ungefähr seit 2010 sowohl bei Gesamtstickstoff als auch bei Gesamtphosphor eine Trendwende registriert. Der deutliche Rückgang der Konzentrationen ist zum Stillstand gekommen und seitdem schwanken die Konzentrationen in den einzelnen Jahren erheblich. Die gleiche Entwicklung ist bei beiden Nährstoffen auch bei der Auswertung der abflussnormierten Frachten ersichtlich.

Eine detaillierte Sicht auf die Entwicklung der Stoffströme und die Quellbereiche von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor liefert die Stoffstrombilanz im Längsschnitt der Elbe unter Berücksichtigung ihrer bedeutendsten Nebenflüsse. Dabei wird der 5-Jahres-Zeitraum 1997 – 2001 vor Beginn der WRRL mit dem 5-Jahres-Zeitraum 2011 – 2015 verglichen. Bei Gesamtphosphor trat an vielen Messstellen ein erheblicher Rückgang von 40 bis 50 % ein. Positiv festzuhalten ist, dass die Frachten besonders in den Teilen des Einzugsgebiets und in den bedeutenden Nebenflüssen stark gesunken sind, die in der Vergangenheit einen Großteil der Gesamtfracht bildeten. Als Beispiel können die Moldau und die Havel dienen, in denen sich die Fracht um 53 bzw. 41 % reduziert hat. Zu einer deutlichen Verringerung kam es auch an der Bilanzmessstelle Schmilka/Hřensko, wo die Gesamtfracht zwischen den beiden Zeiträumen auf die Hälfte zurückging. Eine weniger markante Reduzierung der Phosphorbelastung wurde an der Bilanzmessstelle Seemannshöft verzeichnet, wo sich die Gesamtphosphorfracht um 26 % verminderte. Aus dem Vergleich der beiden Bilanzmessstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft geht hervor, dass der Anteil der Gesamtphosphorfracht vom Gebiet Tschechiens im Zeitraum 1997 – 2001 annähernd 58 % ausmachte und im Zeitraum 2011 – 2015 auf 39 % zurückging. Die für die Bilanz bedeutsamsten Nebenflüsse im gesamten Einzugsgebiet sind zurzeit die Moldau, die Saale und die Havel.

Anders stellen sich die Frachtveränderungen bei Gesamtstickstoff dar. An den meisten Messstellen ist zwischen den beiden Zeiträumen eine Verminderung von oft um die 20 % ermittelt worden. Der größte Rückgang der Frachten im Bereich von 30 % ist im Einzugsgebiet der Mulde eingetreten, eine Reduzierung um annähernd 20 % wurde in den Einzugsgebieten der Jizera, der Moldau, der Schwarzen Elster und der Saale registriert. Eine klar erkennbare Verminderung der Gesamtstickstofffracht im Bereich von 30 % wurde auch im Teil des Einzugsgebiets der Elbe zwischen den Messstellen Magdeburg und Seemannshöft festgestellt. Die Verringerung der Frachten an den Bilanzmessstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft betrug 21 bzw. 34 %. Der Anteil der Gesamtstickstofffracht vom Gebiet Tschechiens machte im Zeitraum 1997 – 2001 annähernd 46 % aus und stieg im Zeitraum 2011 – 2015 auf 54 %. Die für die Bilanz bedeutsamsten Nebenflüsse im gesamten Einzugsgebiet sind zurzeit die Moldau, die Saale, die Mulde sowie die Elbe oberhalb der Moldaumündung.

Einen interessanten Vergleich des Einflusses der einzelnen Teile des Einzugsgebiets liefert die Bewertung der spezifischen Frachten der Nährstoffe. Die Umrechnung der Stoffströme von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor auf die Fläche ermöglicht die Bestimmung der entscheidenden Quellgebiete der Nährstoffe im Einzugsgebiet. Für Gesamtphosphor wurden im Zeitraum 2011 – 2015 die höchsten spezifischen Frachten in den Einzugsgebieten der Mulde, der Orlice, der Elbe bis zur Messstelle Valy und in der Elbe zwischen den Messstellen Děčín und Dommitzsch ermittelt. Am wenigsten belastend wirken hingegen die Einzugsgebiete der Schwarzen Elster, der Eger und der Havel. Die spezifische Belastung der Bilanzmessstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft ist sehr ähnlich und beträgt etwa 0,03 t Phosphor pro km² pro Jahr. Für Gesamtstickstoff wurden die höchsten spezifischen Frachten im Zeitraum 2011 – 2015 in den Einzugsgebieten der Orlice, der Mulde, der Jizera, der Elbe bis zur Moldaumündung, in der Elbe zwischen den Messstellen Děčín und Dommitzsch sowie in der Saale ermittelt. Am wenigsten belastet sind die Einzugsgebiete der Havel und der Schwarzen Elster. Die spezifische Belastung an den Bilanzmessstellen ist mit 0,9 t Stickstoff pro km² pro Jahr in Schmilka/Hřensko und 0,6 t Stickstoff pro km² pro Jahr in Seemannshöft sehr unterschiedlich.

Kapitel 7 „**Nährstoffquellen und Eintragspfade**“ fasst die Ergebnisse der Analyse der wesentlichen Nährstoffquellen und der Eintragspfade in die Gewässer in den beiden Teilen des Einzugsgebiets der Elbe zusammen. In Deutschland wurden die Nährstoffeinträge und -quellen modellgestützt quantifiziert. In Tschechien erfolgt dies mit gezielten Monitoringprogrammen.

Im deutschen Teil des Einzugsgebiets wurden anhand der Modellierung von Gesamtstickstoff als wichtigste Nährstoffeintragspfade in die Gewässer das Grundwasser/Interflow (durchschnittlich 40 bis

55 %) und Dränagen (durchschnittlich 25 %) identifiziert. In den verschiedenen Naturräumen mit unterschiedlichen hydrogeologischen und hydrologischen Bedingungen ändert sich der Anteil der Dränagen an der Gesamtfracht. Die anderen Eintragspfade inkl. der Einträge aus Punktquellen sind in den meisten Gebieten unbedeutend. Aus dem oben Genannten wird deutlich, dass im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe die Hauptquelle der Gewässerbelastung mit Stickstoff die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Böden und die Ableitung der Bilanzüberschüsse über das Grundwasser und die Dränagen in die Oberflächengewässer sind. Differenzierter sind die Modellierungsergebnisse der Gesamtphosphoreinträge. Diese unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Struktur der Quellen in den einzelnen Teilen des Einzugsgebiets als auch unter dem Aspekt der natürlichen Gegebenheiten und der hydrologischen Merkmale des Einzugsgebiets. Aus der Gesamtbewertung des deutschen Teils des Einzugsgebiets der Elbe lässt sich der Schluss ziehen, dass ungefähr 50 % aller Quellen Punktquellen und Phosphorfrachten aus urbanen Gebieten sind. In einigen Bundesländern macht die Phosphorfracht über das Grundwasser oder den Drainageabfluss einen erheblichen Teil aus (Brandenburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein). Dort erhöht sich der Anteil der Fracht im Vergleich zu den anderen Pfaden auf 40 bis 60 %. Damit wird deutlich, dass im größeren Teil des Einzugsgebiets der Elbe in Deutschland Punktquellen und urbane Gebiete die wichtigste Phosphorquelle sind, in Tieflandgebieten zeigen sich mehr Einträge aus diffusen Quellen, die mit spezifischen natürlichen Gegebenheiten und der Landwirtschaft zusammenhängen.

Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurde die Bedeutung der Belastungsquellen anhand gezielter Monitoringprogramme in Pilotgebieten analysiert. Für Gesamtstickstoff wurde ermittelt, dass die landwirtschaftlichen Einträge mit 75 bis 85 % stark dominieren. Der Einfluss der Punktquellen ist in der Mehrzahl der Gebiete sehr gering und bildet meistens 10 bis 20 % der Gesamtfracht. Ganz anders ist die Situation bei Gesamtposphor. Ein Teil des Phosphors aus den Quellen für die Fracht bis zur Messstelle Schmilka/Hřensko wird von bedeutenden Talsperren zurückgehalten (insbesondere Moldaukaskade an der Moldau, Nechanice an der Eger, Švihov an der Želivka und Seč an der Chrudimka). Das Einzugsgebiet oberhalb dieser Talsperren bildet ca. 40 % des tschechischen Teils des Elbegebiets. Im restlichen Teil des Einzugsgebiets wird aus umfangreichen und detaillierten Studien sowie aus der monitoringgestützten Abgrenzung der Quellen deutlich, dass die wichtigste Phosphorquelle in Kläranlagen gereinigtes bzw. nach ungenügender Behandlung eingeleitetes kommunales Abwasser aus kleinen und mittelgroßen Kommunen ist. Sein Anteil an der Gesamtposphorfracht bewegt sich je nach Charakter des Gebiets zwischen 70 und 80 %. Die Höhe des Einflusses der diffusen Quellen wurde anhand eines umfangreichen Monitorings von rein landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten, die nicht durch andere Quellen beeinflusst sind, quantifiziert. Im überwiegenden Teil der Fläche sind diese Quellen an der Gesamtposphorfracht aus dem Gebiet nur mit 10 bis 20 % beteiligt. Aus dem Vergleich des deutschen und des tschechischen Teils des Einzugsgebiets geht hervor, dass Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Stickstoffverbindungen in die Gewässer in Deutschland und Tschechien auf die Behandlung der diffusen Quellen und hier insbesondere auf die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen auszurichten sind. Bei den Phosphoreinträgen ist die Situation in jedem der Staaten unterschiedlich. Während in Deutschland sowohl Punktquellen als auch diffuse Quellen von Bedeutung für Maßnahmen sind, sind die Maßnahmen in Tschechien ausschließlich auf die Punktquellen auszurichten.

Im Kapitel 8 „**Maßnahmen zur Reduzierung des Nährstoffeintrags**“ werden Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Verringerung der Nährstoffeinträge beschrieben. Eine effiziente Strategie setzt gleichzeitig an unterschiedlichen Punkten an. Die Schwerpunktsetzung erfolgt je nach naturräumlicher Ausstattung und sozioökonomischen Bedingungen in Abhängigkeit von den Anteilen der punktuellen und diffusen Belastungen. Ein erster Ansatzpunkt sind Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft. Sie haben zum Ziel, Nährstoffentzug und Nährstoffzufuhr im Gleichgewicht zu halten. Ein zweiter Ansatzpunkt sind Maßnahmen im Bereich der Behandlung von Abwasser und Siedlungswasser. Sie werden mit dem Ziel, die Behandlung an den Stand der Technik anzupassen, durchgeführt. Drittens werden die Nährstoffkonzentrationen durch die Stärkung des Stoffrückhaltungspotenzials vermindert. Zu dieser Gruppe zählen Maßnahmen wie die Wiederherstellung von Feuchtgebieten und die Remäandrierung von Fließgewässern. Ein vierter Ansatzpunkt besteht in der Verbesserung der Luftreinhaltung mit dem Ziel, Stoffeinträge über die atmosphärische Deposition zu vermindern. Hierzu gehören Maßnahmen, die den Eintrag von Stickstoffverbindungen aus Verbrennungsprozessen z. B. für Energiegewinnung oder Verkehr vermindern.

Für diese Ansatzpunkte werden grundlegende Informationen über deren Wirksamkeit im Hinblick auf die Reduzierung der Nährstoffeinträge und den Effekt der Maßnahmen in zeitlicher Hinsicht gegeben.

Anhand von 28 Fallbeispielen aus Deutschland und Tschechien wird gezeigt, dass in vielen Fällen bereits wirksame Maßnahmen durchgeführt werden. Die Beispiele können Ideen liefern, welche Maßnahmen unter den gegebenen sozioökonomischen Bedingungen besonders geeignet sind. Hierzu zählen auch Informations- und Beratungsangebote.

Kapitel 9 gibt „**Empfehlungen zur Erreichung der Ziele im Grundwasser, in den Binnengewässern und beim Meeresschutz**“. In diesem Kapitel werden die Themen Minderungsbedarf und Maßnahmen zusammengeführt. Die Potenziale einzelner Maßnahmen zur Minderung der Stickstoff- und Phosphoreinträge zur Zielerreichung werden abgeschätzt und weitere konzeptionelle Handlungserfordernisse benannt.

Am Grenzprofil der Elbe Schmilka/Hřensko zwischen Tschechien und Deutschland besteht ein Minderungsbedarf der abflussnormierten Gesamtstickstofffracht von 15 011 t/a, dies entspricht einem Minderungsbedarf von 33 %, und der abflussnormierten Gesamtphosphorfracht von 579 t/a oder entsprechend 38 %.

An der Messstelle Seemannshöft ergab sich ein Minderungsbedarf der abflussnormierten Gesamtstickstofffrachten von 17 800 t, dies entspricht einem Minderungsbedarf von 21 %.

Für die Fließgewässer im Binnenland wurde ein Minderungsbedarf der abflussnormierten Phosphorfrachten von 1 358 t/a ermittelt.

Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe besteht ein Minderungsbedarf der Stickstoffeinträge aus dem Boden in das Sickerwasser des Grundwassers von mindestens 31 000 t.

Um die notwendigen Minderungen der Stickstoff- und Phosphoreinträge und damit die Umweltziele der WRRL und der MSRL zu erreichen, wird empfohlen folgende zehn Maßnahmen koordiniert umzusetzen. Die Maßnahmen des 10-Punkte-Plans stehen dabei gleichwertig nebeneinander. Nur durch eine gemeinsam an verschiedenen Stellen ansetzende Bewirtschaftungsplanung lassen sich die Ziele zur Eintragsminderung erreichen:

1. Abwasserbehandlung an den Stand der Technik anpassen
2. Abwasserbehandlung im ländlichen Raum verbessern
3. Gesetzliche Emissionsvorgaben für Nährstoffe aus Abwasser novellieren
4. Düngeverordnung konsequent umsetzen
5. Stoffrückhaltung in der Fläche und in Gewässersystemen verbessern
6. Öffentliche Flächen gewässerschonend bewirtschaften
7. Phosphorvorräte in den Böden einheitlich bewerten
8. Stoffliches Gewässermonitoring weiter verbessern
9. Nährstoffmodellierung langfristig weiter verbessern
10. Nährstoffeintragsminderungsbedarfe in der Öffentlichkeit wirksam kommunizieren

Damit die Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet der Elbe zukünftig wirksam verringert werden, ist es grundsätzlich notwendig, die Gesellschaft stetig über die Vorteile eines ganzheitlich orientierten Gewässerschutzes zu informieren. Im Rahmen dieser Kommunikation ist es auch erforderlich, dass die allgemein anerkannten Grundsätze einer nachhaltigen Entwicklung mit den Eckpfeilern Kreislaufwirtschaft und allgemeiner Ressourcenschutz beachtet und umgesetzt werden.

Auf Basis der „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ müssen nun in der Folge die empfohlenen Maßnahmen des 10-Punkte-Plans in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe konkretisiert und in ihrer Umsetzung koordiniert werden.

2. Einleitung

Die Ad-hoc-Expertengruppe „Nährstoffe“ (NP) der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) hat diese Strategie erarbeitet, weil die Nährstoffkonzentrationen in vielen Wasserkörpern des Grundwassers und der Oberflächengewässer so hoch sind, dass sie bisher die Zielerreichung der WRRL und der MSRL verhindern. Die durch den hohen Nährstoffgehalt bedingte Eutrophierung der Gewässer wirkt sich negativ auf die aquatischen Biozönosen aus, indem typspezifische Arten verdrängt werden. Einige biologische Qualitätskomponenten reagieren auf die Eutrophierung besonders sensibel, wie z. B. benthische Diatomeen (Aufwuchs-Kieselalgen) und submerse Makrophyten.

Die Belastung der Gewässer mit den Nährstoffen Stickstoff und Phosphor erfolgt sowohl aus diffusen als auch punktuellen Quellen, wobei Einträge aus diffusen Quellen vorwiegend aus der Landwirtschaft sowie untergeordnet aus Niederschlagswasserabflüssen von Siedlungs- und Verkehrsflächen und Einträge aus Punktquellen vorrangig aus der Abwasserbehandlung stammen (DWA 2016). Stoffeinträge aus diffusen Quellen unterliegen in der Regel einer Transformation, die z. B. auf die Bodenpassage zurückzuführen ist. Die relativen Anteile der diffusen und punktuellen Einträge hängen wesentlich vom Grad der Abwasserbehandlung sowie der Bevölkerungsdichte und -struktur ab und unterscheiden sich sowohl zwischen Deutschland und Tschechien als auch in den deutschen Bundesländern bzw. den tschechischen Verwaltungseinheiten. Diffuse Nährstoffeinträge gelangen je nach naturräumlichen Bedingungen wiederum über unterschiedliche Eintragspfade in die Oberflächengewässer und somit in die Nordsee. Aus der Sicht des Grundwassers ist die landwirtschaftliche Nutzung die kritische Nährstoffeintragsquelle, weniger beteiligt sind auch diffuse Belastungen aus Siedlungen. Der Hauptnährstoff, der die Nutzung des Grundwassers für Trinkwasserzwecke und über seinen Abfluss in die Oberflächengewässer auch die Erreichung ihres guten ökologischen Zustands einschränkt, ist Stickstoff, und zwar vor allem als Nitrat.

Da Nährstoffeinträge vielfältige Ursachen, Quellen und Eintragspfade haben und sie gleichzeitig wesentlich dafür verantwortlich sind, dass die Ziele europäischer Wasserrichtlinien nicht erreicht werden, ist es notwendig, diese Belastung im internationalen Einzugsgebiet der Elbe durch eine wissenschaftlich fundierte „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ nachhaltig zu verringern.

Die Minderung der Nährstoffeinträge aus dem landwirtschaftlichen Bereich trägt außerdem zur Erreichung der Ziele der Nitratrichtlinie (91/676/EWG) und die aus Punktquellen zur Erreichung der Ziele der Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) bei. Ferner dient die Minderung der Nährstoffeinträge der Zustandsverbesserung der nach der Richtlinie über die Qualität der Badegewässer (2006/7/EG) ausgewiesenen Badegewässer und der Erreichung der Umweltziele in dem Teil des Gebiets von Natura 2000 (92/43/EWG).

Sauberes Wasser ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass Grund- und Oberflächenwasser für etwa 24,4 Millionen Einwohner im Einzugsgebiet der Elbe als Trinkwasser genutzt werden können. Gleichzeitig haben saubere Flüsse, Seen und Küstengewässer als Badegewässer eine wichtige Funktion für die Naherholung und den Tourismus, der an der Küste und in Seenlandschaften auch wirtschaftlich bedeutsam ist. Ökologisch sind saubere, nicht eutrophierte Gewässer bedeutsam, weil in ihnen eine vielfältige Flora und Fauna lebt und weil sie die Grundvoraussetzung für die Stabilität der aquatischen Ökosysteme sind.

Die „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebiets-einheit Elbe“ gliedert sich in zehn Kapitel. Im Kapitel „Eutrophierung“ (Kapitel 3) wird die Wirkung eines übermäßigen Nährstoffangebots auf aquatische Lebensgemeinschaften erläutert. Anschließend werden „Monitoring und Bewertung der Nährstoffe“ (Kapitel 4) in Deutschland und Tschechien für die Oberflächengewässer und das Grundwasser charakterisiert. In den Kapiteln „Zustandsbewertung und Defizitanalyse“ (Kapitel 5 und 6) wird getrennt nach den Gewässerkategorien der Handlungsbedarf zur Minderung der Stickstoff- und Phosphoreinträge auf Grundlage aktueller Daten beschrieben. Im folgenden Kapitel werden die „Nährstoffquellen und Eintragspfade“ (Kapitel 7) mit Daten aus Monitoringprogrammen und Modellergebnissen dargestellt und räumliche Schwerpunkte für besonders be-

deutliche Eintragungspfade und -quellen charakterisiert. Darauf aufbauend werden „Maßnahmen zur Reduzierung des Nährstoffeintrags“ (Kapitel 8) in den Bereichen:

1. Abwasser- und Siedlungswasserwirtschaft,
2. Landbewirtschaftung,
3. Stoffrückhaltung,
4. Monitoring und Bewertung,
5. Information und Bildung

aufgezeigt und mit Fallstudien erfolgreicher Maßnahmenumsetzung untermauert. Abschließend folgen zwischen Deutschland und Tschechien abgestimmte „Empfehlungen“ (Kapitel 9) geplanter und ökologisch notwendiger Maßnahmen zur Erreichung der Ziele im Grundwasser, in den Binnengewässern und beim Meeresschutz. Da die Anteile Polens und Österreichs am Gesamteinzugsgebiet der Elbe nur 0,2 % bzw. 0,6 % betragen, werden die damit verbundenen Nährstoffeinträge und Maßnahmen vernachlässigt.

Im aktualisierten Bewirtschaftungsplan für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Zeitraum 2016 – 2021 wurde ermittelt, dass die Stickstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet der Elbe in die Nordsee insgesamt um etwa 30 000 t oder um 18 % und die Phosphoreinträge um etwa 38 % gemindert werden müssen. Für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum wird erwartet, dass die geplanten Maßnahmen am Grenzprofil Schmilka/Hřensko die Stickstoffeinträge um 8,5 % und die Phosphoreinträge um 6,1 % sowie an der Bilanzmessstelle Seemannshöft die Stickstoffeinträge um 7,3 % und die Phosphoreinträge um 6,1 % mindern werden.

Die aktuellen Auswertungen stützen die bisher ermittelten Minderungsbedarfe; konkret sind nach Auswertung der Zeitreihen 2011 – 2015 für die Küstengewässer 17 800 t Stickstoff, für die Binnengewässer 1 358 t Phosphor und für das Grundwasser mindestens 31 000 t Stickstoff zu reduzieren.

Auf der Basis der vorliegenden Strategie werden die Maßnahmen für den dritten Bewirtschaftungszeitraum geplant und die Wirkungsabschätzungen aktualisiert.

3. Eutrophierung

3.1 Wirkung von übermäßigem Nährstoffangebot auf aquatische Lebensgemeinschaften

Eutrophierung wird als Prozess der Zunahme der Produktion von organischen Stoffen im Wasser definiert, die vor allem infolge eines erhöhten Eintrags von Nährstoffen, insbesondere Phosphor und Stickstoff erfolgt (OECD 1982). Unterschieden wird dabei zwischen der natürlichen Eutrophierung, deren Hauptursache die Abschwemmung der Nährstoffe aus dem Boden sowie der Abbau toter Organismen ist, und der anthropogenen Eutrophierung, bei der die übermäßige Anreicherung des Wassers mit Nährstoffen durch Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten verursacht wird, und zwar insbesondere durch:

- Einleitungen von kommunalem und industriellem Abwasser in Gewässer (Einleitungen von ungereinigtem bzw. nicht ausreichend gereinigtem Abwasser, Entlastungssysteme der Mischwasserkanalisationssysteme, hohe Phosphorgehalte im Abwasser, z. B. bei der Verwendung von phosphorreichen Waschmitteln für industrielle Zwecke),
- Abschwemmungen, Erosion, Austrag über Dränagen und Auswaschung der Nährstoffe aus gedüngten bzw. bearbeiteten landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- intensive wirtschaftliche Nutzungen der Gewässer (Fischfütterung und Düngung von Fischteichen, Nutzung für die Erholung, Schifffahrt).

Die Einträge von Stickstoff und Phosphor in aquatische Ökosysteme stammen sowohl aus Punktquellen, die klar lokalisiert und einfacher zu überwachen sind, als auch aus flächenhaften (diffusen) Quellen, die schwieriger aufzufinden, zu quantifizieren bzw. zu regulieren sind. Das relative Verhältnis dieser zwei Quellentypen kann sich in einzelnen Einzugsgebieten wesentlich voneinander unterscheiden, und zwar in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte und weiterer sozioökonomischer Rahmenbedingungen, den geologischen Gegebenheiten sowie Land- und Bodennutzungen.

Ein messbarer Anzeiger für Eutrophierung ist das Phytoplankton. Dieses besteht hauptsächlich aus Grünalgen, Kieselalgen und Cyanobakterien. Die Eutrophierung verändert signifikant die Struktur der aquatischen Lebensgemeinschaften. Eutrophe Gewässer sind zwar hoch produktiv, produzieren also viel Biomasse, die vorherrschenden Bedingungen sind jedoch nur für einen kleinen Teil der Organismen von Vorteil. Allgemein gilt, dass mit der Zunahme der Biomasse gleichzeitig die Biodiversität und die Widerstandsfähigkeit gegenüber externen Störungen und damit die Ökosystemstabilität insgesamt geschwächt werden (Cleland 2011; HELCOM 2009).

Erhöhte Nährstoffgehalte in Gewässern können von Grünalgen, Kieselalgen und Cyanobakterien (allgemein Phytoplankton) sowie einigen Arten höherer Pflanzen am besten genutzt werden. Eine bekannte Erscheinungsform dieses Prozesses ist die Massenentwicklung von Phytoplankton in Form von Algenblüten oder Eintrübung des Gewässers durch sonstiges Phytoplankton.

Eine weitere negative Folge des erhöhten Phytoplanktonvorkommens ist die Störung des Sauerstoffhaushalts. Das resultierende Massensterben der entstandenen Biomasse verursacht eine Abnahme der Sauerstoffkonzentration, denn Sauerstoff wird in erhöhtem Maße durch Bakterien beim Abbau der Algenbiomasse verbraucht. Die Abnahme des Sauerstoffgehalts im Wasser kann zum Sterben von Fischen und wirbellosen Organismen führen. Zum Absterben höherer Organismen kann es jedoch auch bereits in den Anfangsphasen einer Algenblüte kommen, wenn die Cyanobakterien bzw. Grünalgen oder Pflanzen intensiv wachsen und dabei der pH-Wert steigt und toxische Formen von Stickstoffverbindungen entstehen.

Durch die massive Entwicklung von Biomasse der Primärproduzenten kommt es zu Einschränkungen bei der Durchdringung des für die an der Sohle lebenden Organismen verfügbaren Sonnenlichts, was auch zur Störung des Sauerstoffhaushalts führt. Unterhalb der Wasseroberfläche werden durch photosynthetische Aktivität sauerstoffübersättigte Bedingungen mit hohem pH-Wert gebildet.

Während des Tages wird Sauerstoff durch autotrophe Organismen produziert, über die Nacht nimmt der gelöste Sauerstoff jedoch aufgrund ihrer Respirationsaktivität ab. Infolgedessen entsteht im Wasser, insbesondere in den frühen Morgenstunden, ein nahezu anoxischer (sauerstoffarmer) Zustand,

der für andere Organismen tödlich sein kann. Beim mikrobiellen Abbau abgestorbener Biomasse kann der gesamte gelöste Sauerstoff vollkommen aufgebraucht werden, womit es zur Entstehung hypoxischer oder anoxischer „Dead Zones“ kommt. Solche Zonen finden sich im Sommer in zahlreichen Süßwasserseen oder Talsperren. In den Meeren und Ozeanen sind durch anoxische Bedingungen insbesondere sessil lebende Organismen betroffen. Absterben können dabei auch Fische und Organismen der Sohle, falls es ihnen nicht gelingt, diese Zonen zu verlassen.

Die Konzentration von Chlorophyll-a ist ein Indikator für die aktive Phytoplanktonbiomasse. In der Elbe werden in Schmilka/Hřensko sommerliche Höchstwerte von über 150 µg/l erreicht. In Schnackenburg steigen die Werte im Sommer auf nahezu 300 µg/l an. Im Vergleich z. B. mit dem Rhein liegen die sommerlichen Werte in der Elbe in einzelnen Jahren zum Teil um den Faktor zehn höher und verdeutlichen die Problematik der Binneneutrophierung im Elbestrom. Fischer (2015) diskutiert, dass neben abiotischen Faktoren, wie der Aufenthaltszeit des Phytoplanktons im Gewässersystem oder Licht- und Nährstoffverhältnissen, in Standgewässern auch der Fraßdruck auf die Algenpopulationen eine wichtige Rolle spielt. Die Entwicklung des Phytoplanktons im Elbestrom kann durch externe Einflüsse, z. B. in den Nebenflüssen oder im Einzugsgebiet, wesentlich beeinflusst werden. In Fließgewässern kann eine hohe Phytoplanktondichte die Zusammensetzung des Makrozoobenthos verändern und damit auch zu degradierten Gemeinschaften führen.

Mit zunehmender Erwärmung bildet sich im Mündungstrichter der Elbe in der Vegetationsperiode ein „Sauerstofftal“ aus, das im Hochsommer den kritischen Wert von 3 mg/l Sauerstoff teilweise unterschreitet. Wanderwillige Fische können diesen Bereich nicht mehr oder nur noch zum Teil durchschwimmen. Neben hydromorphologischen Veränderungen durch wasserbauliche Eingriffe ist die Sekundärverschmutzung durch die abgestorbene Biomasse, die sich aufgrund einer übermäßigen Nährstoffbelastung oberhalb des Wehres Geesthacht massenhaft in der Oberen und Mittleren Elbe entwickeln kann, eine weitere wichtige Einflussgröße bei der Ausprägung des Sauerstofftals und damit ein weiterer deutlicher Hinweis auf die Bedeutsamkeit der Eutrophierungsproblematik (FGG Elbe 2017).

In der Nordsee kommt es mitunter bei Erschöpfung von Silikat und auch Phosphat, aber noch ausreichendem Stickstoffangebot nach einer Kieselalgenblüte, zum massenhaften Auftreten von Algen der Gattung *Phaeocystis*, die in der Lage ist, organische Phosphorverbindungen als Phosphorquelle zu nutzen (BLMP-AG EG-WRRL 2007; Admiraal und Veldhuis 1987). Neben den negativen Auswirkungen auf das Nahrungsnetz führt das Massenvorkommen dieser auch als „Schaumalge“ bezeichneten Gattung, ähnlich wie bei den Cyanobakterien, zu starker Schaumentwicklung an den Stränden.

Auch in Talsperren kommt es zur Eutrophierung in der Regel in den Sommermonaten, also im Zeitraum mit genügend Wärme und Licht. Eine der Konsequenzen der Eutrophierung ist auch das verminderte Selbstreinigungsvermögen der Gewässer und Talsperren.

Die Auswirkungen der Eutrophierung verursachen Schwierigkeiten bei der Trinkwasseraufbereitung, wenn es zur Verschlechterung sensorisch beurteilbarer Eigenschaften des aufbereiteten Wassers, zur sekundären mikrobiellen Belastung oder zur Freisetzung hygienisch bedenklicher Stoffe ins Wasser kommt. Eine massive Entwicklung von Cyanobakterien kann sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken, wenn der Körper beim Baden mit Toxinen von Cyanobakterien (Cyanotoxinen) in Kontakt kommt oder bei der Wasseraufnahme.

3.2 Limitierende Nährstoffe in Seen, Fließgewässern und Küstengewässern

In aquatischen Ökosystemen wird das Algen- und Pflanzenwachstum durch unterschiedliche Nährstoffe limitiert. Nach Redfield (Redfield et al. 1963) beträgt das für das Phytoplanktonwachstum optimale Verhältnis von Stickstoff zu Phosphor 16 Mol N zu 1 Mol P bzw. 7 g N zu 1 g P (7 : 1 bei Masse). Entsprechend deutet ein erheblich niedrigeres N/P-Verhältnis auf eine mögliche Stickstoff-Limitierung der Phytoplankton-Primärproduktion hin, während ein höheres N/P-Verhältnis für eine mögliche Phosphorlimitierung spricht (BLMP-Ad-hoc-AG Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee 2014). Allgemein gilt, dass übermäßige Nährstoffeinträge nicht nur die Binnengewässer und das Grundwasser beeinträchtigen, sondern dass sie durch Frachtkumulation auch den Zustand von Übergangs- und Küstengewässern sowie der Meere erheblich beeinflussen. In der Regel ist in Seen

die Konzentration an verfügbarem Phosphor der wachstumslimitierende Faktor. In tiefen geschichteten Seen ist das Epilimnion vom nährstoffreichen Tiefenwasser getrennt, so dass die Nährstoffe im Sommer nur begrenzt wachstumswirksam werden können. Am Boden können jedoch vor allem in eutrophen Seen unter anaeroben Bedingungen Phosphat und Ammonium aus der abgesunkenen Biomasse bzw. aus den Sedimenten zurückgelöst werden (seeinterne Düngung). Untersuchungen an lebendigen Organismen haben darüber hinaus gezeigt, dass saisonale Muster der Limitierung zwischen den Seen variieren können. Tiefe Seen des Norddeutschen Tieflandes waren überwiegend phosphorlimitiert, während die flachen polymiktischen Seen einen saisonalen Wechsel von Phosphorlimitierung im Frühling zu Stickstoff- und Lichtlimitierung im Jahresverlauf zeigten. Neben der Minimierung der Nährstoffeinträge ist die Bewirtschaftung von Seen so auszurichten, dass ein intaktes Nahrungsnetz erhalten bleibt. Naturnahe Uferstrukturen, Makrophytenvielfalt und ausreichend effektive Biofiltrierer im Zooplankton müssen durch Fischhegepläne und Lenkung der Freizeitnutzung sichergestellt werden, um eine Reeutrophierung zu verhindern (Kasprzak et al. 2007).

In Fließgewässern wird das Wachstum des Phytoplanktons neben der Wasserströmung ebenfalls durch die Phosphorkonzentration begrenzt. Dabei kann zeitweise auch eine sommerliche Stickstoff-Limitierung auftreten, wenn durch Stickstoff-Inkorporation durch Phytoplankton und andere Organismen der Vorrat an gelöstem Stickstoff in der Wassersäule erschöpft ist (Hecky und Kilham 1988; Conley 2000). Die üblicherweise auftretende Phosphor-Limitierung in Fließgewässern wird dadurch verursacht, dass Phosphor mit Eisen, Aluminium und Calcium sowie weiteren Kationen, aber auch mit Tonmineralen schwerlösliche Verbindungen eingeht und in strömungsarmen Bereichen, z. B. zwischen Buhnenfeldern, in Auen, Gräben oder Hafengebäcken durch Sedimentationsprozesse zurückgehalten wird (Reddy et al. 1999). In sommerlichen Niedrigwasserperioden kann es im Elbestrom neben der Phosphor-Limitierung auch zur Silizium-Limitierung kommen. Durch geringe Wasserführung und eine resultierende hohe Fließzeit hat das Phytoplankton eine lange Zeitspanne für das intensive Wachstum entlang der Fließstrecke zur Verfügung, in deren Verlauf sich das für das Phytoplankton verfügbare gelöste Silizium erschöpfen kann (Böhme et al. 2006).

In den Küstengewässern und Meeren wird die Primärproduktion vor allem durch Stickstoff begrenzt. Während Phosphor in Oberflächengewässern Fällungsreaktionen mit Eisen und anderen Kationen eingeht (gilt nicht für eisenarme Seen) und im Sediment vergleichsweise schwer remobilisierbar gespeichert wird, kommt es in den Küstengewässern und Meeren unter anaeroben Bedingungen im Sommer zur Sulfatreduktion bis hin zu Sulfiden. Dadurch werden die Konzentrationen der Eisenhydroxide, die Phosphor binden können, reduziert und Phosphat-Ionen freigesetzt. Ferner kommt es zu einer fast vollständigen Remobilisierung von Phosphor, das somit nicht mehr eutrophierungslimitierend wirkt (UBA 2004; BLMP-AG EG-WRRRL 2007). In den Übergangsbereichen, also in Ästuaren und Küstenzonen, sind die Verhältnisse komplizierter: Hier wechselt eine Phosphor-Limitierung im Frühjahr oft zu einer sommerlichen Stickstoff-Limitierung (BLMP-AG EG-WRRRL 2007). In marinen und ästuarinen Lebensräumen kann neben den Faktoren Licht, Phosphor und Stickstoff auch Silizium das Phytoplanktonwachstum limitieren. Silizium ist ein essenzielles Nährelement für Kieselalgen, die die größte marine Planktongruppe ausmachen. Wenn im Frühjahr genügend Licht zur Verfügung steht, bildet sich eine von Kieselalgen dominierte Algenblüte, deren Wachstum sich mit erschöpfendem Vorrat an Silikat im Laufe des Frühjahrs einstellt. Stehen aber in einem eutrophen Gewässer noch ausreichend Phosphor und Stickstoff zur Verfügung, entwickelt sich eine zweite, nicht durch Silikat limitierte Blüte mit Flagellaten als dominante Gruppe. Damit ist zwar Silizium ein limitierendes Nährelement, trägt jedoch im Gegensatz zu Stickstoff nicht zu den Eutrophierungseffekten wie Algenblüten und resultierender Sauerstoffzehrung bei (BLMP-AG EG-WRRRL 2007; BLMP-Ad-hoc-AG Nährstoffreduzierung des BLMP 2011).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Lebensgemeinschaften in Binnengewässern in entscheidender Weise durch Phosphor und in Küstengewässern in der Regel durch Stickstoff in ihrem Wachstum begrenzt werden. Die Ursache für die saisonal und lokal wechselnde Nährstofflimitierung liegt in den unterschiedlichen biogeochemischen Jahreszyklen von Stickstoff und Phosphor begründet. Dabei spielen die Prozesse Remobilisierung von Phosphor aus dem Sediment, Denitrifikationsverluste und der potenzielle Ausgleich von Stickstoffmangel durch Stickstofffixierung eine Rolle (Conley 2000; Klein 2008). Für die Kontrolle der Auswirkungen der Eutrophierung in den Gewässern als Ganzes, also unter Berücksichtigung des Süßwassers, der Übergangsgewässer und der Meere, ist daher eine Verringerung beider Nährstoffe gleichzeitig notwendig.

4. Monitoring und Bewertung der Nährstoffe

4.1 Monitoring und Bewertung der Nährstoffe in Tschechien

Monitoring der Oberflächengewässer und des Grundwassers

Die Programme zur Ermittlung und Bewertung des Zustands der Oberflächengewässer und des Grundwassers basieren auf nationalen Rechtsvorschriften, insbesondere dem Wassergesetz 254/2001 und den Durchführungsverordnungen 98/2011 und 5/2011. Diese Programme unterteilen sich in das Rahmenüberwachungsprogramm, das Überwachungsprogramm der Oberflächengewässer und das Überwachungsprogramm des Grundwassers.

Neben der die Vorgaben für die Zustandsbewertung der Wasserkörper umfassenden Überwachung der Oberflächengewässer und des Grundwassers verfügt Tschechien über ein spezielles auf die Vorgaben der Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratrichtlinie) ausgerichtetes Monitoring. Die Nitratrichtlinie wurde mit § 33 des Gesetzes 254/2001 der Gesetzsammlung über die Gewässer in nationales Recht umgesetzt. Der aufgeführte Paragraf definiert den Begriff „gefährdete Gebiete“.

Gefährdete Gebiete werden nur in einem Teil Tschechiens ausgewiesen und im 4-Jahres-Zyklus überprüft. Im Jahr 2016 lag der Anteil der gefährdeten Gebiete bei 41,9 % der Fläche Tschechiens. Die Grundlage bildet eine spezielle Überwachung der Oberflächengewässer in der Zuständigkeit der staatlichen Wasserwirtschaftsbetriebe Povodí. Das Monitoring gliedert sich in Hauptmessstellen, die jedes Jahr untersucht werden, und Nebenmessstellen, die im 4-Jahres-Zyklus untersucht werden, wobei die Untersuchungsdichte in den ausgewiesenen gefährdeten Gebieten höher ist. Das Monitoring des Grundwassers für die Nitratrichtlinie wird über die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit durch das Tschechische Hydrometeorologische Institut (ČHMÚ) gesichert.

Die meisten Gewässer werden in Übereinstimmung mit der WRRL überwacht. Als zusätzliche Datenquelle wird in Tschechien die Überwachung an Stellen mit Oberflächen- und Grundwasserentnahmen für die Trinkwasserversorgung genutzt.

Zustandsbewertung der Wasserkörper in Tschechien

Nährstoffe sind eine Komponente der Bewertung des ökologischen Zustands oder Potenzials der Oberflächenwasserkörper, und zwar sowohl für Flüsse als auch Seen, sowie für den chemischen Zustand der Grundwasserkörper.

Nährstoffverhältnisse

a) Oberflächengewässer – Fließgewässer

Die typologische Gliederung der Gewässer in Tschechien ist in der Verordnung des Umwelt- und des Landwirtschaftsministeriums 49/2011 der Gesetzsammlung über die Ausweisung von Oberflächenwasserkörpern geregelt. Die Typologie basiert auf vier Deskriptoren: Meereseinzugsgebiet, Höhenlage, geologischer Untergrund und Gewässerordnung nach Strahler. Die einzelnen Merkmale sind weiter in die in **Tab. 4-1** aufgeführten Kategorien untergliedert.

Auf dem Gebiet Tschechiens wurden gemäß den aufgeführten Dokumenten insgesamt 21 Zonentypen ausgewiesen, welche die ersten drei Merkmale umfassen. Anschließend wurde das Merkmal hinzugefügt, das die Gewässerordnung nach Strahler bestimmt, und damit erhöhte sich die Anzahl der Typen auf 47. Diese Ebene der Typologie, die alle vier in **Tab. 4-1** aufgeführten Merkmale umfasst, wird als Feingliederung bezeichnet. Diese Gliederung wurde beibehalten, im ursprünglichen vierstelligen Code des Typs wurde nur das Typologie-Merkmal „Meereseinzugsgebiet“ durch das Universalzeichen X ersetzt, das alle drei Meereseinzugsgebiete repräsentiert. Die endgültigen Typen für die Bewertung, von denen es 21 gibt, haben dann die Form X-B-C-D.

Tab. 4-1: Deskriptoren der Fließgewässertypen in Tschechien

Deskriptor	Position im vierstelligen Code	Anzahl der Kriterien des Deskriptors	Kriterium	Code des Kriteriums
Meereseinzugsgebiet	A	3	Nordsee	1
			Ostsee	2
			Schwarzes Meer	3
Höhenlage h [m ü. NN]	B	4	$h < 200$	1
			$200 \leq h < 500$	2
			$500 \leq h < 800$	3
			$h \geq 800$	4
Geologie	C	2	Kristallines Gestein und Vulkanite	1
			Sandstein, Tonstein, Quartär	2
Gewässerordnung nach Strahler	D	3	Bäche (Ordnung 1 – 3)	1
			Kleine Flüsse (Ordnung 4 – 6)	2
			Flüsse (Ordnung 7 – 9)	3

Für die Gewässer im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden auf der Grundlage ihrer Gliederung die typspezifischen Werte (Zielwerte) bestimmt, die als Vorgaben für den sehr guten (Grenze sehr guter/guter Zustand) bzw. den guten Zustand (Grenze guter/mäßiger Zustand) aufgeführt sind. Für den Parameter Gesamtphosphor ist für den guten Zustand je nach Typ ein Zielwert im Bereich von 0,05 bis 0,15 mg/l als Median festgelegt. Für den Parameter Nitratstickstoff ist die Grenze guter/mäßiger Zustand im Bereich von 3,4 bis 4,5 mg/l und für Ammoniumstickstoff im Bereich von 0,08 bis 0,23 mg/l jeweils als Median festgelegt – siehe **Tab. 4-2**. Die oben genannten Zielwerte wurden für die Zustandsbewertung der Wasserkörper im zweiten Bewirtschaftungszeitraum verwendet.

Für die Zustandsbewertung der Wasserkörper der Kategorie „Fluss“ für den dritten Bewirtschaftungszeitraum wird mit einer Verschärfung der Zielwerte für den guten Zustand entsprechend der Methodik vom Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk (Rosendorf et al. 2011) gerechnet. Diese Werte sind in **Tab. 4-2** kursiv und grau unterlegt hervorgehoben.

Tab. 4-2: Für die Bewertung der allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten des ökologischen Zustands der Oberflächenwasserkörper der Fließgewässer im zweiten Bewirtschaftungszeitraum in Tschechien verwendete Zielwerte für die Nährstoffe

Nährstoffverhältnisse	TP [mg/l]		PO ₄ -P [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]			NH ₄ -N [mg/l]		
	Median		Median	Median	Maximum	Median			
Modifizierter Typ des Oberflächenwasserkörpers der Kategorie „Fluss“	X-1-1-1	0,15	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	3,8	3,8	5,6	0,23	<i>0,15</i>
	X-1-1-2	0,15	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	4,5	3,8	5,6	0,23	<i>0,15</i>
	X-1-1-3	0,15	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	4,5	3,8	5,6	0,23	<i>0,15</i>
	X-1-2-1	0,15	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	3,8	3,8	5,6	0,23	<i>0,15</i>
	X-1-2-2	0,15	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	4,5	3,8	5,6	0,23	<i>0,15</i>
	X-1-2-3	0,15	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	4,5	3,8	5,6	0,23	<i>0,15</i>
	X-2-1-1	0,1	<i>0,05</i>	<i>0,035</i>	3,8	3,2	5,6	0,23	<i>0,1</i>
	X-2-1-2	0,15	<i>0,05</i>	<i>0,035</i>	4,5	3,2	5,6	0,23	<i>0,1</i>
	X-2-1-3	0,15	<i>0,05</i>	<i>0,035</i>	4,5	3,2	5,6	0,23	<i>0,1</i>
	X-2-2-1	0,1	<i>0,05</i>	<i>0,035</i>	3,8	3,2	5,6	0,23	<i>0,1</i>
	X-2-2-2	0,15	<i>0,05</i>	<i>0,035</i>	4,5	3,2	5,6	0,23	<i>0,1</i>
	X-2-2-3	0,15	<i>0,05</i>	<i>0,035</i>	4,5	3,2	5,6	0,23	<i>0,1</i>
	X-3-1-1	0,07	<i>0,045</i>	<i>0,03</i>	3,4	2,3	4,6	0,16	<i>0,08</i>
	X-3-1-2	0,1	<i>0,045</i>	<i>0,03</i>	3,8	2,3	4,6	0,16	<i>0,08</i>
	X-3-1-3	0,15	<i>0,045</i>	<i>0,03</i>	3,8	2,3	4,6	0,16	<i>0,08</i>
	X-3-2-1	0,07	<i>0,045</i>	<i>0,03</i>	3,4	2,3	4,6	0,16	<i>0,08</i>
	X-3-2-2	0,1	<i>0,045</i>	<i>0,03</i>	3,8	2,3	4,6	0,16	<i>0,08</i>
	X-4-1-1	0,05	<i>0,03</i>	<i>0,02</i>	3,4	1	1,4	0,08	<i>0,05</i>
X-4-1-2	0,05	<i>0,03</i>	<i>0,02</i>	3,4	1	1,4	0,08	<i>0,05</i>	
X-4-2-1	0,05	<i>0,03</i>	<i>0,02</i>	3,4	1	1,4	0,08	<i>0,05</i>	
X-4-2-2	0,05	<i>0,03</i>	<i>0,02</i>	3,4	1	1,4	0,08	<i>0,05</i>	

Kursiv und grau unterlegt sind die Werte der sog. strengeren Ziele hervorgehoben, die im nächsten Bewirtschaftungszeitraum zur Anwendung kommen.

b) Oberflächengewässer – Standgewässer

In Tschechien wurden alle Wasserkörper der Kategorie „See“ im Hinblick auf das Kriterium Größe (0,5 km²) als erheblich veränderte Wasserkörper – sog. HMWB (Talsperren, Fischteiche), ggf. als künstliche Wasserkörper – AWB (Bergbaufolgeseen) ausgewiesen, bewertet wird also das ökologische Potenzial. Insgesamt wurden in Tschechien unter Berücksichtigung der verwendeten Typologie 77 derartige Wasserkörper ausgewiesen.

Tab. 4-3: Deskriptoren der Typen der erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörper – Kategorie „See“ in Tschechien

Deskriptor	Position	Anzahl der Kriterien	Kriterium	Code
Höhenlage h [m ü. NN]	A	3	h < 200	1
			200 ≤ h < 700	2
			h ≥ 700	3
Geografische Breite [°]	B	1	48,63443 N ≤ geograf. Breite < 50,79530 N	1
Geografische Länge [°]	C	1	12,35094 O ≤ geograf. Länge < 18,53515 O	1
Maximale Tiefe [m]	D	2	maximale Tiefe < 13	1
			maximale Tiefe ≥ 13	2
Geologie	E	2	Kristallines Gestein und Vulkanite	1
			Sandstein, Tonstein, Quartär	2
Größe A [km ²]	F	1	A > 0,5	1
Mittlere Wassertiefe [m]	G	2	mittlere. Tiefe < 5	1
			mittlere Tiefe ≥ 5	2
Verweilzeit TRT [Jahre]	H	3	TRT ≤ 0,1	1
			0,1 < TRT < 0,5	2
			TRT ≥ 0,5	3

Die typspezifischen Konzentrationswerte (Zielwerte) für den Parameter Gesamtphosphor für das gute ökologische Potenzial wurden von den typspezifischen Grenzwerten in den Fließgewässern, die für das Wasser des Nebenflusses zur Anwendung kamen, nach der Methodik von Rosendorf abgeleitet (Rosendorf et al. 2011). Für die Berechnung der Konzentrationen von Gesamtphosphor in den einzelnen Speichertypen wurde die Beziehung für den Phosphorrückhalt in Seen nach Vollenweider genutzt, die für die Anwendung in Speichern korrigiert wurde (Hejzlar et al. 2006). Für die Bewertung der Konzentration von Gesamtphosphor werden die in der Nähe des Staudamms in einer Mischprobe aus dem Epilimnium während der Vegetationsperiode April bis Oktober ermittelten Daten genutzt. Die Bestimmungsgrenze der verwendeten Analysenverfahren für die Bestimmung des Parameters Gesamtphosphor muss gleich oder kleiner als 30 % der UQN für die entsprechenden Grenzwerte zwischen dem guten und dem mäßigen Potenzial in Tschechien sein.

Die Zielwerte für den Parameter Gesamtphosphor sind als Grenze für die Erreichung des guten ökologischen Potenzials festgelegt und bewegen sich je nach Wasserkörpertyp im Bereich von 0,015 bis 0,060 mg/l.

Tab. 4-4: Zielwerte für die Parameter der allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten des ökologischen Potenzials der Oberflächenwasserkörper der Standgewässer

Nährstoffverhältnisse	Charakteristischer Wert	Code des Wasserkörpertyps								
		1-B-C-D-E-F-G-1	1-B-C-D-E-F-G-2	1-B-C-D-E-F-G-3	2-B-C-D-E-F-G-1	2-B-C-D-E-F-G-2	2-B-C-D-E-F-G-3	3-B-C-D-E-F-G-1	3-B-C-D-E-F-G-2	3-B-C-D-E-F-G-3
TP Grenze gutes/mäßiges Potenzial [mg/l]	Mittelwert	0,060	0,040	0,030	0,040	0,030	0,020	0,025	0,020	0,015

c) Grundwasser

Die aktuelle Fassung der Verordnung 5/2011 der Gesetzsammlung über die Ausweisung von hydrogeologischen Rayons und Grundwasserkörpern, das Verfahren zur Zustandsbewertung des Grundwassers sowie Anforderungen an die Programme zur Ermittlung und Bewertung des Zustands des Grundwassers legt die Qualitätsnormen für die Parameter Nitrat in Höhe von 50 mg/l (entspricht 11,3 mg/l Nitratstickstoff) fest, laut den Bestimmungen des § 7 der erwähnten Vorschrift werden für Grundwasser mit direkt abhängigen Oberflächengewässern strengere, sog. Schwellenwerte festgelegt, und zwar im Bereich von 15,05 bis 19,92 mg/l (entspricht den Werten des ökologischen Zustands der Oberflächengewässer von 3,4 bis 4,5 mg/l Nitratstickstoff). Für den Parameter Nitrit ist der Wert 0,5 mg/l festgelegt (entspricht einem Wert von 0,15 mg/l Nitritstickstoff), für Ammonium-Ionen ist der Wert 0,21 bis 0,5 mg/l festgelegt (entspricht einem Bereich von annähernd 0,16 bis 0,39 mg/l Ammoniumstickstoff) und für Phosphate der Schwellenwert 0,5 mg/l (entspricht 0,163 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$).

4.2 Monitoring und Bewertung der Nährstoffe in Deutschland

Allgemeines

Für den deutschen Anteil des Einzugsgebiets der Elbe gelten für das Monitoring in den Oberflächengewässern und die Bewertung der Monitoringergebnisse die Vorgaben der novellierten Oberflächengewässerverordnung von 2016 (OGewV). Regelungen zu Nährstoffen auf Wasserkörperbene sind in Form von Orientierungswerten für allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten, die zur Einstufung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials genutzt werden, in § 5 festgelegt. Diese Orientierungswerte sind Zielgrößen, die nach allgemeinem Verständnis ein dem guten Zustand bzw. dem guten Potenzial entsprechenden Energie- und Stofffluss im jeweiligen Wasserkörper anzeigen. Gleichzeitig weist das aquatische Ökosystem in diesen Wertebereichen eine hohe Resilienz gegenüber Störungen und äußeren Einflüssen auf. Die relevanten Parameterwerte für den guten Zustand bzw. das gute Potenzial für Nährstoffe sind in der OGewV Anlage 7 in den Tabellen 2.12 für Fließgewässer, 2.2 für Seen und 2.3 für Übergangs- und Küstengewässer aufgeführt.

Darüber hinaus werden in § 14 der OGewV besondere Bewirtschaftungsziele für Stickstoff in den Flussgebietseinheiten zum Schutz der Meeresgewässer festgelegt. Für die in die Nordsee mündenden Flüsse wie die Elbe darf eine Gesamtstickstoffkonzentration von 2,8 mg/l am Grenzscheitel limnisch/marin als Jahresmittelwert nicht überschritten werden.

Mit dem Inkrafttreten der novellierten OGewV wurden die Vorgaben für die Überwachung bzw. das Monitoring weiter konkretisiert. Die Anforderungen an Überwachungsfrequenzen und -häufigkeiten sind in § 10 in Verbindung mit Anlage 10 vorgegeben. Der Nährstoffzustand wird im Wasserkörper mindestens einmal in sechs Jahren mit 4 bis 13 Probenahmen im jeweiligen Jahr überwacht. Bei vielen Wasserkörpern findet die Überwachung in einem geringeren Messintervall statt.

Für das Grundwasser gelten die Vorgaben der Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist (GrwV). In § 5 in Verbindung mit Anlage 2 GrwV sind die als Schwellenwerte bezeichneten Zielgrößen für die Nährstoffe Nitrat und Ammonium festgelegt. Der § 9 in Verbindung mit Anlage 4 GrwV beinhaltet Vorgaben für eine repräsentative Überwachung des chemischen Grundwasserzustands. Die Ermittlung des chemischen Grundwasserzustands erfolgt gemäß § 6 GrwV. Mit der Änderung der GrwV im Jahr 2017 (Erste Verordnung zur Änderung der GrwV vom 04.05.2017) sind nun auch die Nährstoffe ortho-Phosphat (PO_4^{3-}) und Nitrit in die Liste der Schadstoffe und Indikatoren mit einem festgelegten Schwellenwert aufgenommen worden.

Oberflächengewässer – Fließgewässer

Die Fließgewässer im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind zwei Ökoregionen mit 20 Gewässertypen bzw. Subtypen zugeordnet (**Tab. 4-5**). Darüber hinaus sind vier ökoregionunabhängige Gewässertypen ausgewiesen. Innerhalb dieser Typendifferenzierung variieren die Orientierungswerte als Anforderungen für den guten Zustand bzw. das gute Potenzial für die Phosphorverbindungen von $\leq 0,07$ mg/l bis $\leq 0,20$ mg/l für Phosphat-Phosphor ($\text{PO}_4\text{-P}$) und $\leq 0,10$ mg/l bis $\leq 0,30$ mg/l für Gesamtphosphor als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinanderfolgenden Kalenderjahren. Die Werte im oberen Bereich dieser Spannen gelten in der Regel für Gewässer der Marschen oder organisch geprägte Fließgewässer. Die Orientierungswerte für Ammonium-

stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) schwanken zwischen $\leq 0,10$ mg/l und $\leq 0,30$ mg/l. Die Vorgaben für Ammoniakstickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) und für Nitritstickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$) sind deutlich geringer und liegen zwischen ≤ 1 $\mu\text{g/l}$ und ≤ 2 $\mu\text{g/l}$ bzw. ≤ 30 $\mu\text{g/l}$ und ≤ 50 $\mu\text{g/l}$. Die differenzierten Vorgaben berücksichtigen vor allem den naturraumgeprägten Chemismus der Gewässer. Nitrat wird in der OGewV als prioritärer Stoff geführt, für den eine UQN von 50 mg/l (entspricht 11,3 mg/l Nitratstickstoff) gilt. Die Bewertung der Fließgewässer im deutschen Anteil des Einzugsgebiets der Elbe erfolgt auf der Grundlage von 63 Überblicksmessstellen und über 2 800 operativen Messstellen.

Tab. 4-5: Orientierungswerte für Stickstoff und Phosphor der Fließgewässer in Deutschland

Ökoregion	Typ	Bezeichnung	Anzahl der OWK in der FGE-D	o-PO ₄ -P [mg/l]	TP [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	NH ₃ -N [$\mu\text{g/l}$]	NO ₂ -N [$\mu\text{g/l}$]
9: Mittelgebirge, Höhe ca. 200 – 800 m und höher	5	Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche	362	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 1	≤ 30
	5.1	Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche	3	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 1	≤ 30
	6	Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche	123	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
	6 K	Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche (Keuper)	14	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
	7	Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche	11	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
	9	Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse	55	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 1	≤ 30
	9.1	Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse	9	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
	9.1 K	Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse (Keuper)	2	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
	9.2	Große Flüsse des Mittelgebirges	13	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
	10	Kiesgeprägte Ströme	2	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	≤ 2	≤ 50
14: Norddeutsches Tiefland, Höhe < 200 m	14	Sandgeprägte Tieflandbäche	457	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$ $\leq 0,20$	≤ 1 ≤ 2	≤ 30 ≤ 50
	15	Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	111	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50
	15 groß	Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	28	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50
	16	Kiesgeprägte Tieflandbäche	290	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$ $\leq 0,20$	≤ 1 ≤ 2	≤ 30 ≤ 50
	17	Kiesgeprägte Tieflandflüsse	52	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50
	18	Löss-lehmgeprägte Tieflandbäche	36	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50
	20	Sandgeprägte Ströme	13	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50
	22.1	Kleine und mittelgroße Gewässer der Marschen	74	$\leq 0,20$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	–	–
	22.2	Große Gewässer der Marschen	14	$\leq 0,20$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	–	–
	22.3	Ströme der Marschen	1	$\leq 0,20$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	–	–
Ökoregion-unabhängige Typen	11	Organisch geprägte Bäche	208	$\leq 0,10$	$\leq 0,15$	$\leq 0,10$ $\leq 0,20$	≤ 1 ≤ 2	≤ 30 ≤ 50
	12	Organisch geprägte Flüsse	28	$\leq 0,10$	$\leq 0,15$	$\leq 0,10$ $\leq 0,20$	≤ 1 ≤ 2	≤ 30 ≤ 50
	19	Kleine Niederungsflüsse in Fluss- und Stromtälern	727	$\leq 0,10$	$\leq 0,15$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50
	21 N	Seeausflussgeprägte Flüsse des Norddeutschen Tieflandes (Nord)	137	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	≤ 2	≤ 50

Oberflächengewässer – Seen

Für die über 350 Seen im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind Orientierungswerte für TP für den Grenzbereich gut/mäßig entsprechend unterschiedlicher trophischer Situationen vorgegeben (**Tab. 4-6**). Bei der Entwicklung der Orientierungswerte wurde bewusst auf „Grenzwerte“ verzichtet, da die angegebenen Übergangsbereiche den beobachteten Auslenkungen bei den Seen gerechter werden. Die Wertebereiche beziehen sich auf den Saisonmittelwert. Dabei werden je nach Höhenlage und Witterung Daten aus dem Zeitraum März/April bis Oktober/November berücksichtigt. Die Untersuchungsfrequenz sollte mindestens bei 6 Probenahmen im Jahr liegen. Das Untersuchungsintervall beträgt in der Regel 3 bzw. 6 Jahre.

Für den mesotrophen Zustand variieren die Werte zwischen 14 µg/l und 45 µg/l. In den Mittelgebirgs-lagen sind die Grenzbereiche insgesamt niedriger angesetzt als im Norddeutschen Tiefland. Bei den Flusseen hingegen liegen die Konzentrationen etwas höher. Im Vergleich zu den anderen europäischen Staaten befinden sich diese Werte im unteren Bereich der Orientierungswerte für die jeweiligen Seentypen (Phillips und Pitt 2015).

Die unterstützende Bewertung durch Orientierungswerte für Phosphor bezieht sich ausschließlich auf die Freiwasserzone der Seen und hat einen engen Bezug zum Trophiestatus und zur Bewertung mittels der Qualitätskomponente Phytoplankton. Die Einhaltung dieser Orientierungswerte kann auf die biologischen Qualitätskomponenten Fische, Makrozoobenthos und Makrophyten/Phytobenthos eine positive Wirkung ausüben, muss jedoch nicht den guten Zustand für die Biokomponenten herbeiführen, da die entsprechenden Bewertungsverfahren z. T. auf andere ökologisch wirksame Stressoren kalibriert sind.

Die Seen im deutschen Anteil des Einzugsgebiets der Elbe werden durch 84 Überblicksmessstellen und 441 operative Messstellen überwacht.

Tab. 4-6: Orientierungswerte für Phosphor der Seen in Deutschland

Ökoregion	Typ	Bezeichnung	Anzahl der Seen	TP [µg/l] Grenzbereich gut/mäßig		
				oligotroph	mesotroph	eutroph
9: Mittelgebirge, Höhe ca. 200 – 800 m und höher	5	Kalkreicher, geschichteter Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet	15	18 – 25	14 – 20	
	6	Kalkreicher, ungeschichteter Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet	8	18 – 25	14 – 20	45 – 70
	7	Kalkreicher, geschichteter Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	2	18 – 25	14 – 20	
	8	Kalkarmer, geschichteter Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet	9	18 – 25	14 – 20	
	9	Kalkarmer, geschichteter Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	1	18 – 25	14 – 20	
14: Norddeutsches Tiefland, Höhe < 200 m	10	Kalkreicher, geschichteter Flachlandsee mit relativ großem Einzugsgebiet	96	25/30 – 40/45		
	11	Kalkreicher, ungeschichteter Flachlandsee mit relativ großem Einzugsgebiet und einer Verweilzeit > 30 d	102		35 – 45	35 – 55
	12	Kalkreicher, ungeschichteter Flachlandsee mit relativ großem Einzugsgebiet und einer Verweilzeit > 3 d und < 30 d	54			60 – 90
	13	Kalkreicher, geschichteter Flachlandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	59		25 – 35	
	14	Kalkreicher, ungeschichteter Flachlandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	11		30 – 45	

Grundwasser

Die GrwV legt Schwellenwerte im Grundwasser für Nitrat mit 50 mg/l (entspricht 11,3 mg/l Nitratstickstoff), für Ammonium mit 0,5 mg/l (entspricht 0,64 mg/l Ammoniumstickstoff) und für Nitrit sowie ortho-Phosphat mit jeweils 0,5 mg/l als jährliches arithmetisches Mittel fest (entspricht 0,39 mg/l Ammoniumstickstoff bzw. 0,163 mg/l PO₄-P) – **Tab. 4-7**.

Tab. 4-7: Schwellenwerte im Grundwasser

	Schwellenwert nach GrwV (2010) vor der Änderung	Schwellenwert nach geänderter GrwV (2017)
Nitrat (NO ₃)	50 mg/l	50 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,5 mg/l	0,5 mg/l
Nitrit	–	0,5 mg/l
ortho-Phosphat (PO ₄ ³⁻)	–	0,5 mg/l

Die Messnetze müssen so ausgestaltet sein, dass eine kohärente, umfassende und repräsentative Übersicht über den chemischen Zustand der Grundwasserkörper (GWK) sowie mögliche Trends erfasst werden. Die Überblicksüberwachung zum chemischen Zustand erfolgt in der Regel einmal jährlich an fast 1 200 Messstellen in 199 der insgesamt 228 GWK im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (FGG Elbe 2015). Bei Nichterreichung der Bewirtschaftungsziele oder bei als gefährdet eingestuften GWK werden weitere Beprobungen an diesen oder zusätzlichen Messstellen im Rahmen der operativen Überwachung durchgeführt.

Die Überschreitung eines Schwellenwerts an einer Messstelle im jährlichen arithmetischen Mittel führt nicht unweigerlich zum Verfehlen des guten chemischen Zustands des zu bewertenden GWK. Bei der Bewertung der GWK ist auch die Ausdehnung von Belastungsflächen einzubeziehen. Diese ist mit geeigneten geostatistischen Verfahren oder hydrogeologischen Modellen zu ermitteln. Aufgrund länderspezifischer Unterschiede hat der LAWA-AG hierfür Empfehlungen erarbeitet (LAWA-AG 2008). Flächenkriterien zur Beurteilung sind in der GrwV vorgegeben. Neben der flächenhaften Ausdehnung der Belastungen sind bei der Zustandsbewertung weiterhin die Beeinträchtigungen der Oberflächengewässer und der unmittelbar von dem GWK abhängenden Landökosysteme zu berücksichtigen.

Die im Juni 2017 novellierte Düngeverordnung (DüV) überträgt den Ländern die Befugnis, weitergehende Maßnahmen – jenseits der guten fachlichen Praxis beim Düngen – auf der Basis von jeweiligen Länderverordnungen anzuordnen, wenn der gute chemische Zustand von GWK wegen Nitrat verfehlt wird bzw. steigende Trends eine künftige Zielverfehlung befürchten lassen.

Küstengewässer

In der OGewV sind für die Küsten- und Übergangsgewässer Orientierungswerte für die Parameter Gesamtstickstoff (Jahresdurchschnitt), gelöster anorganischer Stickstoff (Winterdurchschnitt, 1. November bis 28. Februar) und Gesamtphosphor (Jahresdurchschnitt) festgelegt. Die entsprechenden Werte für den guten Zustand bzw. das gute Potenzial sind in **Tab. 4-8** aufgeführt. Für die felsgeprägten Küstengewässer um Helgoland gelten mit ≤ 0,24 mg/l und ≤ 0,19 mg/l insbesondere für die eutrophierungsbestimmenden Stickstoffkonzentrationen signifikant geringere Grenzen als für die polyhalinen Küstengewässer bzw. das Wattenmeer. In den Küsten- und Übergangsgewässern der Flussgebietseinheit Elbe befinden sich zwölf Überblicksmessstellen und zehn operative Messstellen.

Tab. 4-8: Orientierungswerte für Stickstoff und Phosphor der Küstengewässer in Deutschland

Typ	Bezeichnung	Anzahl der OWK in der FGE-D	TN [mg/l] Jahresdurchschnitt	DIN [mg/l] Winterdurchschnitt	TP [mg/l] Jahresdurchschnitt
N3	Polyhaline offene Küstengewässer	1	≤ 0,56	≤ 0,44	≤ 0,036
N4	Polyhalines Wattenmeer	2	≤ 0,56	≤ 0,44	≤ 0,036
N5	Euhalines, felsgeprägtes Küstengewässer um Helgoland	1	≤ 0,24	≤ 0,19	≤ 0,030
	Untypisiert	1	–	–	–

4.3 Vergleichende Betrachtung

Insgesamt befinden sich die Ziel- bzw. Orientierungswerte für die Fließgewässer und Seen in Tschechien und Deutschland in vergleichbaren Größenordnungen. Bei der Bewertung der Fließgewässer in diesen beiden Staaten liegt eine eingeschränkte Vergleichbarkeit vor, da in Tschechien Mediane und in Deutschland Mittelwerte betrachtet werden (**Tab. 4-9**). Die Unterschiede bei den Phosphorspezies zeigen jedoch, dass in Deutschland generell ein wenig höhere Spannweiten der Werte vorgegeben werden. Die Spreizung der Werte erfolgt vor allem durch Sonderformen der Gewässertypen wie z. B. den Marschengewässern in Norddeutschland oder besondere Höhenlagen der Mittelgebirge, bei denen grundsätzlich eine eingeschränkte Vergleichbarkeit vorliegt und sich daher in der Gesamtbetrachtung des Einzugsgebiets nicht besonders auswirkt. Ein deutlicher Unterschied liegt bei Nitrat im Grundwasser vor. Während in Deutschland die Schwellenwerte für das Grundwasser und die UQN für Fließgewässer identisch sind, werden in Tschechien für mit Oberflächengewässern in Verbindung stehendes Grundwasser die von den Grenzwerten für den guten ökologischen Zustand der Oberflächengewässer abgeleiteten strengeren Schwellenwerte übernommen. Diese Abweichungen sind bei den Aussagen zur Nitratbelastung der Gewässer im Gesamteinzugsgebiet zu beachten.

Tab. 4-9: Übersicht über die in Tschechien und in Deutschland bei der Bewertung des Zustands der Wasserkörper im zweiten Bewirtschaftungszeitraum verwendeten Vorgaben für Nährstoffe

Parameter [mg/l]	Fließgewässer	
	CZ – Median	D – Mittelwert
TP	0,05 – 0,15	≤ 0,1 – ≤ 0,3
PO ₄ -P		≤ 0,07 – ≤ 0,2
NO ₃ -N	3,4 – 4,5	≤ 11,3
NH ₃ -N		≤ 0,001 – ≤ 0,002
NO ₂ -N		≤ 0,03 – ≤ 0,05
NH ₄ -N	0,08 – 0,23	≤ 0,1 – ≤ 0,3
	Seen	
	CZ – Mittelwert	D – Mittelwert
TP	0,02 – 0,06	0,014 – 0,09
	Grundwasser	
	CZ	D
NO ₃ -N	11,3 (mit Oberflächengewässern in Verbindung stehendes Grundwasser 3,4 – 4,5)	11,3
NH ₄ -N	0,16 – 0,39	0,39
NO ₂ -N	0,15	0,15
PO ₄ -P	0,163	0,163

Auch der Vergleich der gewässertypischen Mittelwerte für Seen zeigt auf, dass die Zielvorgaben für die Gesamtphosphorkonzentration in Tschechien niedriger sind. Dabei ist die Abweichung bei Mittelgebirgsseen gering. Höhere Orientierungswerte treten in Deutschland bei Flachlandseen im Norden bzw. Nordosten des Einzugsgebiets auf. Im Grundwasser unterscheiden sich die Schwellenwerte für Nitrat für mit Oberflächengewässern in Verbindung stehendes Grundwasser beträchtlich und bei Ammonium teilweise, wobei in Tschechien für mit Oberflächengewässern in Verbindung stehendes Grundwasser die strengeren Schwellenwerte übernommen wurden.

5. Zustandsbewertung und Defizitanalyse der Wasserkörper aus der Sicht der Nährstoffzielvorgaben

In der internationalen Flussgebietseinheit Elbe wurden im zweiten Bewirtschaftungszeitraum insgesamt 3 515 Wasserkörper in der Kategorie „Fluss“ und 412 Wasserkörper in der Kategorie „See“ ausgewiesen. Da sich die Vorgehensweisen zur Ausweisung der Wasserkörper in den einzelnen Staaten unterscheiden, gibt es in Bezug auf die Einzugsgebietsfläche eine unterschiedliche Anzahl an Wasserkörpern. Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden insgesamt 2 776 Wasserkörper in der Kategorie „Fluss“ ausgewiesen. In der Kategorie „See“ wurden 363 Wasserkörper ausgewiesen, wobei die meisten natürlichen Seen (281) und nur ein kleinerer Teil künstliche oder erheblich veränderte Seen und Talsperren (82) sind. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden insgesamt 636 Wasserkörper in der Kategorie „Fluss“ und 49 in der Kategorie „See“ ausgewiesen. Alle Wasserkörper der Kategorie „See“ sind Stauseen mit unterschiedlichen Nutzungen und wurden als erheblich veränderte oder künstliche Wasserkörper ausgewiesen. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurde somit kein natürliches Gewässer in der Kategorie „See“ ausgewiesen. Im österreichischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden insgesamt 101 Wasserkörper ausgewiesen, im polnischen Teil 8; beide werden im Folgenden nicht berücksichtigt.

Beim Grundwasser wurden in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe im zweiten Bewirtschaftungszeitraum insgesamt 334 Wasserkörper ausgewiesen, von denen 308 zu den Hauptgrundwasserleitern, 19 zu den oberflächennahen Grundwasserkörpern, die sich alle im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe befinden, und 7 zu den tiefen Grundwasserkörpern gehören. Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden insgesamt 228 Grundwasserkörper, im tschechischen Teil 100, im österreichischen Teil des Einzugsgebiets ein Grundwasserkörper und im polnischen Teil des Einzugsgebiets 5 Grundwasserkörper ausgewiesen. Die österreichischen und polnischen Wasserkörper werden im Folgenden nicht berücksichtigt.

5.1 Darstellung der Konzentrationswerte für Oberflächenwasserkörper

Oberflächenwasserkörper – Kategorie „Fluss“

Für die gemeinsame Darstellung und den Vergleich der Nährstoffkonzentrationen in Wasserkörpern der Kategorie „Fluss“ im gesamten Einzugsgebiet der Elbe, mit Ausnahme der österreichischen und polnischen Teile des Einzugsgebiets, wurden an repräsentativen Überwachungsstellen die Datensätze für den Zeitraum 2010 – 2015 analysiert. An jeder repräsentativen Messstelle wurden die mittleren Konzentrationen für Gesamtphosphor, Phosphat-Phosphor, Ammoniumstickstoff und Nitratstickstoff für den Zeitraum 2010 – 2015 ermittelt. Die Bewertungsergebnisse für Wasserkörper der Kategorie „Fluss“ sind in **Tab. 5-1** zusammengefasst und in den Karten (**Abb. 5-1, Abb. 5-2, Abb. 5-3, Abb. 5-4**) dargestellt.

Tab. 5-1: Auswertung der mittleren Nährstoffkonzentrationen an repräsentativen Messstellen der Wasserkörper der Kategorie „Fluss“ im Einzugsgebiet der Elbe für den Zeitraum 2010 – 2015 (ohne österreichischen und polnischen Teil des Einzugsgebiets)

Parameter	Anzahl der bewerteten Wasserkörper	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
		[mg/l]			
TP	3 083	0,001	6,83	0,178	0,116
PO ₄ -P	2 390	< 0,001	5,45	0,097	0,044
NH ₄ -N	2 395	0,01	51,8	0,40	0,13
NO ₃ -N	2 374	< 0,02	29,6	4,10	3,22

Die durchgeführte Bewertung ergab, dass die meisten Daten zu Nährstoffkonzentrationen in den Wasserkörpern für Gesamtphosphor vorlagen (für fast 88 % der Wasserkörper) und etwas weniger für die anderen drei bewerteten Parameter – Phosphat-Phosphor, Ammoniumstickstoff und Nitratstickstoff (für 68 % der Wasserkörper).

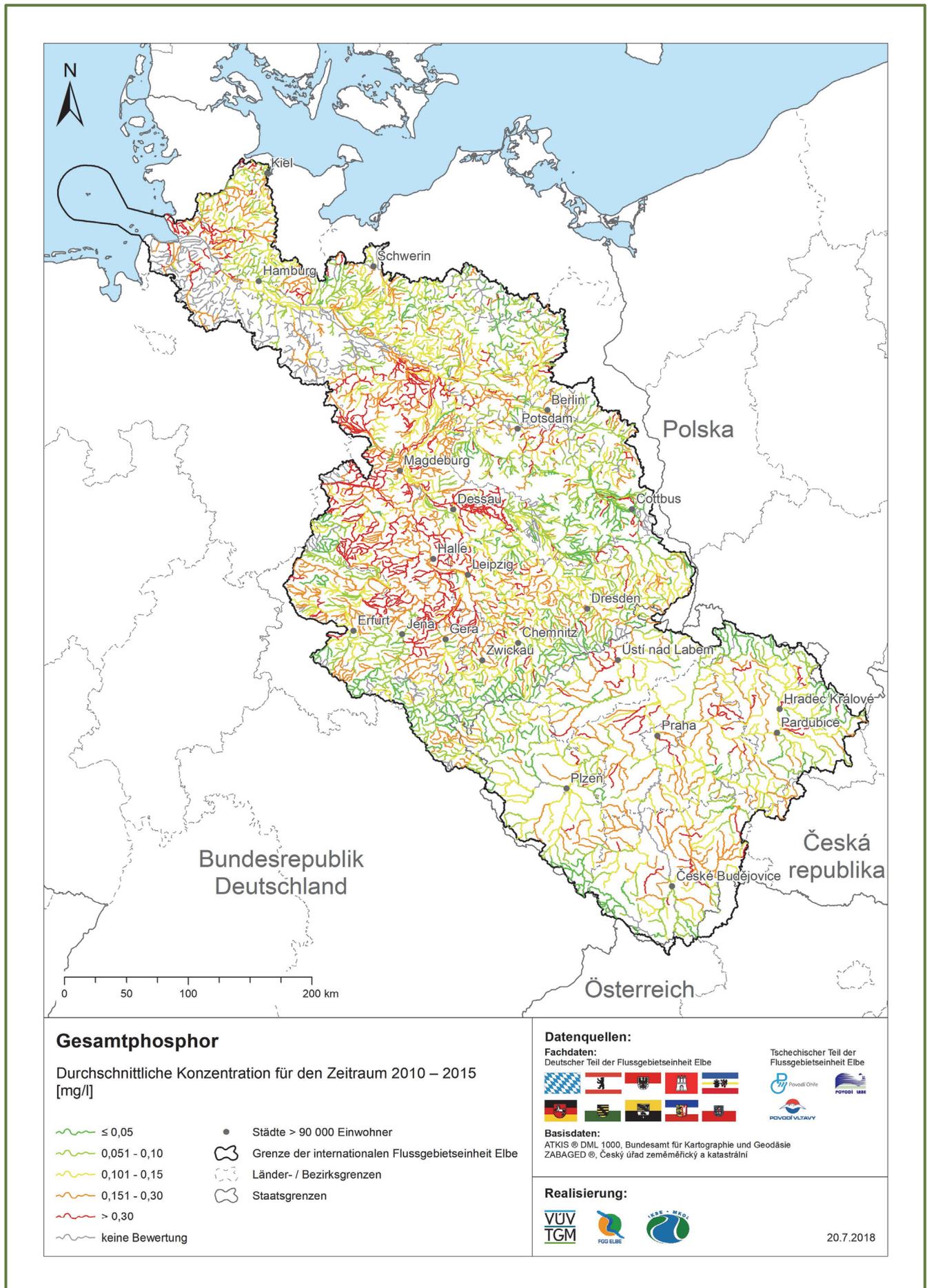


Abb. 5-1: Gesamtphosphor – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015

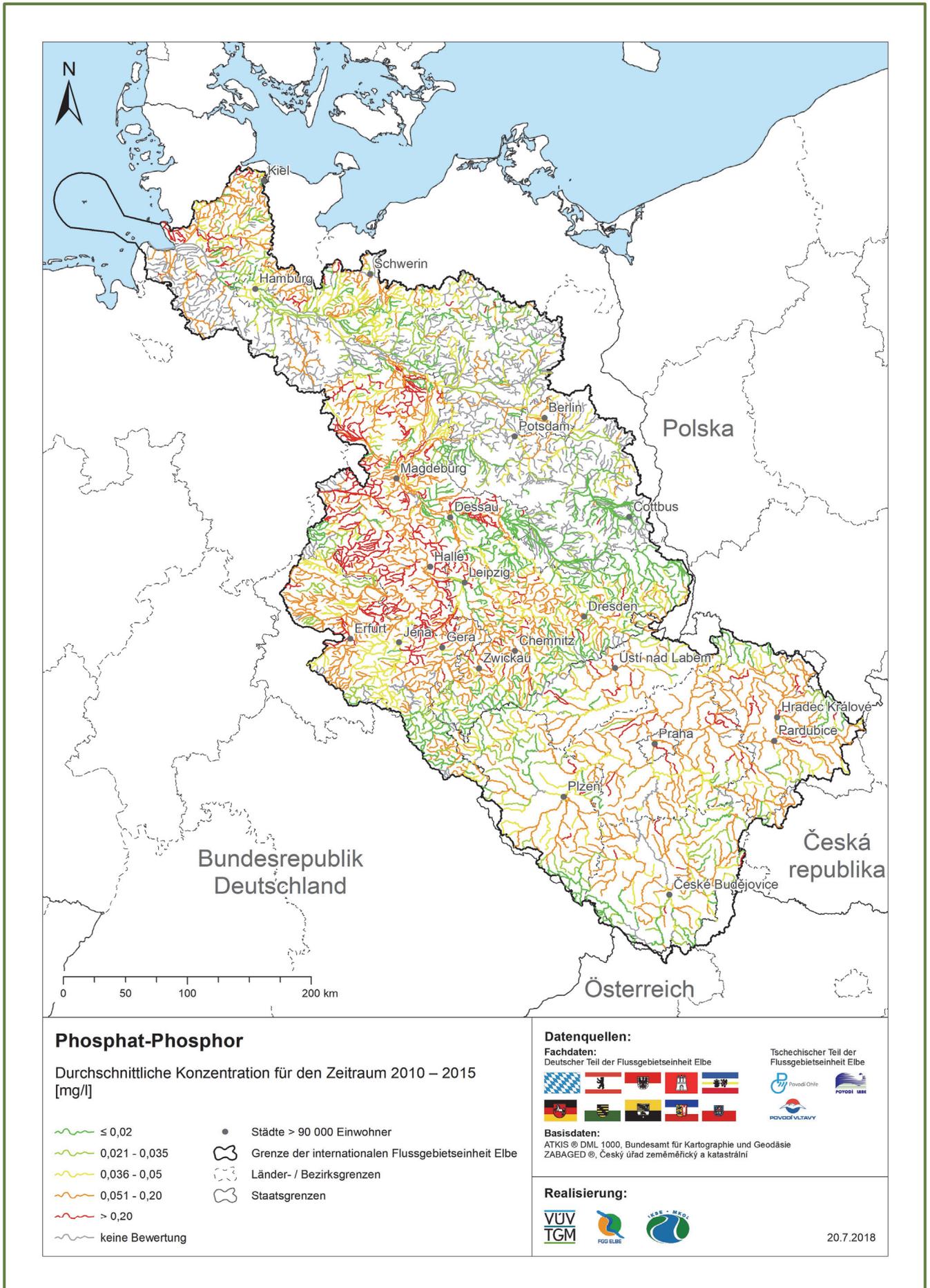


Abb. 5-2: Phosphat-Phosphor – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015

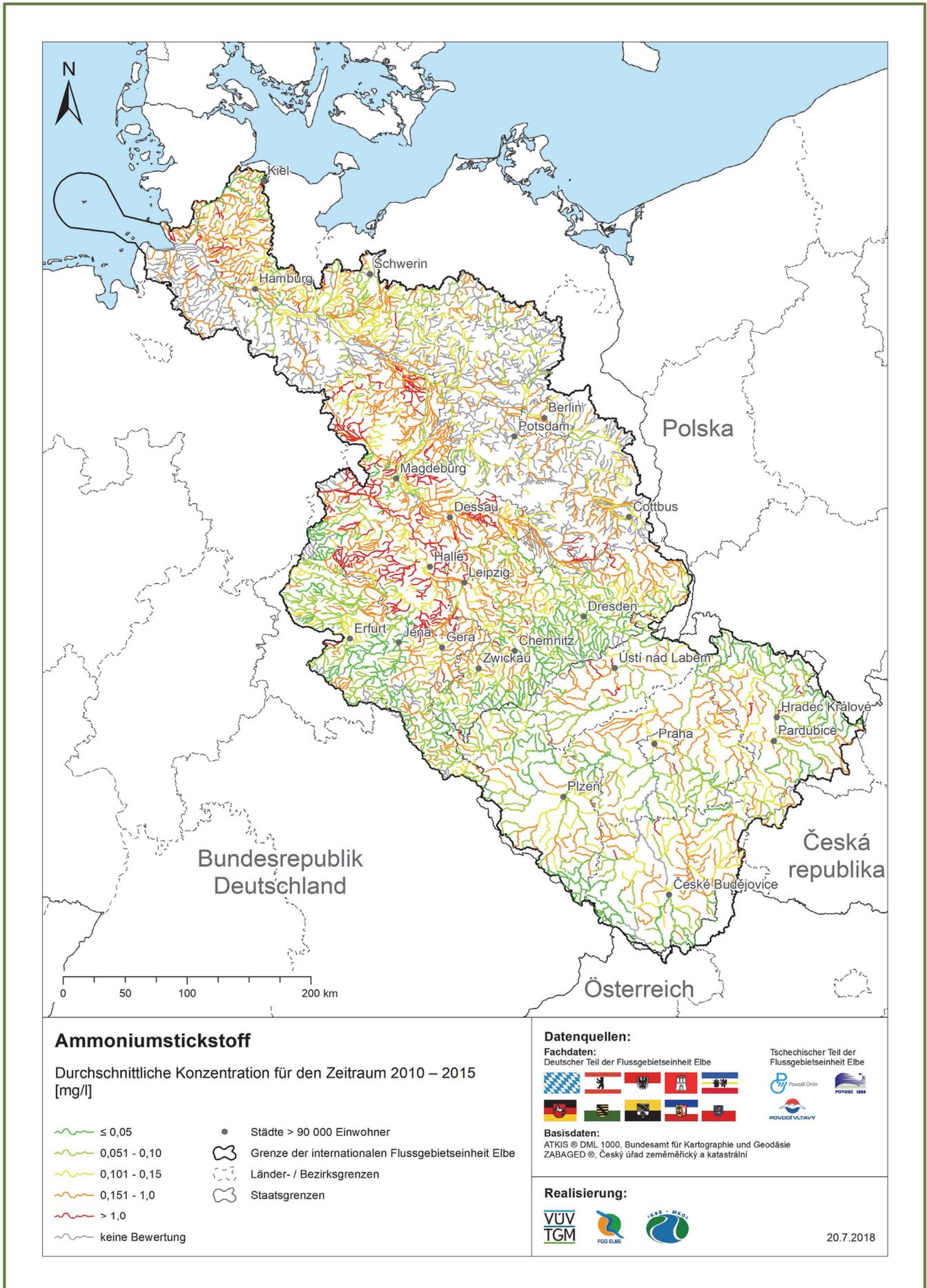


Abb. 5-3: Ammoniumstickstoff – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015

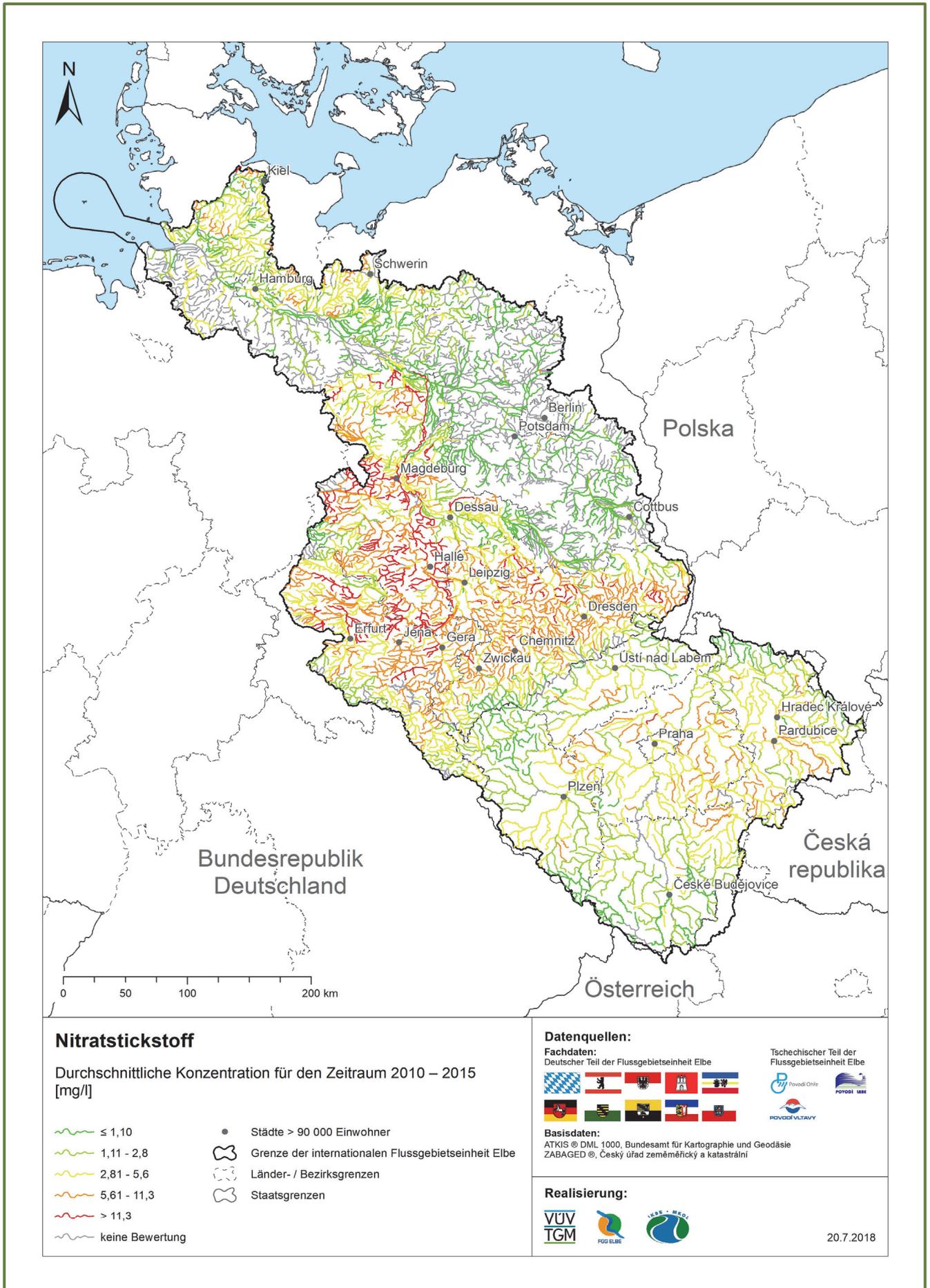


Abb. 5-4: Nitratstickstoff – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015

Aus den Ergebnissen für Gesamtphosphor ist ersichtlich, dass die Spannweite der ermittelten Werte sehr groß ist, denn der maximale in einem Wasserkörper festgestellte Mittelwert erreicht beinahe 7 mg/l. Trotzdem ist der Mittelwert im gesamten Datensatz verhältnismäßig niedrig und liegt knapp unter 0,18 mg/l. Ferner geht aus der Bewertung hervor, dass sich der Median des gesamten Datensatzes dem Wert 0,1 mg/l nähert, der im „Internationalen Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Elbe“ als Orientierungswert für binnenländische Wasserkörper zur Zielerreichung für Küsten- und Meeresgewässer festgelegt wurde. Daraus ergibt sich, dass etwa 50 % der Wasserkörper, für die Daten der Phosphorkonzentrationen im gesamten Einzugsgebiet der Elbe verfügbar waren, die Anforderungen in Bezug auf die überregionalen Ziele und den Schutz der Meeresumwelt derzeit nicht erfüllen. Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden vor allem im Teileinzugsgebiet der Saale sowie im Niederungsgebiet des Drömling und in den Talauen der Mittleren Elbe hohe Gesamtphosphorkonzentrationen ermittelt. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden insbesondere im unteren Teil des Einzugsgebiets der Lainsitz (Lužnice) und ihrer Nebenflüsse, in den Einzugsgebieten der Lomnice und der Skalice im mittleren Teil des Einzugsgebiets der Moldau, in kleineren Einzugsgebieten am Unterlauf der Berounka, im Einzugsgebiet der Cidlina und in weiteren kleineren Nebenflüssen der Elbe oberhalb des Zusammenflusses mit der Jizera sowie ferner in einem größeren Teil des Einzugsgebiets der Bílina hohe Gesamtphosphorkonzentrationen festgestellt. Erhöhte Gesamtphosphorkonzentrationen treten eher inselartig auf und hängen vor allem mit Gebieten zusammen, in denen es Probleme mit der Abwasserbehandlung gibt. Durch den Nährstoffrückhalt in den großen Talsperren (z. B. Moldaukaskade, Talsperre Nechanice an der Eger) ist der Einfluss der Gebiete mit hohen Phosphorkonzentrationen auf die gesamte Stofffracht aus Tschechien zum Teil eingeschränkt.

Phosphat-Phosphor ($\text{PO}_4\text{-P}$) ist die Hauptform des Phosphors, die für die Entwicklung von Phytoplankton sowie weiteren Komponenten der aquatischen Flora in Binnengewässern direkt genutzt werden kann. Auch bei Phosphat-Phosphor ist die Spannweite der ermittelten Werte in den Wasserkörpern ziemlich groß (*vgl. Tab. 5-1*). Der Mittelwert liegt knapp unter 0,1 mg/l. Mit 0,044 mg/l ist der ermittelte Medianwert des Datensatzes deutlich niedriger. Die Verteilung der Gebiete mit erhöhten Konzentrationen für Phosphat-Phosphor im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets ist ähnlich wie bei Gesamtphosphor.

Die größte Spannweite der ermittelten Werte in der gesamten Flussgebietseinheit Elbe wurde für Ammoniumstickstoff festgestellt, bei dem der ermittelte Maximalwert 50 mg/l überschreitet. Dennoch liegt sowohl der Mittelwert als auch der Median des gesamten Datensatzes deutlich niedriger und beträgt 0,4 mg/l bzw. 0,13 mg/l. Aber auch solche Werte können für einige Wasserkörpertypen ein Risiko für aquatische Lebewesen darstellen und deuten für einen Teil der Wasserkörper auf das Risiko der Verfehlung des guten Zustands hin. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden hohe Ammoniumstickstoff-Konzentrationen praktisch im gesamten Einzugsgebiet der Lainsitz und ihrer Nebenflüsse, in den Einzugsgebieten der Skalice im mittleren Teil des Einzugsgebiets der Moldau, in den Einzugsgebieten kleinerer Nebenflüsse der Elbe nach dem Zusammenfluss mit der Moldau mit Ausnahme der Jizera sowie ferner in einem größeren Teil des Einzugsgebiets der Bílina festgestellt. Erhöhte Ammoniumstickstoff-Konzentrationen treten wie bei den Phosphorformen wieder eher inselartig auf und hängen vor allem mit Gebieten zusammen, in denen es Probleme mit der Abwasserbehandlung gibt. Die Ammonium-Ionen werden in den Fließgewässern und insbesondere in den Stauseen schnell zu Nitratstickstoff oxydiert. Im Hinblick auf die Fracht aus Tschechien sind also Quellen in der Nähe des Abschlussprofils der Elbe am wichtigsten.

Die Ergebnisse der Konzentrationen für Nitratstickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$) zeigen, dass seine Werte insbesondere in einigen Teilen des Einzugsgebiets der Elbe hoch sind und da er bei den meisten Wasserkörpern den überwiegenden Anteil am Gesamtstickstoff bildet, stellt seine Reduzierung den Schlüssel zur Erreichung der überregionalen Ziele für die Meeresumwelt dar. Der höchste Mittelwert in den bewerteten Wasserkörpern erreicht beinahe 30 mg/l. Der Mittelwert und der Median des gesamten Datensatzes sind deutlich niedriger und betragen 4,1 mg/l bzw. 3,22 mg/l. Trotzdem sind diese Werte in Bezug auf die Ziele für die Meeresumwelt hoch, denn der Zielwert für Gesamtstickstoff an der Messstelle Seemannshöft am Übergang zwischen dem limnischen und dem marinen Elbeabschnitt beträgt 2,8 mg/l und 3,2 mg/l für die Messstelle Schmilka/Hřensko an der Grenze zwischen der Tschechischen Republik und der Bundesrepublik Deutschland. Im deutschen Teileinzugsgebiet der Elbe liegen

die Wasserkörper mit Überschreitung der Norm generell in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen der Lössbörden und Mittelgebirgsvorländer. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden hohe Nitratstickstoff-Konzentrationen praktisch im gesamten Einzugsgebiet der Sázava und ihrer Nebenflüsse einschließlich des Einzugsgebiets der bedeutendsten Trinkwassertalsperre Švihov an der Želivka sowie ferner insbesondere im Einzugsgebiet kleinerer Nebenflüsse der Elbe und im Einzugsgebiet der Tichá Orlice festgestellt. Lokal zeigen sich erhöhte Nitratkonzentrationen auch in kleineren Nebenflüssen im mittleren Teil der Berounka sowie im unteren Teil der Einzugsgebiete der Eger und der Moldau. Erhöhte Konzentrationen für Nitratstickstoff treten vor allem in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung und vereinzelt auch an Orten mit Problemen bei der Abwasserbehandlung auf.

Interessante Feststellungen bringt auch der statistische Vergleich der Datensätze für einzelne Parameter im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe. Für den Vergleich der Datensätze wurde der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test verwendet. Aus der Bewertung der Datensätze für Gesamt- und Phosphat-Phosphor ergibt sich, dass beide Datensätze keine signifikanten statistischen Unterschiede aufweisen, während bei den Datensätzen für Ammonium- und Nitratstickstoff deutliche Differenzen vorliegen. Unterschiede werden insbesondere beim Nitratstickstoff deutlich, für den der Median des Datensatzes im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe höher ist und somit in beiden Gebieten zumindest bei einem Teil der Wasserkörper ein unterschiedliches Belastungsmaß erwarten lässt.

Oberflächenwasserkörper – Kategorie „See“

Für die gemeinsame Bewertung und den Vergleich der Nährstoffkonzentrationen in Wasserkörpern der Kategorie „See“ im gesamten Einzugsgebiet der Elbe, mit Ausnahme der österreichischen und polnischen Teile des Einzugsgebiets, wurden an repräsentativen Überwachungsstellen die Datensätze für den Zeitraum 2010 – 2015 analysiert. An jeder repräsentativen Messstelle wurden die Mittelwerte für Gesamtphosphor, den einzigen Parameter, der in beiden Teilen des Einzugsgebiets überwacht und bewertet wird, ermittelt. Die Bewertungsergebnisse sind in **Tab. 5-2** zusammengefasst.

Tab. 5-2: Auswertung der mittleren Gesamtphosphorkonzentrationen (TP) an repräsentativen Messstellen der Wasserkörper der Kategorie „See“ im Einzugsgebiet der Elbe für den Zeitraum 2010 – 2015 (ohne österreichischen und polnischen Teil des Einzugsgebiets)

Parameter	Anzahl der bewerteten Wasserkörper	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
		[mg/l]			
TP	364	0,005	0,898	0,075	0,049

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass die Spannweite der ermittelten Werte sehr groß ist, wobei der höchste in einem Wasserkörper ermittelte Mittelwert fast 0,9 mg/l erreicht. Der Mittelwert für den gesamten Datensatz liegt deutlich niedriger – 0,075 mg/l, schafft aber auch so in einer großen Mehrheit der Seen und Talsperren unbegrenzte Bedingungen für die Entwicklung von Phytoplankton und weiteren autotrophen Komponenten aquatischer Ökosysteme. Ähnlich ist es auch beim Median des Datensatzes, der sich dem Wert 0,05 mg/l nähert. Je nach Seen- oder Talsperrentyp dokumentiert auch dieser Wert in den meisten Fällen eine ausgeprägte Eutrophierung der betrachteten Wasserkörper.

Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden in allen Einzugsgebieten erhöhte Gesamtphosphorkonzentrationen ermittelt. Im tschechischen Teil der internationalen Flussgebietseinheit Elbe kommen hohe Gesamtphosphorkonzentrationen insbesondere in den Fischteichen im Gebiet des Beckens Třeboňská pánev und im Einzugsgebiet der Lainsitz vor sowie auch in mehreren an bedeutenden Gewässern liegenden Talsperren mit kurzer Verweilzeit (Talsperren České údolí und Kořensko).

5.2 Defizitanalyse als Vergleich zu Orientierungs- und Zielwerten

Oberflächenwasserkörper – Kategorie „Fluss“

Die Erreichung der Ziele der WRRL für Nährstoffe in Oberflächenwasserkörpern wurde im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe anhand der Erfüllung der Orientierungswerte für Gesamtphosphor, Phosphat-Phosphor und Ammoniumstickstoff sowie für Nitratstickstoff auf der Grundlage der Erfüllung der UQN betrachtet. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurde die Bewertung

anhand der in den Bewirtschaftungsplänen für die Teileinzugsgebiete verwendeten Zielwerte für die Parameter Gesamtphosphor, Ammoniumstickstoff und Nitratstickstoff durchgeführt. Die Beschreibung der einschlägigen Orientierungs- und Zielwerte ist im Kapitel 4 enthalten.

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die Orientierungswerte für Gesamtphosphor im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe in 904 Wasserkörpern, d. h. in 32 % aller betrachteten Wasserkörper, erfüllt sind. In 1 537 Wasserkörpern (56 %) wurden die Orientierungswerte verfehlt und für 322 Wasserkörper (12 %) liegt keine Bewertung vor. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind die Zielwerte für den guten Zustand bzw. das gute Potenzial in 408 Wasserkörpern erfüllt, d. h. in 64 % aller betrachteten Wasserkörper. Die Zielwerte wurden in 224 Wasserkörpern (35 %) verfehlt und für 4 Wasserkörper (< 1 %) liegen keine Angaben vor. Obwohl sich aus der statistischen Bewertung der beiden nationalen Datensätze ergab, dass sie statistisch nicht unterschiedlich sind, gibt es erhebliche Differenzen zwischen dem Anteil der Wasserkörper im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets, bei denen die Orientierungs- bzw. Zielwerte erfüllt werden. Der Grund dafür ist vor allem die Vorgabe weniger strenger Zielwerte im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum.

Für den Parameter Phosphat-Phosphor wurde eine Übereinstimmung mit den Orientierungswerten nur im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe ermittelt, denn für die Wasserkörper im tschechischen Teil des Einzugsgebiets wurden für diesen Parameter im zweiten Bewirtschaftungszeitraum keine Zielwerte festgelegt. Die Orientierungswerte im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden in 864 Wasserkörpern erfüllt, d. h. in 31 % der betrachteten Wasserkörper. Die Verfehlung der Orientierungswerte betrifft 591 Wasserkörper (22 %) und einen bedeutenden Anteil stellen Wasserkörper dar, bei denen keine Angaben für die Bewertung vorliegen (1 308 Wasserkörper – 47 %).

In Bezug auf die Ziele für Ammoniumstickstoff wurden die Orientierungswerte im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe in 712 Wasserkörpern erfüllt, d. h. in 26 % der betrachteten Wasserkörper. Die Orientierungswerte wurden in 743 Wasserkörpern (27 %) überschritten und für 1 308 Wasserkörper (47 %) liegen keine Angaben vor. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden die Zielwerte für Ammoniumstickstoff in 499 Wasserkörpern erfüllt, die einen Anteil von 78 % der betrachteten Wasserkörper darstellen. Die Zielwerte wurden in 133 Wasserkörpern (21 %) überschritten und für 4 Wasserkörper (< 1 %) liegen keine Angaben vor.

Der letzte zu bewertende Parameter ist Nitratstickstoff. Dieser wird im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe mit der UQN verglichen. Diese wurde bei 1 165 Wasserkörpern erfüllt, die einen Anteil von 42 % der betrachteten Wasserkörper darstellen. Lediglich bei 103 Wasserkörpern (4 %) wurde die UQN überschritten und für 1 503 Wasserkörper (54 %) liegt keine Bewertung vor. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden die für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum verwendeten Zielwerte in 476 Wasserkörpern (75 %) erfüllt, in 156 Wasserkörpern (25 %) wurden die Zielwerte überschritten und für 4 Wasserkörper (< 1 %) liegen keine Angaben vor.

Die Bewertungsergebnisse für alle Parameter sind in **Tab. 5-3** übersichtlich zusammengefasst und in den Karten (**Abb. 5-5, Abb. 5-6, Abb. 5-7, Abb. 5-8**) dargestellt.

Tab. 5-3: Erfüllung der Orientierungs- und Zielwerte für Nährstoffe in Oberflächenwasserkörpern der Kategorie „Fluss“ im deutschen und tschechischen Teil der internationalen Flussgebietseinheit Elbe (anhand der Daten für den Zeitraum 2010 – 2015)

Parameter	Erfüllung der Orientierungs- und Zielwerte											
	Deutscher Teil						Tschechischer Teil					
	erfüllt		nicht erfüllt		nicht bewertet		erfüllt		nicht erfüllt		nicht bewertet	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
TP	904	32 %	1 537	56 %	322	12 %	408	64 %	224	35 %	4	< 1 %
PO ₄ -P	864	31 %	591	22 %	1 308	47 %	–	–	–	–	636	100 %
NH ₄ -N	712	26 %	743	27 %	1 308	47 %	499	78 %	133	21 %	4	< 1 %
NO ₃ -N	1 165	42 %	103	4 %	1 503	54 %	476	75 %	156	25 %	4	< 1 %

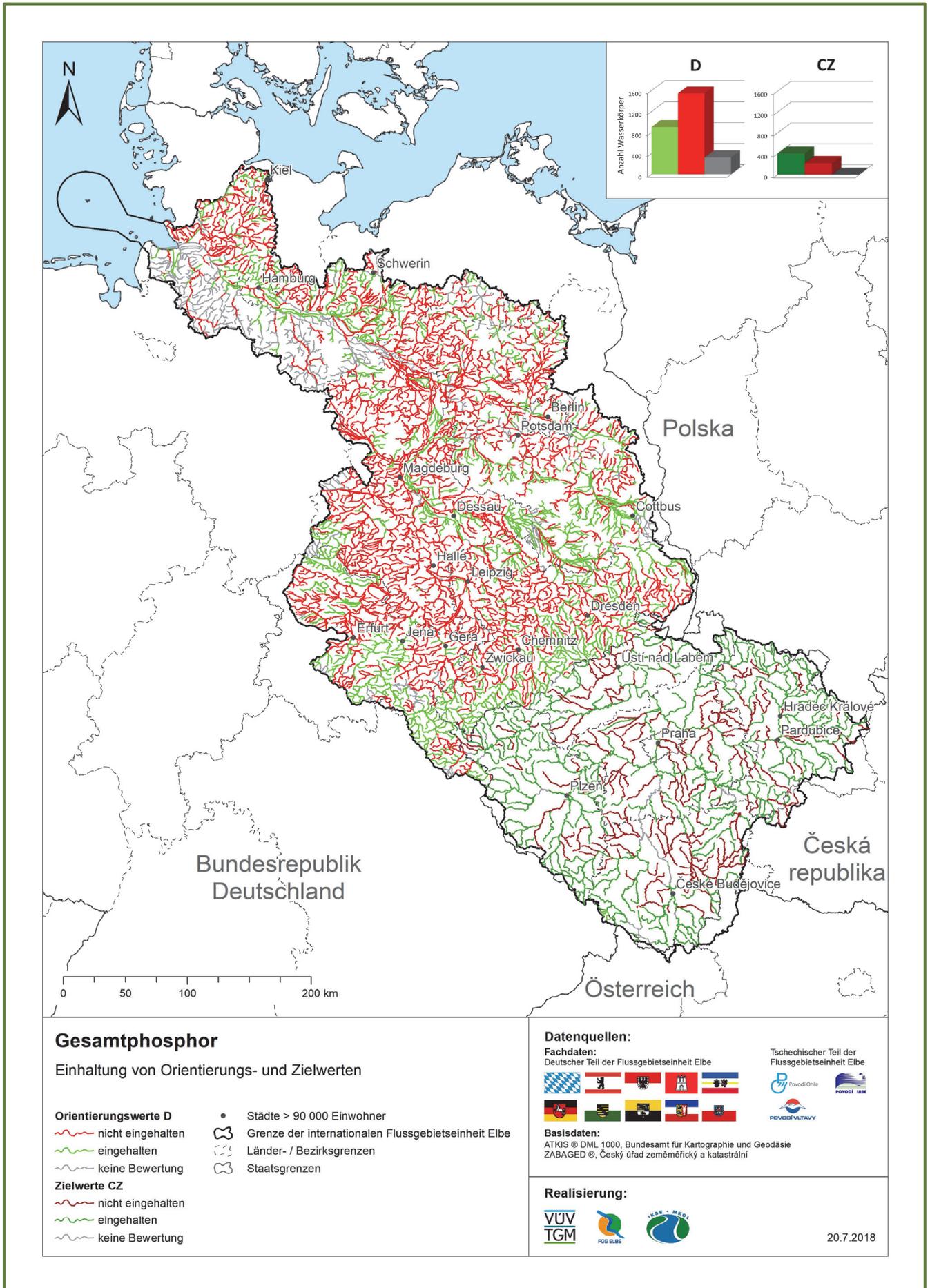


Abb. 5-5: Gesamtposphor – Einhaltung von Orientierungs- und Zielwerten

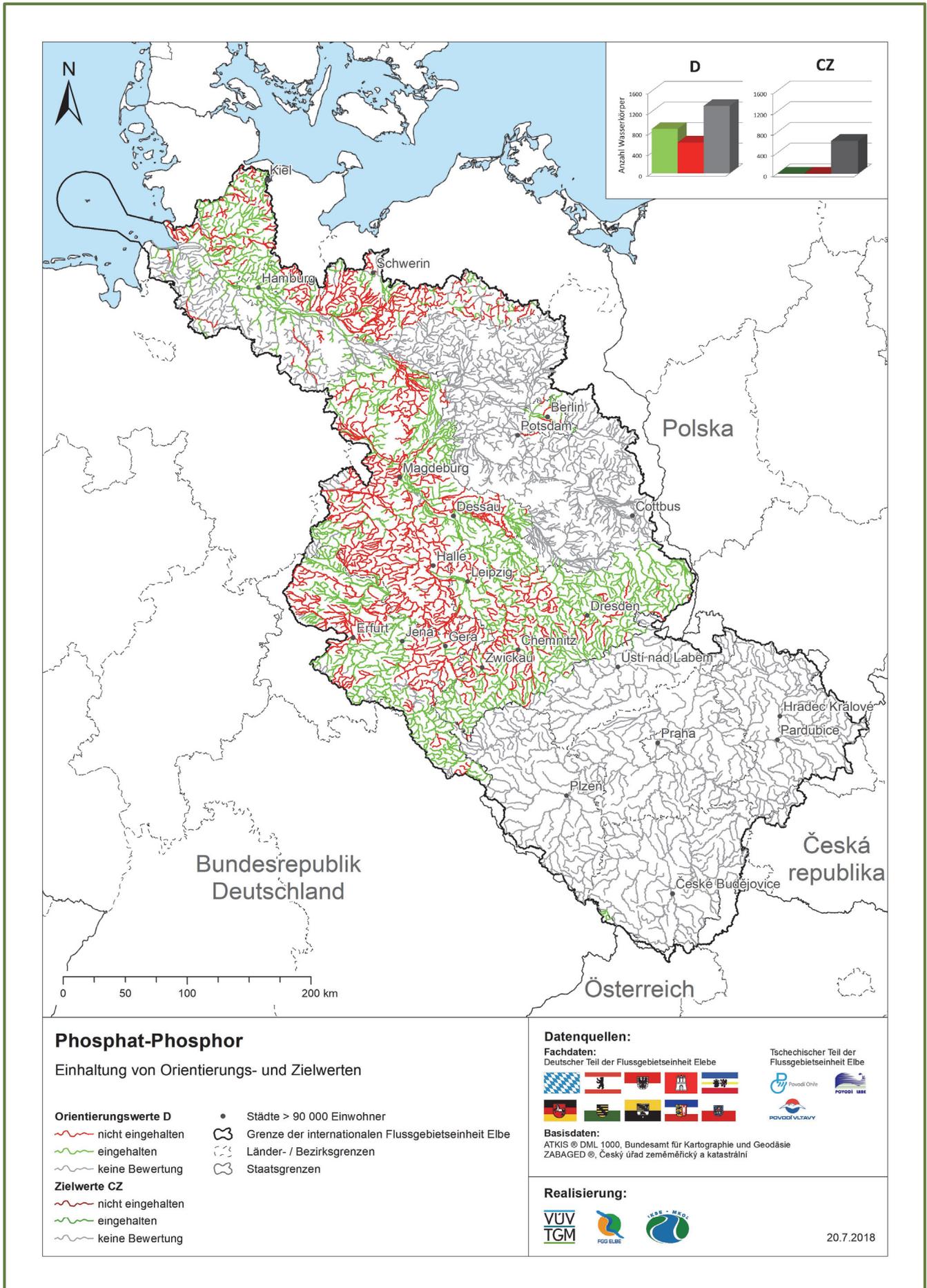


Abb. 5-6: Phosphat-Phosphor – Einhaltung von Orientierungs- und Zielwerten

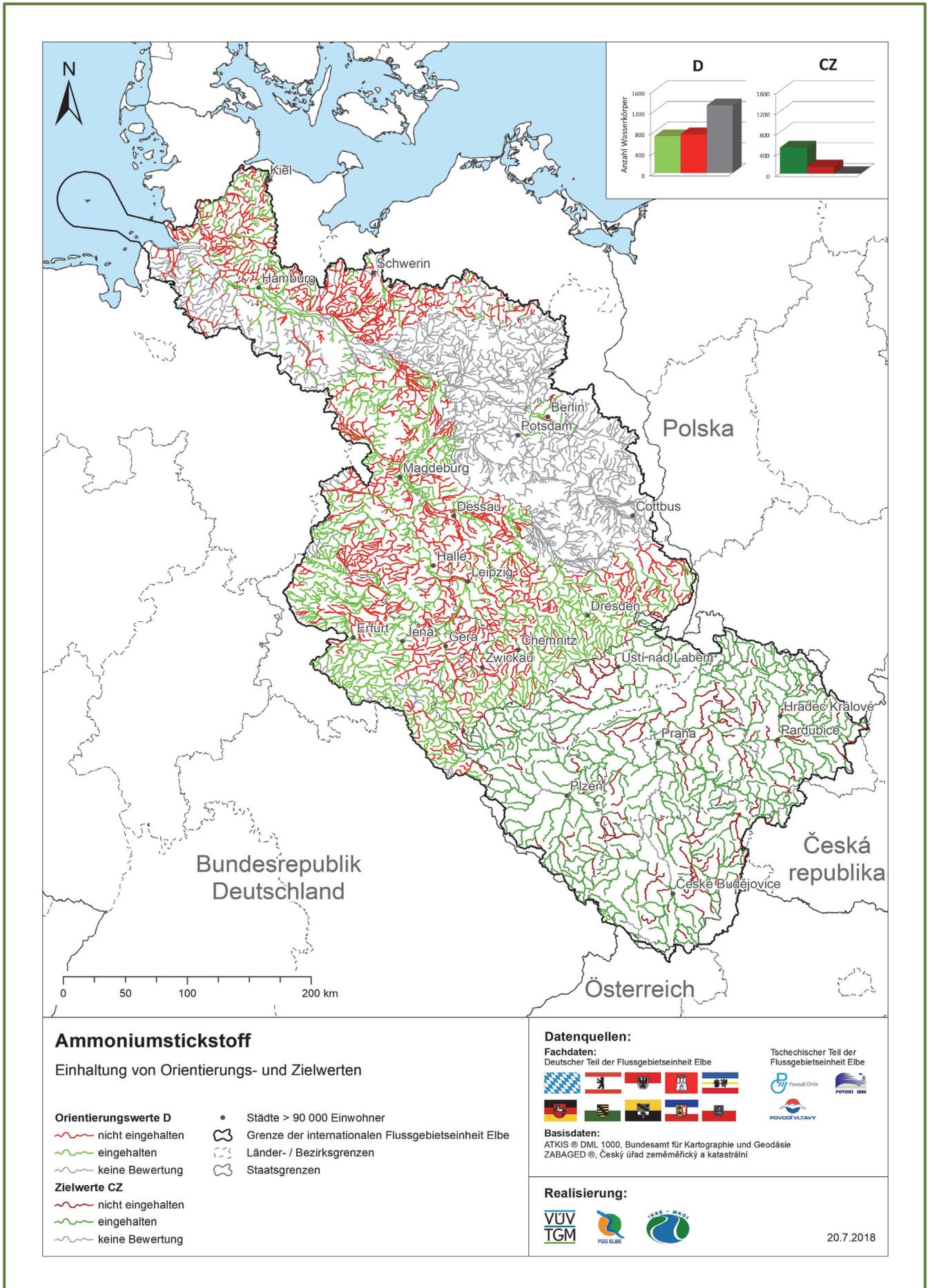


Abb. 5-7: Ammoniumstickstoff – Einhaltung von Orientierungs- und Zielwerten

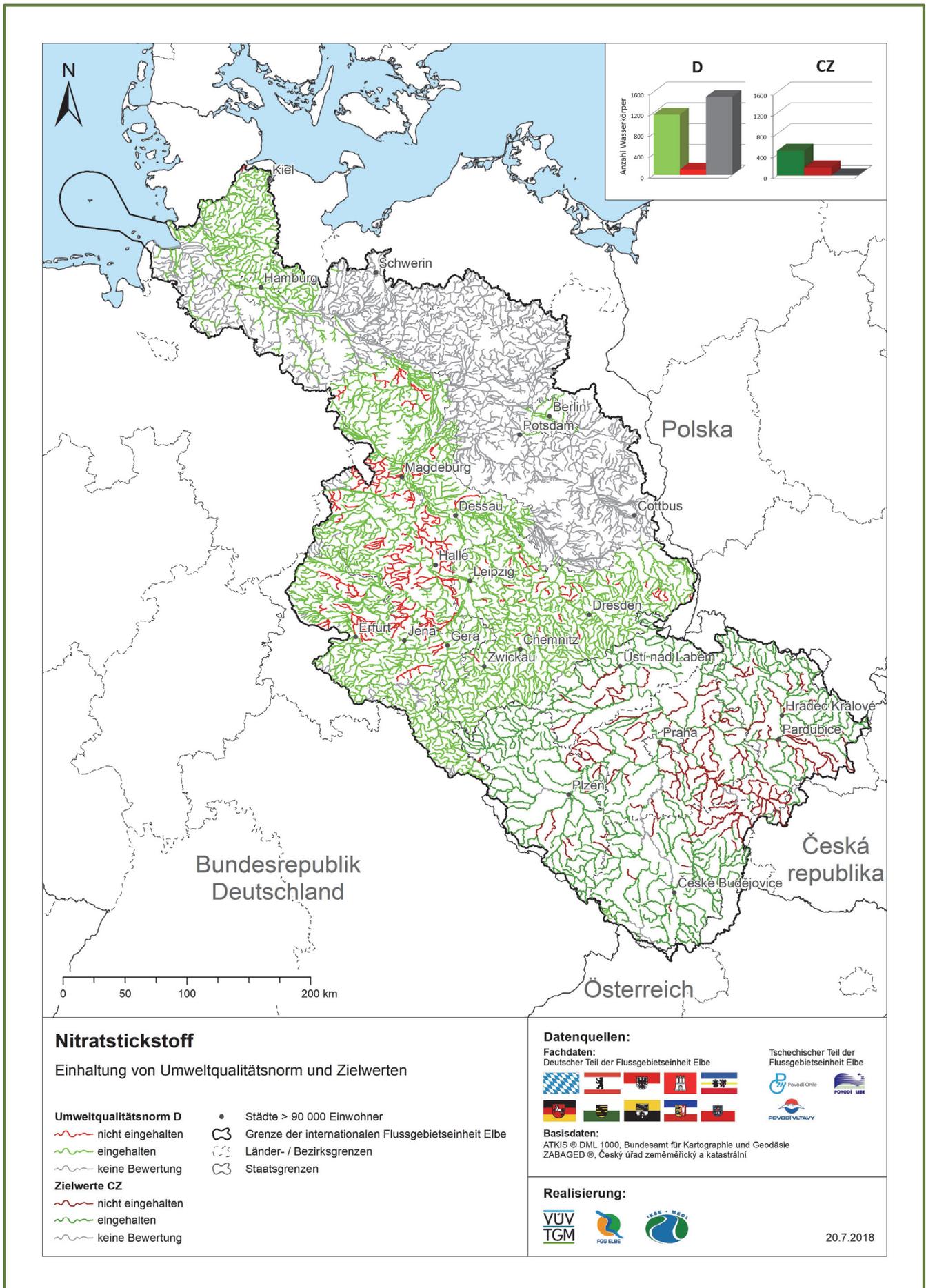


Abb. 5-8: Nitratstickstoff – Einhaltung von Umweltqualitätsnorm und Zielwerten

Oberflächenwasserkörper – Kategorie „See“

Nur für Gesamtphosphor wurde im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe die Erreichung der Ziele der WRRL für Nährstoffe in Oberflächenwasserkörpern der Kategorie „See“ anhand der Erfüllung der Orientierungs- oder Zielwerte betrachtet. Die Beschreibung der einschlägigen Orientierungs- und Zielwerte für die einzelnen Wasserkörpertypen ist im Kapitel 4 enthalten.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Orientierungswerte für Gesamtphosphor im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe in 110 Wasserkörpern, d. h. in 36 % aller betrachteten Wasserkörper, erfüllt wurden. In 201 Wasserkörpern (64 %) wurden die Orientierungswerte verfehlt und für 2 Wasserkörper liegt keine Bewertung vor. Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden die Zielwerte für das gute Potenzial in 11 Wasserkörpern erfüllt, d. h. in fast 23 % aller betrachteten Wasserkörper. Die Zielwerte wurden in 33 Wasserkörpern (67 %) verfehlt und für fünf Wasserkörper (10 %) liegen keine Angaben vor. Aus dem kompletten Vergleich geht hervor, dass in der gesamten internationalen Flussgebietseinheit Elbe weniger als ein Drittel aller Wasserkörper der Kategorie „See“ die Zielwerte erfüllt. Es wird also deutlich, dass für den nächsten Bewirtschaftungszeitraum die Verringerung der Phosphorbelastung der Seen und Talsperren ein wichtiges Ziel sein wird.

In **Tab. 5-4** sind die Bewertungsergebnisse für Gesamtphosphor in den Wasserkörpern der Kategorie „See“ übersichtlich zusammengefasst.

Tab. 5-4: Erfüllung der Orientierungs- und Zielwerte für Gesamtphosphor in Oberflächenwasserkörpern der Kategorie „See“ im deutschen und tschechischen Teil der internationalen Flussgebietseinheit Elbe (anhand der Daten für den Zeitraum 2010 – 2015)

Parameter	Erfüllung der Orientierungs- und Zielwerte											
	Deutscher Teil						Tschechischer Teil					
	erfüllt		nicht erfüllt		nicht bewertet		erfüllt		nicht erfüllt		nicht bewertet	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
TP	110	36 %	201	64 %	2	–	11	23 %	33	67 %	5	10 %

Grundwasserkörper

Sowohl im deutschen als auch im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wurden die Grundwasserkörper bezüglich Nitrat bewertet. Ähnlich wie bei den Oberflächengewässern gilt auch für das Grundwasser, dass sich die Grenzwerte für den guten Zustand im tschechischen und im deutschen Teil unterscheiden. Während in Deutschland für alle Grundwasserkörper die Qualitätsnorm (groundwater quality standard) von 50 mg/l gilt, wurde diese Qualitätsnorm in Tschechien für die mit Oberflächengewässern in Verbindung stehenden Grundwasserkörper auf das Niveau der Schwellenwerte von 15,5 bis 19,92 mg Nitrat pro Liter verschärft (d. h. auf den gleichen Grenzwert wie für die Oberflächenwasserkörper).

Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe befinden sich gemäß der Zustandsbewertung für den zweiten Planungszeitraum 64 Grundwasserkörper aufgrund von Nitratbelastungen im schlechten chemischen Zustand, davon 25 im Koordinierungsraum Saale, 16 im Koordinierungsraum Mulde-Elbe-Schwarze Elster, 12 im Koordinierungsraum Tideelbe, acht im Koordinierungsraum Mittlere Elbe/Elde und drei im Koordinierungsraum Havel (**siehe Tab. 5-5 und Abb. 5-9**). Das sind 29 % aller 228 Grundwasserkörper im deutschen Einzugsgebiet der Elbe. Die prozentuale Verteilung in den Koordinierungsräumen zeigt **Tab. 5-5**.

Die Fläche der 64 Grundwasserkörper, die hinsichtlich Nitrat im schlechten Zustand sind, beträgt insgesamt ca. 29 000 km² (**siehe Tab. 5-5**). Diese umfasst 29 % der Gesamtfläche aller Grundwasserkörper in der Flussgebietseinheit Elbe. Am stärksten betroffen sind die Koordinierungsräume Tideelbe mit 54 % und Saale mit 46 % der Gesamtfläche der Grundwasserkörper (**siehe Tab. 5-5**). In der Regel ist nicht die gesamte Fläche des Grundwasserkörpers mit Nitrat belastet. Wird nur die Fläche mit Schwellenwertüberschreitung für Nitrat innerhalb des Grundwasserkörpers betrachtet, ergibt sich z. B. im Koordinierungsraum Mulde-Elbe-Schwarze Elster ein Gesamtumfang von ca. 1 513 km² tatsächlich belasteter Fläche im Vergleich zu den knapp 5 000 km² Gesamtfläche der wegen Nitrat in den schlechten Zustand eingestuften Grundwasserkörper.

Sechs der 64 wegen Nitrat im schlechten Zustand befindlichen Grundwasserkörper weisen zudem noch einen steigenden Trend für Nitrat auf (*siehe Abb. 5-9*). Davon liegen vier im Koordinierungsraum Saale und zwei im Koordinierungsraum Tideelbe. Bei keinem der belasteten Grundwasserkörper ist aktuell eine Trendumkehr zu verzeichnen. Im Vergleich zum ersten Bewirtschaftungszeitraum ab 2009 zeigen sich beim chemischen Parameter Nitrat deutschlandweit noch keine eindeutigen Zustandsverbesserungen. Zwölf Grundwasserkörper, die 2009 im schlechten Zustand hinsichtlich Nitrat waren, konnten im ersten Bewirtschaftungszeitraum in den guten Zustand gebracht werden. Vierzehn Grundwasserkörper, die vorher im guten Zustand waren, mussten hingegen wegen Nitrat in den schlechten Zustand eingestuft werden.

Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe ist die Anzahl der Grundwasserkörper, die die Vorgabe des guten chemischen Zustands für Nitrat nicht erfüllen, wegen der strengeren Schwellenwerte höher. Im Koordinierungsraum Untere Moldau (DVL) sind alle 5 Wasserkörper im schlechten Zustand, auch die Koordinierungsräume Berounka (BER) sowie Obere und mittlere Elbe (HSL) haben einen hohen Anteil an Wasserkörpern im schlechten Zustand (*siehe Tab. 5-5*). Für den gesamten tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind 48 % der Wasserkörper im schlechten Zustand, ihr Flächenanteil beträgt 50 %. Gleichzeitig sind die tatsächlich mit Nitrat belasteten Flächen deutlich kleiner, im gesamten tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind es nur 15 469 km², also lediglich 27,4 % der Flächen aller Grundwasserkörper.

Ein steigender Trend für Nitrat wurde nur für zwei Wasserkörper ermittelt, einer im Koordinierungsraum Berounka sowie einer im Koordinierungsraum Eger und untere Elbe (ODL). Eine Trendumkehr ist bei der Bewertung noch nicht festgestellt worden, da die letzten Angaben für die Zustandsbewertung aus dem Jahr 2012, also einer Zeit, als die entsprechenden Maßnahmen erst noch umgesetzt werden sollten, stammen.

Für den deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind von den 328 schlechten Grundwasserkörpern 112 wegen Nitrat im schlechten Zustand, was 34 % der Anzahl und 37 % der Fläche entspricht.

Tab. 5-5: Anzahl und Fläche der Grundwasserkörper in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe, die wegen Nitrat im schlechten Zustand sind

Koordinierungsraum*	Anzahl der Grundwasserkörper			Fläche der Grundwasserkörper [km ²]		
	Gesamt	Schlechter Zustand wegen Nitrat	Anteil [%]	Gesamt	Schlechter Zustand wegen Nitrat	Anteil [%]
HVL	2	0	0	83	0	0
BER	1	0	0	29	0	0
ODL	3	0	0	1 008	0	0
MES	59	16	27	17 792	4 987	28
SAL	73	25	34	24 032	11 104	46
MEL	28	8	29	16 049	3 094	19
HAV	34	3	9	23 848	786	3
TEL**	28	12	43	16 742	9 073	54
D gesamt	228	64	28	99 583	29 044	29
BER	15	8	53	8 751	6 415	73
DVL	5	5	100	7 086	7 086	100
HSL	41	27	66	17 275	11 701	68
HVL	12	3	25	12 081	981	8
ODL	27	5	20	11 278	1 956	17
CZ gesamt	100	48	48	56 471	28 139	50
Einzugsgebiet der Elbe***	328	112	34	156 054	57 183	37

* Grundwasserkörper in grenzüberschreitenden Koordinierungsräumen enden an der Staatsgrenze.

** einschließlich tiefer Grundwasserkörper

*** Die Gesamtfläche der GWK ist größer als die Gesamtfläche des Elbeeinzugsgebiets, da die GWK sich in mehreren Schichten befinden.

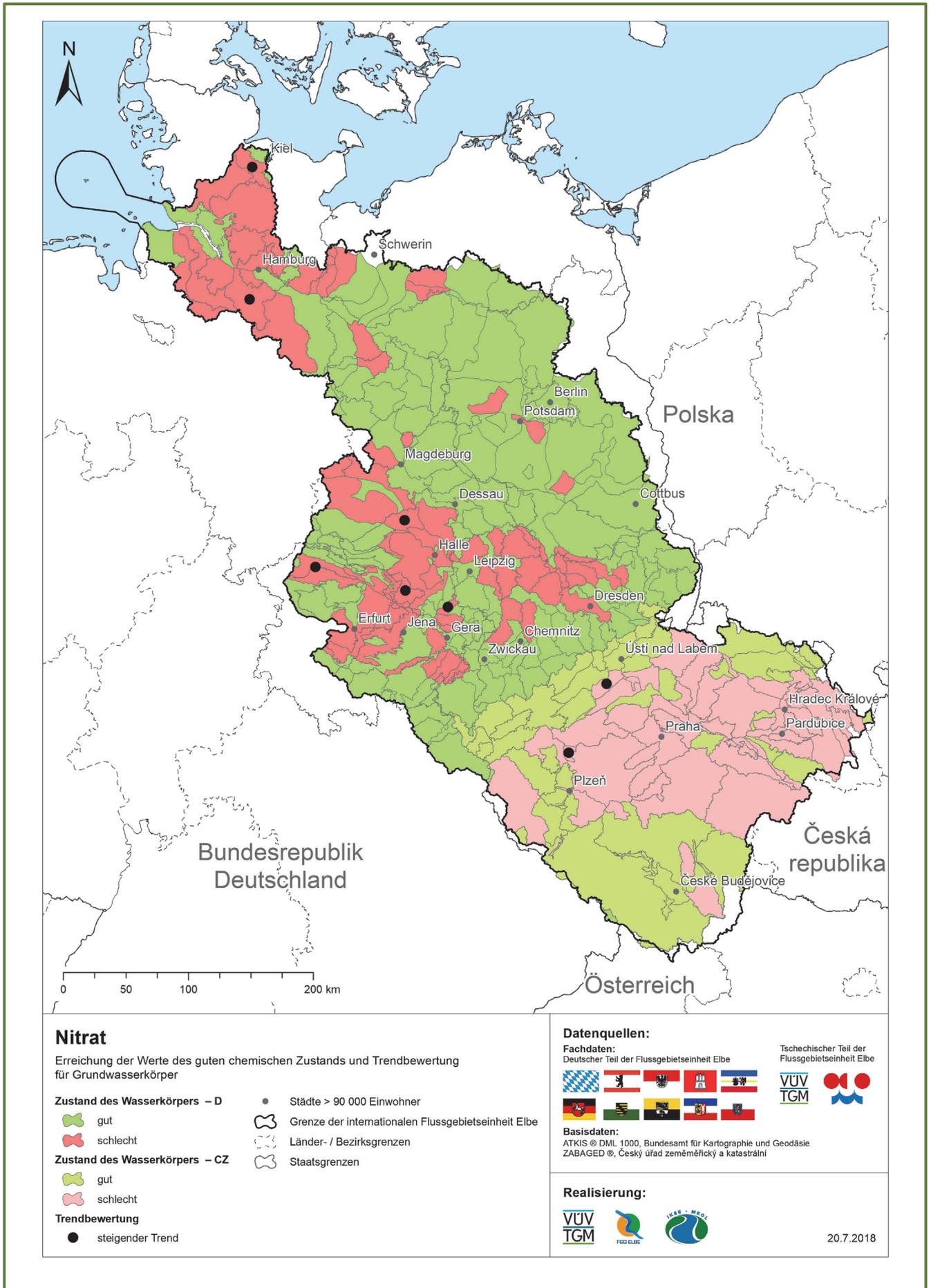


Abb. 5-9: Nitrat – Erreichung der Werte des guten chemischen Zustands und Trendbewertung für Grundwasserkörper

5.3 Vergleichende Betrachtung

In Bezug auf die Nährstoffkonzentrationen kann der derzeitige Zustand der Wasserkörper in der Kategorie „Fluss“ im Einzugsgebiet der Elbe nur zum Teil positiv bewertet werden. Insbesondere bei den Gesamtposphorkonzentrationen zeigt sich, dass die Erreichung der überregionalen Ziele in annähernd der Hälfte der Wasserkörper gezielte Anstrengungen bei der Begrenzung der Phosphoremissionen aus den schwerpunktmäßigen Eintragsquellen erfordern wird. Etwas günstiger zeigt sich das Bild in Bezug auf die Konzentrationen von Nitrat- und Ammoniumstickstoff, bei denen die Zustandsverbesserung zur Unterstützung des überregionalen Ziels für Gesamtstickstoff bei etwa 30 % der Wasserkörper benötigt wird.

Die Konzentrationen des Gesamtposphors in den Wasserkörpern der Kategorie „See“ – also natürlichen Seen, Stauseen und Teichen – werden durch die Beschaffenheit des aus ihren Einzugsgebieten zufließenden Wassers erheblich beeinflusst. Bis auf einen Teil von Gebirgs- und Vorlandstauseen, die als Trinkwassertalsperren genutzt werden, sind die meisten Seen und Stauseen in beiden Teilen des Einzugsgebiets in unterschiedlichem Maße von Eutrophierung betroffen, die sich in hohen durchschnittlichen Phosphorkonzentrationen und in Änderungen der Zusammensetzung des Phytoplanktons sowie in der Entwicklung von Algenblüten bemerkbar macht.

Bei der Bewertung der Orientierungs- und Zielwerte für die einzelnen Parameter in beiden Teilen des Einzugsgebiets der Elbe erweist sich die Festlegung unterschiedlicher Zielwerte für gleiche oder ähnliche Wasserkörpertypen von grundsätzlicher Bedeutung. Am deutlichsten wird die unterschiedliche Bewertung am Beispiel Gesamtposphor in Wasserkörpern der Kategorie „Fluss“. Obwohl sich die Datensätze für die Konzentrationen im deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebiets statistisch nicht unterscheiden, unterscheidet sich in beiden Teilen des Einzugsgebiets die Anzahl der die Orientierungs- und Zielwerte nicht erfüllenden Wasserkörper um mehr als 30 %. Es wird deutlich, dass die Ziele für den guten Zustand im tschechischen Teil des Einzugsgebiets im Vergleich zum deutschen Teil wesentlich milder festgelegt wurden. Umgekehrt ist die Situation bei Nitratstickstoff, der im deutschen Teil anhand von Umweltqualitätsnormen und im tschechischen Teil nach Zielwerten bewertet wird. Obwohl beim statistischen Vergleich der Datensätze im deutschen Teil höhere mittlere Konzentrationen ermittelt wurden, ergeben sich für den Vergleich mit den Zielwerten im tschechischen Teil des Einzugsgebiets weniger günstige Ergebnisse. Der Grund besteht wiederum in der Festlegung unterschiedlicher Grenzwerte für die Bewertung, wobei im tschechischen Teil des Einzugsgebiets strengere Vorgaben zur Anwendung kommen.

Sowohl im tschechischen als auch im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe werden Grundwasserkörper aus der Sicht der Nährstoffe anhand der Nitratkonzentration bewertet und der Zustand dieser Wasserkörper wird mit der Qualitätsnorm verglichen, die im tschechischen Teil des Einzugsgebiets in einigen mit Oberflächengewässern in Verbindung stehenden Wasserkörpern bis auf die Schwellenwerte der jeweiligen Typen der Oberflächenwasserkörper verschärft wurde. Die oben dargestellten Gründe führen wieder dazu, dass im Vergleich zum tschechischen Teil im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe ein kleinerer Teil der Wasserkörper als schlecht bewertet wird. Neben den Nitratkonzentrationen im Grundwasser wurde auch ein eventueller steigender Trend beurteilt. Der Anteil der Wasserkörper, für die ein steigender Trend registriert wurde, ist in beiden Teilen des Einzugsgebiets sehr gering. Im deutschen Teil wurde dieser in 6 von 228 Wasserkörpern ermittelt, im tschechischen Teil in 2 von 100 Wasserkörpern.

Aus den durchgeführten Analysen geht hervor, dass es für den Vergleich der Gewässerbelastung mit Nährstoffen in den beiden Teilen des Einzugsgebiets untereinander günstig ist, einheitlich definierte Ansätze und einheitlich vorbereitete Daten der Konzentrationen, ggfs. der Nährstofffrachten zu verwenden. Darüber hinaus ist bei der Interpretation der Ergebnisse der Zustandsbewertung für die Oberflächen- und Grundwasserkörper erhöhte Vorsicht geboten und sind die unterschiedlich festgelegten Ziel- und Orientierungswerte für den guten Zustand der Wasserkörper sowie die spezifischen Bewertungsansätze in beiden Staaten zu berücksichtigen.

6. Zustandsbewertung und Defizitanalyse für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor an ausgewählten Messstellen im Hinblick auf Meeresschutzziele

6.1 Zustand und Defizit der Übergangs- und Küstengewässer

Im Einzugsgebiet der Elbe befinden sich mit einem Übergangsgewässer- und vier Küstengewässer-Wasserkörpern sowie dem Küstenmeer im Mündungsbereich der Elbe insgesamt sechs bewirtschaftete Wasserkörper. Die Eutrophierung ist eines der größten ökologischen Probleme im deutschen Nordseegebiet und der Küstengewässer-Wasserkörper. Maßgebliche Ursache für die Eutrophierung sind die hohen Nährstoffeinträge über die Flüsse. Zwar konnten die Nährstoffeinträge seit 1985 im Rahmen des OSPAR-Abkommens deutlich reduziert werden, sie sind aber weiterhin zu hoch, so dass es nach wie vor zu einer veränderten Artenzusammensetzung, Algenblüten und zur Vermehrung opportunistischer Makrophyten kommen kann. Die Wasserkörper im Bereich der Elbemündung und vier der fünf übrigen weisen einen Zustand bzw. Potenzial von schlechter als gut im Bewertungsmaßstab der WRRL auf, so dass eine Küstengewässerfläche von ca. 2 500 km² betroffen ist. Im Rahmen von OSPAR und der MSRL werden diese Wasserkörper als Problemgebiet klassifiziert und im Bewertungssystem der MSRL wird der gute Umweltzustand in Bezug auf die Eutrophierung nicht erreicht.

Tab. 6-1 zeigt die Ergebnisse von zehn Messstellen in den Übergangs- und Küstengewässern auf. An nahezu allen Messstellen werden die in der OGewV vorgegebenen Orientierungswerte von 1 mg/l zum Teil deutlich überschritten; mit einem Maximum von 3,45 mg/l TN in Grauerort. Eine Ausnahme bildet die Messstelle Helgolandreedee im euhalinen, felsgeprägten Küstengewässer um Helgoland mit einer Überschreitung von nur 0,02 mg/l TN. Über alle Stationen gemittelt liegt der Minderungsbedarf für TN bei ca. 0,6 mg/l. Zwar werden die Orientierungswerte für gelösten anorganischen Stickstoff an den Messstellen Vogelsander Nordereibe und Helgolandreedee knapp eingehalten, insgesamt besteht jedoch bei Betrachtung aller Messstellen eine Überschreitung von im Mittel 0,87 mg/l.

Tab. 6-1: Ergebnisse des Monitorings der Messstellen in den Übergangs- und Küstengewässern und Vergleich mit den Grenzwerten (vgl. auch Tab. 4-8)

Institution	Gewässertyp	Messstelle	Reihe	Anzahl Messwerte	Orientierungswert (OGewV) guter/mäßiger Zustand		Messwert		Orientierungswert (OGewV) guter/mäßiger Zustand		Messwert	
					TN (JD) [mg/l]	TN (JD) [mg/l]	DIN (WD) [mg/l]	DIN (WD) [mg/l]	TP (JD) [mg/l]	TP (JD) [mg/l]		
NI/FGG	22.3 / T1	Grauerort	2011 – 2015	118 (JD), 39 (WD)	≤ 1,00	3,45	≤ 0,80	3,61	≤ 0,045	0,241		
FGG	T1 / N3	H05 (Cuxhaven)	2011 – 2015	60 (JD), 20 (WD)	≤ 1,00	1,89	≤ 0,80	2,15	≤ 0,045	0,125		
SH	N3	Nordereibe (220065)	2013 – 2015	40 (JD), 6 (WD)	≤ 0,56	0,87	≤ 0,44	1,84	≤ 0,036	0,051		
FGG	N3	H02 (Vogelsander Nordereibe)	2011 – 2015	24 (JD), 7 (WD)	≤ 0,56	0,63	≤ 0,44	0,44	≤ 0,036	0,062		
NI/FGG	N3	H04/OSee-W-2 (Tonne 13)	2011 – 2015	47 (JD), 14 (WD)	≤ 0,56	0,87	≤ 0,44	0,83	≤ 0,036	0,064		
SH	N4			keine Beprobung	≤ 0,56		≤ 0,44		≤ 0,036			
FGG	N4	H01 Nordertill	2011 – 2015	20 (JD), 5 (WD)	≤ 0,56	0,64	≤ 0,44	0,59	≤ 0,036	0,058		
NI/FGG	N0	H03/OSee-W-1 (Tonne 5)	2011 – 2015	39 (JD), 12 (WD)		0,61		0,43		0,043		
NI	N0	OSee-W-3	2012 – 2015	15 (JD), 6 (WD)		0,35		0,23		0,029		
NI	N0	OSee-W-4	2012 – 2015	15 (JD), 6 (WD)		0,35		0,19		0,030		
SH	N5	Helgolandreedee 220016	2013 – 2015	75 (JD), 25 (WD)	≤ 0,24	0,26	≤ 0,19	0,18	≤ 0,030	0,025		

FGG – Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), JD – Jahresdurchschnitt, WD – Winterdurchschnitt

6.2 Stofffrachten am Grenzscheitel limnisch/marin in Seemannshöft

Die Einträge aus dem Einzugsgebiet der Elbe in die Nordsee werden am Grenzscheitel limnisch/marin in Seemannshöft bestimmt. Neben den Orientierungswerten für den Gewässertyp 20 macht die aktuelle OGewV in § 14 Vorgaben für die Gesamtstickstoffkonzentration, die als Jahresmittelwert 2,8 mg/l nicht überschreiten soll. Bei Phosphor wird davon ausgegangen, dass die Einhaltung der jeweiligen gewässertypspezifischen Orientierungswerte im Binnenland ausreichend ist, um die Bewirtschaftungsziele in den Küstengewässern und im Meeresschutz zu gewährleisten. Für die Messstelle Seemannshöft liegt dieser Orientierungswert bei $\leq 0,1$ mg/l für Gesamtphosphor.

Die Jahresmittelwerte der Gesamtstickstoffkonzentrationen an der Messstelle Seemannshöft gingen im Zeitraum von 1997 – 2009 kontinuierlich von über 5 mg/l auf Werte von 3,2 bis 3,3 mg/l zurück (**Abb. 6-1**). In den nachfolgenden Jahren wurde diese stetige Abnahme unterbrochen. Die Werte schwankten zwischen 3,85 mg/l im Jahr 2010 und 2,8 mg/l im Jahr 2015. Auch der 5-jährige gleitende Mittelwert der Gesamtstickstoffkonzentration weist bis zum Jahr 2009 einen rückläufigen Trend auf. Danach schwankt dieser Wert um 3,4 mg/l und überschreitet damit die Vorgaben für den Meeresschutz um 0,6 mg/l oder ungefähr 20 %. Der gleitende Mittelwert für den Zeitraum 2011 – 2015 liegt bei 3,2 mg/l. Auf die Stickstoffkonzentration bezogen besteht ein Minderungsbedarf von 12,5 %.

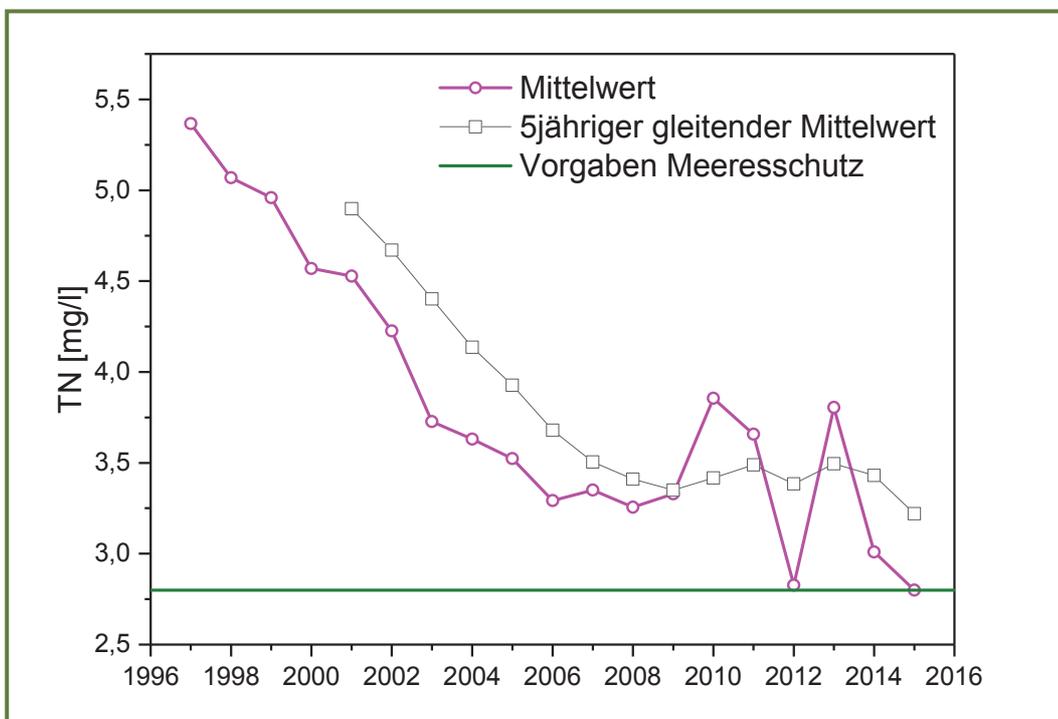


Abb. 6-1: Jahresmittelwerte der Gesamtstickstoffkonzentrationen an der Messstelle Seemannshöft

Für den gesamten Zeitraum von 1997 – 2015 liegt ein langjähriger signifikant abnehmender Trend vor (**Tab. 6-2**). Die Medianwerte der Gesamtstickstoffkonzentration nahmen im Mittel um 0,117 mg/l pro Jahr ab. Durch die erhöhten Konzentrationswerte in einigen Jahren seit 2010 ist der Trend für den letzten 5-Jahres-Zeitraum 2011 – 2015 jedoch nicht signifikant.

Tab. 6-2: Trendermittlung der Gesamtstickstoffkonzentration

TN			
Zeitraum	Signifikanzwert	Signifikanz	Sen-Trendstärke [mg/l pro Jahr]
1997 – 2015	0,0001	ja	-0,117
2011 – 2015	0,6134	nein	(-0,115)

Aus den Vorgaben der OGewV zum Meeresschutz ergibt sich ein langfristiges Bewirtschaftungsziel, das für die Messstelle Seemannshöft am Grenzscheitel limnisch/marin bei einer berechneten Fracht von 66 580 t/a liegt. Diese Zielfracht ergibt sich aus der Zielkonzentration und dem langjährigen mittleren Abfluss (LAWA 2017). Die gemessene Jahresfracht weist große Schwankungen auf und liegt in den abflussreichen oder durch Hochwasser geprägten Jahren deutlich über 120 000 t/a. In den Jahren 2004, 2008, 2009 und 2012 nähert sich die absolute Fracht den Zielvorgaben mit Werten unter 80 000 t/a an. In den Jahren 2014 und 2015 liegen die Frachten aufgrund der sehr geringen Abflussmengen mit geringfügig über 50 000 t/a unter dem Bewirtschaftungsziel. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit sind normierte Jahresfrachten aussagekräftiger, für die eine Korrektur durch Berücksichtigung der Abflussverhältnisse im betrachteten Jahr mit dem langjährigen mittleren Abfluss durchgeführt wird. Dennoch liegen die Jahresfrachten in den Jahren 2010, 2011 sowie 2013 über der langfristigen Entwicklung und der sich daraus ergebende Minderungsbedarf variiert zwischen 30 000 und fast 40 000 t/a. In den Jahren 2012, 2014 und 2015 liegt die Anforderung zur Erreichung des Bewirtschaftungsziels nur bei 5 000 bis 10 000 t/a. Die abflussnormierte Ist-Fracht für den Zeitraum 2011 – 2015 beträgt 84 393 t N/a. Für den Zeitraum 2011 – 2015 gemittelt ergibt sich ein Minderungsbedarf von ca. 18 000 t/a, dies entspricht bezogen auf die abflussnormierten Frachten einem prozentualen Minderungsbedarf von 21 %.

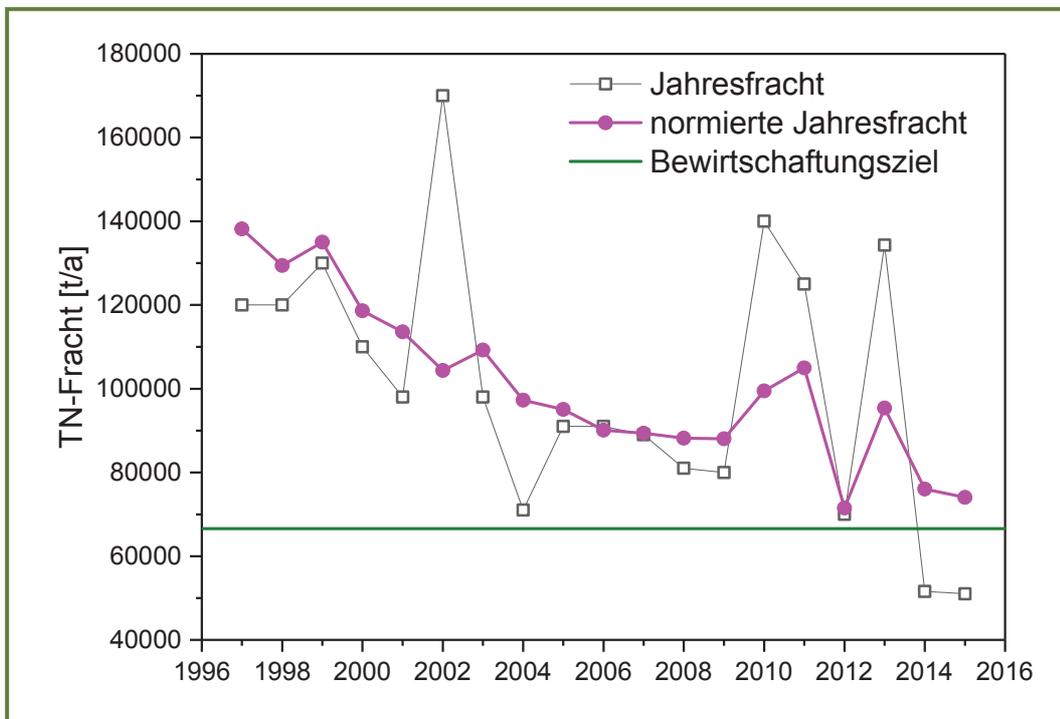


Abb. 6-2: Entwicklung der Jahresfrachten für Gesamtstickstoff an der Messstelle Seemannshöft

Seit dem Ende der neunziger Jahre nehmen die Jahresmittelwerte der Gesamtphosphorkonzentration ab. Die deutlichen Schwankungen zwischen den Jahren sind durch die hydrometeorologischen Bedingungen des jeweiligen Jahres verursacht. Die niedrigsten Konzentrationsmittelwerte liegen in den Jahren 2010 und 2013, Jahren mit hohen Abflussmengen bzw. Hochwassern (**Abb. 6-3**). Demgegenüber sind die Werte in den Jahren 2014 und 2015 mit 0,18 bzw. 0,20 mg/l aufgrund von langen Trockenwetterabflussperioden relativ hoch. Beim 5-jährigen gleitenden Mittelwert der Gesamtphosphorkonzentration werden die interannuellen Schwankungen ausgeglichen. Bis zum Zeitraum 2010 – 2014 ist eine Abnahme in einen Bereich von knapp über 0,15 mg/l erkennbar. Für den Zeitraum 2011 – 2015 liegt der gleitende Mittelwert bei 0,17 mg/l. Die Monitoringwerte liegen damit 0,05 bis 0,07 mg/l bzw. 50 bis 70 % über dem gewässertypspezifischen Orientierungswert.

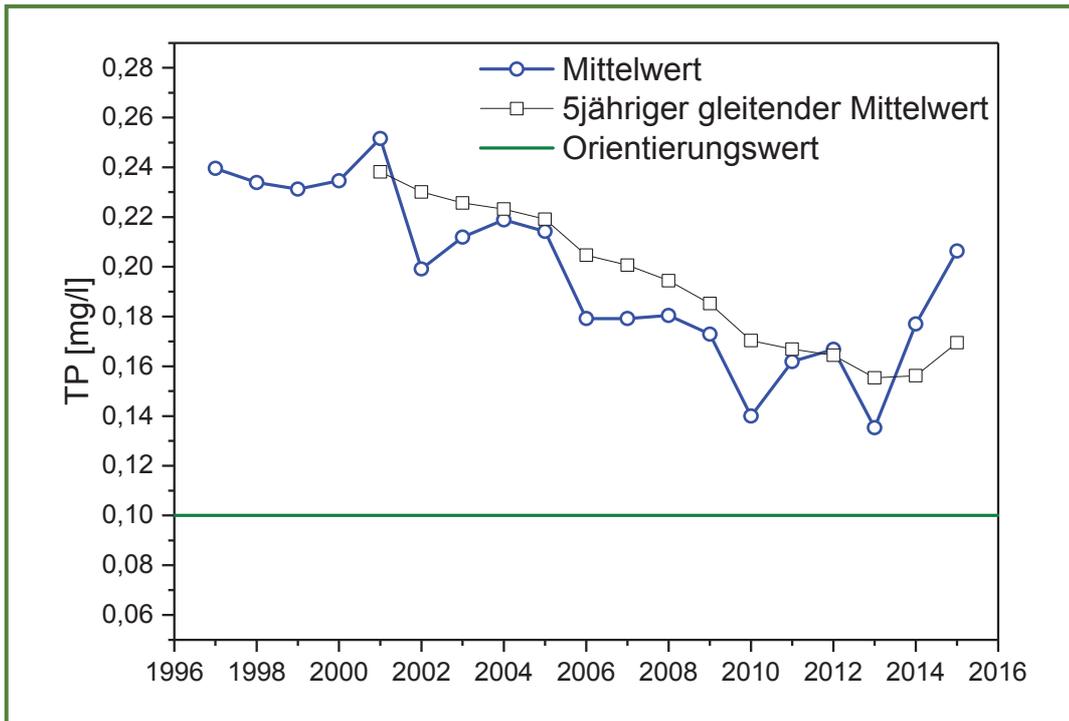


Abb. 6-3: Jahresmittelwerte der Gesamtposphorkonzentrationen an der Messstelle Seemannshöft

Wie auch beim Gesamtstickstoff weist der langjährige Trend für Gesamtphosphor eine signifikante Änderung von $-0,005$ mg/l pro Jahr auf (**Tab. 6-3**). Unter der Annahme, dass sich dieser Trend kontinuierlich fortsetzt, wäre in 10 bis 12 Jahren der Zielwert erreicht. Aufgrund der Konzentrationswerte in den Jahren 2014 und 2015 weist der Trend für die letzten fünf Jahre nicht nur keine Signifikanz auf, sondern ist in der Trendentwicklung durch ein positives Vorzeichen gekennzeichnet.

Tab. 6-3: Trendermittlung der Gesamtposphorkonzentration

TP			
Zeitraum	Signifikanzwert	Signifikanz	Sen-Trendstärke [mg/l pro Jahr]
1997 – 2015	0,0007	ja	-0,005
2011 – 2015	0,2207	nein	(+0,009)

Das Bewirtschaftungsziel für Phosphor liegt bei einer Jahresfracht von 2 385 t. Wie auch bei der Phosphorkonzentrationsentwicklung ist eine grundsätzlich abnehmende Entwicklung der Frachten erkennbar (**Abb. 6-4**). Der Höchstwert liegt mit 7 300 t/a im Jahr 2002. Die Jahresfrachten der Jahre 2009 und 2014 liegen unter 3 000 t/a und kommen dem Bewirtschaftungsziel am nächsten. Die normierten Jahresfrachten weisen geringere Schwankungen auf und erreichen in den Jahren 2010 – 2013 Werte zwischen 3 200 und 3 600 t/a. Die abflussnormierte Ist-Fracht für den Zeitraum 2011 – 2015 beträgt 3 940 t P/a. Für den Zeitraum 2011 – 2015 gemittelt ergibt sich ein Minderungsbedarf von ca. 1 555 t/a; dies entspricht bezogen auf die abflussnormierten Frachten einem prozentualen Minderungsbedarf von 40 %.

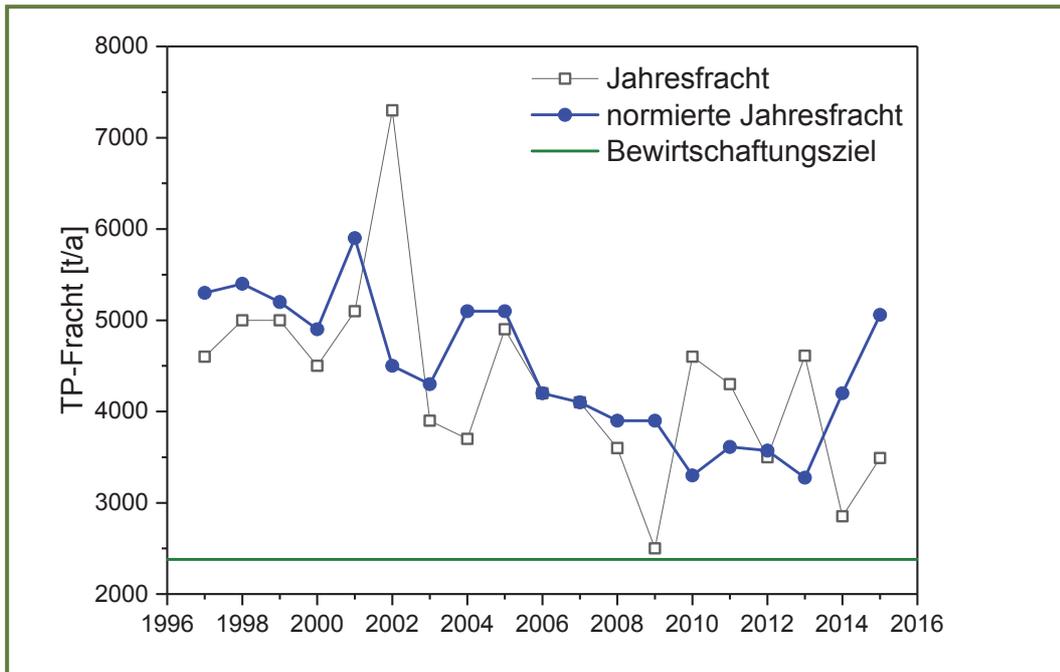


Abb. 6-4: Entwicklung der Jahresfrachten für Gesamtphosphor an der Messstelle Seemannshöft

Die Konzentrationen der für die Übergangs- und Küstengewässer relevanten Parameter zeigen einen deutlichen Gradienten vom Bereich Grauerort und Cuxhaven hin zu niedrigen Werten im Bereich des Küstengewässers um Helgoland. Im Bewertungszeitraum 2007 – 2012 verfehlten alle gemäß WRRL für die Bewirtschaftungspläne 2015 bewerteten Küstengewässer den guten ökologischen Zustand aufgrund von Eutrophierungseffekten (BMU 2018). Die Konzentrationswerte der fortgeschriebenen Zeitreihe 2011 – 2015 bestätigen dies (*vgl. Tab. 6-1*).

Obwohl die Entwicklung der Konzentrationen und Frachten von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor grundsätzlich positiv zu bewerten ist und für einen längeren Betrachtungszeitraum einen signifikant abnehmenden Trend aufweist, werden die in der OGewV festgelegten Bewirtschaftungsziele für die Messstelle Seemannshöft als Grenzscheitel limnisch/marin nicht erreicht. Hydrometeorologische Randbedingungen überlagern die kurzfristige Trendabschätzung, die keine Signifikanz ausweist (FGG Elbe 2017). Während der Minderungsbedarf bezogen auf die abflussnormierten Frachten für Gesamtstickstoff bei 21 % liegt, beträgt dieser für Gesamtphosphor knapp 40 %.

6.3 Bewertung der Stofffrachten von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor im Längsschnitt der Elbe und in ihren Nebenflüssen

Um die Nährstoffbelastung im Längsschnitt der Elbe und in ihren Nebenflüssen anschaulich zu dokumentieren, wurden die Frachtdaten für Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff von zwei Zeiträumen ausgewertet. Der erste (1997 – 2001) repräsentiert den Stand vor dem Beginn der Umsetzung der WRRL und der zweite (2011 – 2015) charakterisiert die Situation nach dem Abschluss des ersten „Internationalen Bewirtschaftungsplans für die Flussgebietseinheit Elbe“.

Für die Berechnung der Stickstoff- und Phosphorfrachten wurde die in der 25. Beratung der Expertengruppe SW der IKSE bestätigte Methodik zur Berechnung der auf den mittleren vieljährigen Jahresabfluss korrigierten Jahresstofffrachten verwendet (IKSE-EG SW 2016). Anhand der Ergebnisse der Jahresstofffrachten für Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff wurden für die beiden Bewertungszeiträume die Mittelwerte errechnet, die im Weiteren für die Bewertung der Veränderungen der Nährstofffrachten in den verschiedenen Teilen des Einzugsgebiets und auch für die Bestimmung der spezifischen Frachten sowie die Ermittlung der für die Durchführung effizienter Maßnahmen wichtigen Gebiete genutzt wurden.

Die Berechnungsergebnisse für die einzelnen Messstellen an der Elbe und ihren Nebenflüssen sind in **Tab. 6-4**, die Informationen über die mittleren Jahresfrachten für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor in den beiden Zeiträumen enthält und gleichzeitig die Veränderungen zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitraum dokumentiert, übersichtlich zusammengestellt. Grafisch sind die Entwicklung der Gesamtstickstofffracht in den Jahren 1997 – 2001 und 2011 – 2015 in den Schemata in **Abb. 6-5** sowie die Entwicklung der Gesamtphosphorfracht in den Jahren 1997 – 2001 und 2011 – 2015 in den Schemata in **Abb. 6-6** dargestellt. Der Vergleich der mittleren spezifischen Frachten für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor ist für die beiden Zeiträume in **Tab. 6-5** zusammengefasst.

Tab. 6-4: Stofffrachten für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor im Längsschnitt der Elbe und in ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015 sowie sich aus dem Vergleich der beiden Zeiträume ergebende Veränderungen

Staat	Elbe/Messstelle	Nebenflüsse der Elbe	Gesamtstickstoff			Gesamtphosphor		
			1997 – 2001	2011 – 2015	Veränderung	1997 – 2001	2011 – 2015	Veränderung
			[t/a]		[%]	[t/a]		[%]
CZ*		Orlice	3 171	2 934	-7,5	84	69	-17,9
		Valy	10 922	8 080	-26,0	465	233	-49,9
		Lysá	–	11 388	–	–	302	–
		Jizera	2 765	2 220	-19,7	101	61	-39,8
		Obříství	18 691	15 322	-18,0	731	400	-45,3
		Moldau (Vltava)	26 207	21 236	-19,0	1 383	644	-53,4
		Eger (Ohře)	3 347	3 978	+18,8	110	90	-18,8
		Děčín	52 502	42 797	-18,5	2 288	1 239	-45,8
CZ/D**	Schmilka/Hřensko	58 014	45 810	-21,0	3 083	1 541	-50,0	
D**		Dommitzsch	72 919	54 863	-24,8	2 763	1 695	-38,7
		Schwarze Elster	2 292	1 823	-20,5	56	51	-9,8
		Mulde	12 501	8 756	-30,0	240	229	-4,4
		Saale	25 910	20 814	-19,7	920	623	-32,3
		Magdeburg	108 194	86 625	-19,9	4 043	2 783	-31,2
		Havel	7 082	6 249	-11,8	740	440	-40,6
		Schnackenburg	114 201	83 141	-27,2	4 662	2 422	-41,6
		Seemannshöft	126 965	84 393	-33,5	5 340	3 944	-26,1

* Die Daten für die Messstelle Děčín und sämtliche weitere Messstellen an der Elbe und ihren Nebenflüssen oberhalb der Messstelle Děčín wurden anhand des Monitorings der tschechischen Seite gewonnen.

** Die Daten für das Grenzprofil Schmilka/Hřensko und sämtliche weitere Messstellen an der Elbe und ihren Nebenflüssen unterhalb des Grenzprofils Schmilka/Hřensko wurden anhand des Monitorings der deutschen Seite gewonnen.

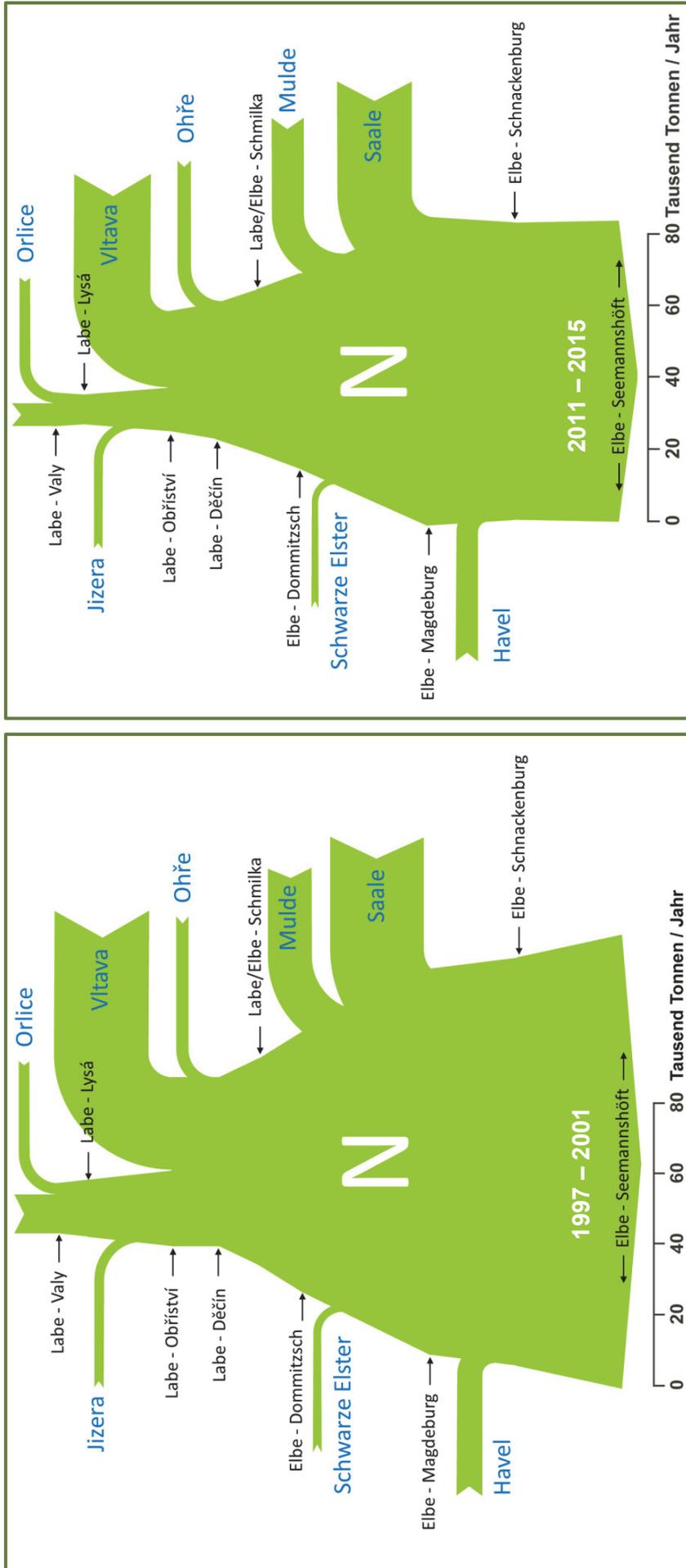


Abb. 6-5: Mittlere Jahresfrachten für Gesamtstickstoff in der Elbe und ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015

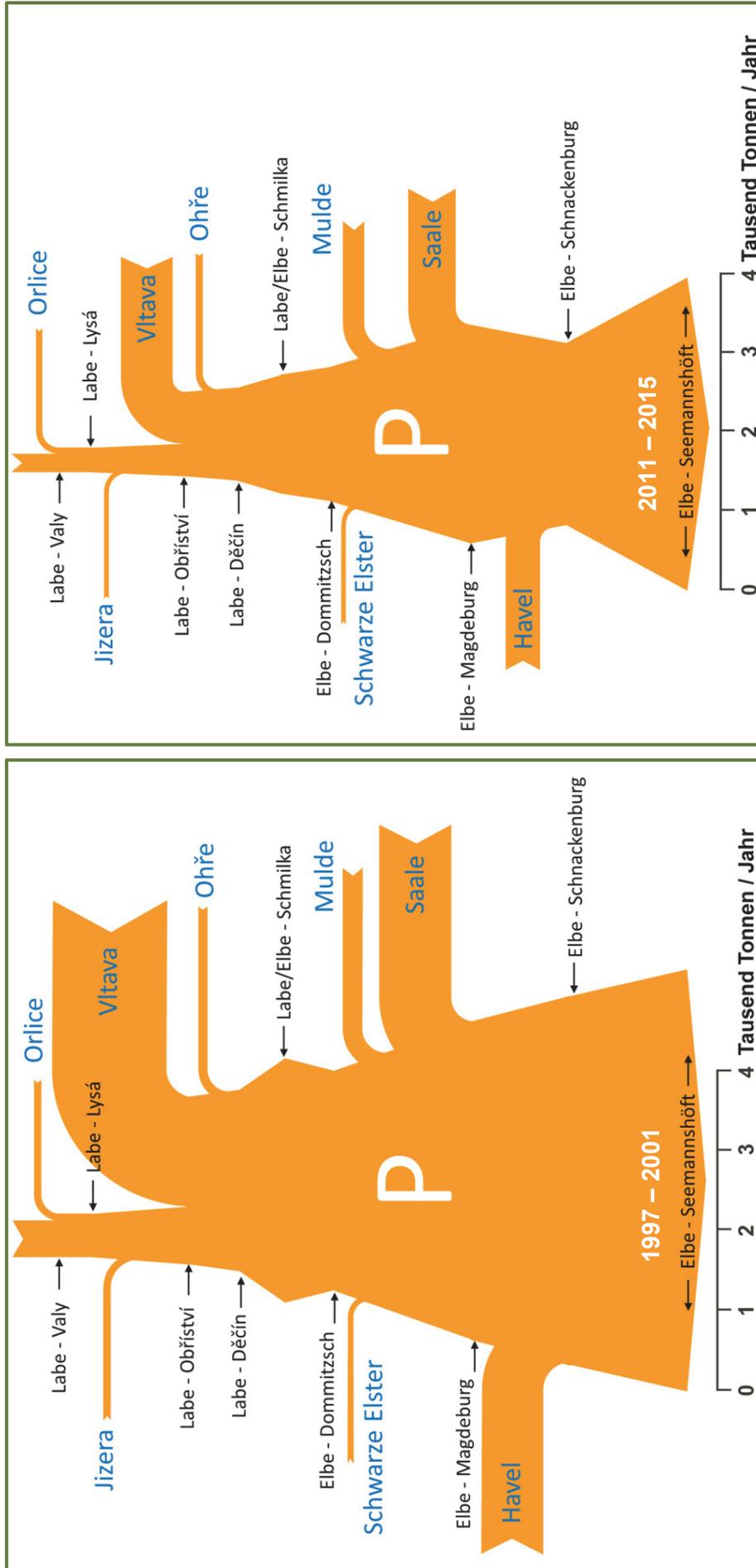


Abb. 6-6: Mittlere Jahresfrachten für Gesamtphosphor in der Elbe und ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015

Aus den Ergebnissen in **Tab. 6-4** sowie aus der **Abb. 6-5** und der **Abb. 6-6** ist ersichtlich, dass an allen Messstellen zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitraum hinsichtlich der Fracht der beiden bewerteten Nährstoffe ein markanter Rückgang eingetreten ist (mit der einzigen Ausnahme Gesamtstickstoff in der Eger im Zeitraum 2011 – 2015).

Für Gesamtstickstoff ist an den meisten Messstellen eine Verminderung ermittelt worden, die sich sehr oft um die 20 % bewegt. Der größte Rückgang der Frachten im Bereich von 30 % ist im Einzugsgebiet der Mulde eingetreten, eine Reduzierung um annähernd 20 % wurde in den Einzugsgebieten der Jizera, der Moldau, der Schwarzen Elster und der Saale registriert. Eine klar erkennbare Verminderung der Gesamtstickstofffracht im Bereich von 30 % wurde auch im Teil des Einzugsgebiets der Elbe zwischen den Messstellen Magdeburg und Seemannshöft ermittelt. Die Verringerung der Frachten an den entscheidenden Messstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft betrug 21 bzw. 34 %. Der Anteil der Gesamtstickstofffracht vom Gebiet Tschechiens machte im Zeitraum 1997 – 2001 annähernd 46 % aus und stieg im Zeitraum 2011 – 2015 auf 54 %. Die für die Bilanz bedeutsamsten Nebenflüsse im gesamten Einzugsgebiet sind zurzeit die Moldau, die Saale, die Mulde sowie die Elbe oberhalb der Moldaumündung.

Ein deutlich stärkerer Rückgang wurde bei der Gesamtphosphorfracht ermittelt, der an zahlreichen Messstellen 40 bis 50 % erreichte. Eine sehr gute Nachricht ist, dass sich die Gesamtphosphorfracht in den Teilen des Einzugsgebiets und in den bedeutenden Nebenflüssen stark reduziert hat, die den Großteil der Gesamtfracht bildeten. Als Beispiel können die Moldau und die Havel dienen, in denen sich die Fracht um 53 bzw. 41 % vermindert hat. Zu einer deutlichen Verringerung kam es auch an der entscheidenden Messstelle Schmilka/Hřensko, wo die Gesamtfracht zwischen den beiden Zeiträumen auf die Hälfte zurückging. Eine weniger markante Reduzierung der Phosphorbelastung wurde an der zweiten entscheidenden Messstelle Seemannshöft verzeichnet, wo sich die Gesamtphosphorfracht um 26 % verminderte. Der Vergleich der beiden entscheidenden Messstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft zeigt, dass der Anteil der Gesamtphosphorfracht vom Gebiet Tschechiens im Zeitraum 1997 – 2001 annähernd 58 % ausmachte und im Zeitraum 2011 – 2015 auf 39 % zurückging. Die für die Bilanz bedeutsamsten Nebenflüsse im gesamten Einzugsgebiet sind zurzeit die Moldau, die Saale und die Havel sowie insbesondere das Zwischeneinzugsgebiet der Elbe zwischen den Messstellen Schnackenburg und Seemannshöft.

Eine andere Sicht auf die Stoffströme von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor im Einzugsgebiet der Elbe liefert die Bewertung anhand der spezifischen Frachten (**Tab. 6-5**), die nicht nur den Stoffstrom selbst berücksichtigen, sondern auch den Vergleich verschiedener Einzugsgebiete untereinander im Hinblick auf das Belastungsmaß ermöglichen.

Für Gesamtstickstoff wurden die höchsten spezifischen Frachten im Zeitraum 2011 – 2015 in den Einzugsgebieten der Orlice, der Mulde, der Jizera, der Elbe bis zur Moldaumündung, in der Elbe zwischen den Messstellen Děčín und Dommitzsch sowie in der Saale ermittelt. Am wenigsten belastet waren die Einzugsgebiete der Havel und der Schwarzen Elster. Die spezifische Belastung der entscheidenden Messstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft war sehr unterschiedlich. Die spezifische Fracht aus dem tschechischen Teil des Einzugsgebiets betrug fast 0,9 t/km² pro Jahr, an der Messstelle Seemannshöft vor der Mündung ins Meer verringerte sich die spezifische Fracht auf den Wert 0,6 t/km² pro Jahr.

Für Gesamtphosphor wurden die höchsten spezifischen Frachten im Zeitraum 2011 – 2015 in den Einzugsgebieten der Mulde, der Orlice, der Elbe bis zur Messstelle Valy und in der Elbe zwischen den Messstellen Děčín und Dommitzsch ermittelt. Am wenigsten belastet waren hingegen die Einzugsgebiete der Schwarzen Elster, der Eger und der Havel. Die spezifische Belastung der entscheidenden Messstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft war sehr ähnlich und bewegte sich in der Nähe des Werts 0,03 t/km² pro Jahr.

Tab. 6-5: Spezifische Stofffrachten für Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff im Längsschnitt der Elbe und in ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015

Staat	Elbe/Messstelle	Nebenflüsse der Elbe	Gesamtstickstoff			Gesamtphosphor		
			1997 – 2001	2011 – 2015	Veränderung	1997 – 2001	2011 – 2015	Veränderung
			[t/km ² pro Jahr]	[t/km ² pro Jahr]	[%]	[t/km ² pro Jahr]	[t/km ² pro Jahr]	[%]
CZ*		Orlice	1,56	1,44	-7,7	0,041	0,034	-17,1
		Valy	1,74	1,29	-25,9	0,074	0,037	-50,0
		Lysá	–	1,07	–	–	0,028	–
		Jizera	1,26	1,01	-19,8	0,046	0,028	-39,1
		Obříství	1,36	1,12	-17,6	0,052	0,029	-44,2
		Moldau	0,93	0,76	-18,3	0,049	0,023	-53,1
		Eger	0,60	0,71	18,3	0,020	0,016	-20,0
		Děčín	1,03	0,84	-18,4	0,045	0,024	-46,7
CZ/D**	Schmilka/Hřensko	1,13	0,89	-21,2	0,060	0,030	-50,0	
D**		Dommitzsch	1,31	0,99	-24,4	0,050	0,030	-40,0
		Schwarze Elster	0,53	0,42	-20,8	0,013	0,012	-7,7
		Mulde	2,03	1,42	-30,0	0,039	0,037	-5,1
		Saale	1,09	0,88	-19,3	0,039	0,026	-33,3
		Magdeburg	1,14	0,91	-20,2	0,043	0,029	-32,6
		Havel	0,29	0,26	-10,3	0,031	0,018	-41,9
		Schnackenburg	0,92	0,67	-27,2	0,038	0,022	-42,1
		Seemannshöft	0,91	0,60	-34,1	0,038	0,028	-26,3

* Die Daten für die Messstelle Děčín und sämtliche weitere Messstellen an der Elbe und ihren Nebenflüssen oberhalb der Messstelle Děčín wurden anhand des Monitorings der tschechischen Seite gewonnen.

** Die Daten für das Grenzprofil Schmilka/Hřensko und sämtliche weitere Messstellen an der Elbe und ihren Nebenflüssen unterhalb des Grenzprofils Schmilka/Hřensko wurden anhand des Monitorings der deutschen Seite gewonnen.

6.4 Zusammenfassung

Im internationalen Einzugsgebiet der Elbe hat sich die Wasserqualität in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert. An der Messstelle Schmilka/Hřensko halbierte sich die Phosphorfracht im Vergleich der Zeiträume 1997 – 2001 und 2011 – 2015 und die Stickstofffracht ging um gut ein Fünftel (21 %) zurück. An der Messstelle Seemannshöft verringerte sich die Phosphorfracht beim Vergleich der beiden 5-Jahres-Zeiträume um gut ein Viertel (26 %) und die Stickstofffracht um etwa ein Drittel.

Mit der WRRL haben sich durch die Berücksichtigung ökologischer Anforderungen an die Gewässergüte auch die Anforderungen weiterentwickelt. Für die Binnengewässer und insbesondere die Nordsee bestehen daher weitere Handlungsbedarfe die Nährstoffeinträge zu verringern. An der Messstelle Seemannshöft – dem Übergangspiegel zwischen dem limnischen und dem marinen System – beträgt die aus dem langjährigen Abfluss ermittelte Zielfracht 66 580 t Stickstoff. Die mittlere jährliche abflussnormierte Fracht für den Zeitraum 2011 – 2015 beträgt 84 400 t N, so dass die Fracht zur Zielerreichung um 17 800 t oder um 21 % vermindert werden muss.

Für Phosphor beträgt (an der Messstelle Seemannshöft) die aus dem langjährigen Abfluss ermittelte Zielfracht 2 385 t. Die mittlere jährliche abflussnormierte Fracht für den Zeitraum 2011 – 2015 beträgt 3 940 t P, so dass die Fracht zur Zielerreichung um 1 555 t P oder um 40 % vermindert werden muss. Für Phosphor wird der Minderungsbedarf nicht aus den Meeresschutzzielen abgeleitet, sondern aus den Anforderungen aus dem Binnenland, um auch in den Binnengewässern und im Elbestrom die ökologischen Ziele der WRRL zu erreichen. Durch die Aufsummierung der Minderungsbedarfe für die wichtigen Nebenflüsse und am Grenzprofil ergibt sich ein abflussnormierter Minderungsbedarf von 1 358 t P, dieser ist um etwa 200 t P niedriger als der an der Messstelle Seemannshöft ermittelte Minderungsbedarf.

7. Nährstoffquellen und Eintragspfade

7.1 Methodische Ansätze zur Identifizierung von Nährstoffquellen und Eintragspfaden

Im Rahmen der Umsetzung der WRRL ist es erforderlich, die Nährstoffbelastung der Oberflächengewässer und des Grundwassers mit hinreichender räumlicher und zeitlicher Auflösung für größere Einzugsgebiete zu quantifizieren. Hierbei ist eine Abschätzung der Belastung hinsichtlich der wichtigsten Eintragspfade aus diffusen und punktuellen Quellen erforderlich. Darüber hinaus sind die Wechselwirkungen zwischen Bodennutzungsstrukturen, insbesondere der industriellen, landwirtschaftlichen, fischereilichen und forstlichen Nutzungen, zu analysieren, um hierauf aufbauend Maßnahmen zur Reduzierung schädlicher Nährstoffbelastungen abzuleiten. Die Identifizierung von Nährstoffquellen und Eintragspfaden ist eine wichtige Grundvoraussetzung für die zielgerichtete Ableitung von Maßnahmen und auch für deren Erfolgskontrolle. Die räumliche und zeitliche Differenzierung der Nährstoffquellen und Eintragspfade kann durch die Auswertung von Monitoringdaten abgeleitet oder durch eine Modellierung der Nährstoffbilanz abgeschätzt werden.

Empirische oder semi-empirische Modelle beschreiben auf der Basis von statistischen Ableitungen aus Datensätzen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Eintragspfade die Nährstoffeinträge in die Gewässer. Konzeptionelle oder physikalisch basierte Modelle werden in der Regel bei besonderen Fragestellungen oder in kleineren Skalenebenen als dem Flussgebiet eingesetzt. Durch die Anwendung einer einheitlichen Methodik in einer Flussgebietseinheit ist eine hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse gegeben.

Eine Nährstoffbilanz kann auch aus Monitoringdaten ermittelt werden. Dazu wird neben einer Inventarisierung der bekannten Punktquellen auch eine gezielte Beprobung und Analyse der stofflichen Beiträge einzelner Nährstoffquellen und Eintragspfade durchgeführt. Unsicherheiten entstehen, wenn nicht alle relevanten Bilanzelemente erfasst werden können. Generell ist für eine Nährstoffbilanz aus Monitoringdaten eine deutlich intensivere Probenahme als in der generellen Überwachung nach WRRL notwendig. Daher werden diese Ansätze häufig in mesoskaligen oder kleineren Einzugsgebieten oder für besondere Fragestellungen genutzt. Durch die gezielte Beobachtung einzelner Nährstoffquellen und Eintragspfade ist jedoch auch eine sichere Erfolgskontrolle bei der Umsetzung von Maßnahmen möglich.

7.2 Modellgestützte Ergebnisse aus Deutschland

In den meisten deutschen Bundesländern werden Nährstoffeinträge modellgestützt ermittelt. Anwendung finden z. B. die Modelle MONERIS, das daraus hervorgegangene Modell MoRE, das Modellpaket GROWA-WEKU-DENUZ-MEPhos, das Modell STOFFBILANZ sowie Kombinationen dieser mit dem Regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem RAUMIS (Heidecke et al. 2015). In der FGG Elbe wurde zur Vorbereitung der Maßnahmenplanung im Rahmen der Aktualisierung der Bewirtschaftungsplanung eine Nährstoffbilanzierungsmodellierung mit dem Modell MONERIS (Version 3.01) durchgeführt. Darüber hinaus werden in den Ländern der FGG Elbe unabhängig davon modellgestützte Analysen der Nährstoffeinträge durchgeführt, deren Ergebnisse konsistent zu den überregionalen Abschätzungen mit MONERIS sind, im Detail aber davon abweichen können. MONERIS ist ein semi-empirisches konzeptionelles Modell, welches auf Basis einer umfangreichen Datengrundlage Nährstoffeinträge über verschiedene Eintragspfade aus diffusen Quellen und Punktquellen erfasst. Insgesamt werden sieben Eintragspfade beschrieben. Die Unterteilung des Gesamtabflusses in Grundwasser, Zwischenabfluss und Oberflächenabfluss wird über die Ansätze von Carl (Carl et al. 2008) sowie Carl und Behrendt (2008) berechnet. Die Gewässeroberfläche zur Bestimmung der Nährstoffretention und der Einträge durch atmosphärische Deposition wird nach Venohr (Venohr et al. 2011) ermittelt.

Die Eintragspfade für Nährstoffe von MONERIS umfassen:

- Punktquellen durch kommunale Kläranlagen und industrielle Direkteinleiter,
- atmosphärische Deposition,
- Erosion von landwirtschaftlichen Flächen,
- gelöste Nährstoffe durch Oberflächenabfluss, Abschwemmung,

- Grundwasser/Interflow,
- Dränagen und
- Abfluss durch versiegelte urbane Flächen.

Die Implementierung von Maßnahmen und Szenarien findet durch Modifikation der Eingangsdaten oder durch Modifikation von Zwischenergebnissen statt. Für die Modellierung in der FGG Elbe wurde das Modell geringfügig angepasst (FGG Elbe 2016). Die Datenbasis für die Modellierung setzt sich aus übernommenen Daten bundesweiter Modellierungsvorhaben, bundeseinheitlich aktualisierten Eingangsdaten und aus Eingangsdaten zusammen, die durch die Länder der FGG Elbe für diese Modellierung angepasst wurden. Letztere sind z. B. Zeitreihen ausgewählter Pegel- und Gütemessstellen, Dränagedaten und Flächenanteile konservierender Bodenbearbeitung. Die Modellanwendung erfolgte für die Jahre 2006 – 2010. Insgesamt zeichnet sich diese „Status Quo“-Modellierung der Stickstoff- und Phosphoreinträge durch eine zufriedenstellende Plausibilität sowohl für die unterschiedlichen Naturräume als auch für die Einzelländer aus. Dies trifft für die Höhe der Einträge und die Pfadaufteilung zu.

Mit dem Modell MONERIS lassen sich Pfade und Quellen (Herkünfte/Verursacher) von Nährstoffeinträgen ermitteln. Im Folgenden werden vorrangig die Ergebnisse zu den Eintragspfaden beschrieben, weil hieran konkrete Maßnahmen angeknüpft werden können. Eine direkte Zuordnung der Eintragspfade zu Quellen oder Verursachern ist nicht in jedem Fall möglich.

Die Separation des kalibrierten Gesamtabflusses erfolgt in MONERIS in Oberflächenabfluss, Erosion, Dränagen, Grundwasser/Interflow, Einleitungen aus Punktquellen und über versiegelte urbane Flächen. Die Komponententrennung erfolgt durch empirische Ansätze. Die Abweichung beträgt in der Regel unter 5 %. Höhere Abweichungen bis zu 11,4 % treten nur im Jahr 2006 auf. Diese zufriedenstellende Abschätzung des Wasserhaushalts und die Aufteilung des Abflusses in Abflusskomponenten ist eine der Grundvoraussetzungen für eine pfadspezifische Berechnung der Einträge.

Die simulierten Stickstoffeinträge für den Zeitraum 2006 – 2010 liegen im Mittel bei 112 000 t und variieren zwischen 94 000 t im Jahr 2009 und 140 000 t im Jahr 2010. Die zeitliche Dynamik entspricht den auch bei den Frachten in Seemannshöft am Übergabepunkt limnisch/marin ermittelten Werten. Im Modell ist dies auf das besonders abflussarme Jahr 2009 und das besonders abflussreiche Jahr 2010 bzw. die darauf aufbauenden Frachtberechnungen der Eintragspfade zurückzuführen. Mit knapp 40 % (2009) bzw. 55 % (2010) Anteil an den Gesamtstickstoffeinträgen ist für Stickstoff Grundwasser/Interflow der wesentliche Eintragspfad, der modellseitig nicht weiter differenziert wird. Daneben hat mit im Mittel ca. 25 % der Gesamteinträge der Eintragspfad über Dränagen Bedeutung. Punktquellen (16 %), urbane Systeme (6 %), Abschwemmung (4 %), atmosphärische Deposition (2 %) und Erosion (1 %) sind von untergeordneter Bedeutung. Dieses Verteilungsmuster kann jedoch in Abhängigkeit von der Naturraumausstattung abweichende Verhältnisse aufweisen (**Tab. 7-1**). Während in den nördlichen Regionen, wie z. B. den Marschen oder der Nordostdeutschen Seenplatte, die Einträge über Dränagen besonders dominant sind, ist es in den Mittelgebirgslagen und Beckenlandschaften der Pfad Grundwasser/Interflow.

Die Länder Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen mit einem großen Flächenanteil am deutschen Einzugsgebiet der Elbe haben die höchsten absoluten Eintragsmengen (**Abb. 7-1**). Für die besonders hohe Stickstoffeintragsmenge in Sachsen kann eine Unsicherheit bei der zugrundeliegenden Landnutzungsinformation ein Grund für eine Überschätzung sein. Obwohl auch Brandenburg einen erheblichen Flächenanteil am deutschen Einzugsgebiet der Elbe hat, ist die absolute Stickstoffeintragsmenge gering. Eine der Ursachen für die geringeren Einträge im Vergleich zu den anderen Flächenländern ist die abgeschätzte Wasserbilanz. In Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern überwiegt der Stickstoffeintrag über Dränagen. Diese Verteilung ist plausibel und Grundlage für eine räumlich differenzierte Maßnahmenplanung.

Tab. 7-1: Stickstoffeinträge über die unterschiedlichen Eintragspfade in den Naturräumen (Durchschnitt 2006 – 2010)

Naturraum	Atmosphärische Deposition	Abschwemmung	Erosion	Dränagen	Grundwasser/Interflow	Urbane Systeme	Punktquellen
	[t/a]						
Harz	15	61	24	24	1 186	159	106
Lössböden	173	678	367	4 803	13 506	2 186	4 788
Marschen	76	171	1	3 043	404	111	2 972
Nordostdeutsche Seenplatte	671	169	20	2 792	447	117	1 021
Hess. und Nieders. Bergland	0	17	1	5	175	3	1
Thüringer Becken	66	301	286	1 336	8 677	1 707	860
Thüring.-Bay.-Sächs. Mittelgebirge	135	851	372	2 203	14 426	1 704	1 530
Zentrales Norddeutsches Tiefland	1 083	2 059	113	13 181	12 891	1 050	7 150

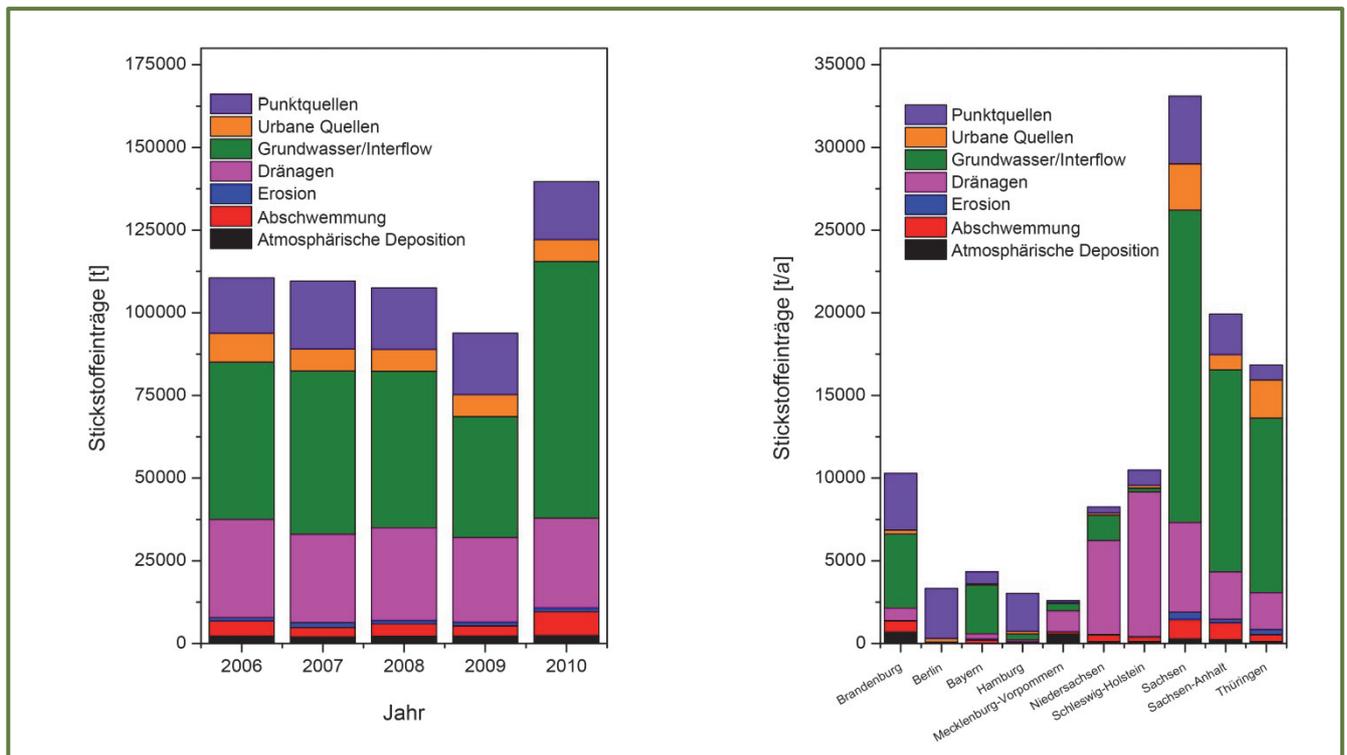


Abb. 7-1: Stickstoffeintragspfade in den Bundesländern im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe

Die simulierten Phosphoreinträge für den Zeitraum 2006 – 2010 liegen im Mittel bei 4 050 t/a. Die Eintragsmenge variiert zwischen den Jahren von ca. 3 700 t (2009) bis 4 300 t (2010) deutlich geringer als bei Stickstoff. Während bei Stickstoff ein Eintragspfad dominiert, liegt bei Phosphor eine gleichmäßigere Verteilung vor. Im mehrjährigen Mittel beträgt der Anteil der Phosphoreinträge aus Punktquellen und urbanen Systemen jeweils 28 %. Über den Pfad Grundwasser/Interflow werden 18 %, über Erosion 12 % und die Dränagen 11 % eingetragen. Atmosphärische Deposition und Abschwemmung nehmen untergeordnete Rollen ein. Reliefbedingt nimmt der Anteil des Phosphoreintrags durch Erosion in den Naturräumen der Mittelgebirge, aber auch der Lössböden zu und dominiert z. T. die Einträge aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen deutlich (**Tab. 7-2**). Phosphoreinträge aus Dränagen sind im Norddeutschen Tiefland und in den Marschen überproportional bedeutend. Ca. ein Drittel des Phosphors im Norddeutschen Tiefland und damit deutlich mehr als im Mittel wird über

den Pfad Grundwasser/Interflow eingetragen. Die spezifischen Informationen, z. B. Anschlussgrade an die Kanalisation, Anteil der Mischwasserkanalisation, kommunale Kläranlagen etc., führen zu einer unterschiedlichen Wichtung der Phosphoreintragspfade in den Bundesländern (**Abb. 7-2**). Während in den Stadtstaaten Hamburg und Berlin deutlich mehr als die Hälfte der Einträge aus Punktquellen stammt, ist es bei den Flächenstaaten Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen der Eintrag über urbane Systeme, der überproportional ist.

Tab. 7-2: Phosphoreinträge über die unterschiedlichen Eintragspfade in den Naturräumen (Durchschnitt 2006 – 2010)

Naturraum	Atmosphärische Deposition	Abschwemmung	Erosion	Dränagen	Grundwasser/Interflow	Urbane Systeme	Punktquellen
	[t/a]						
Harz	0	0	7	0	5	23	13
Lössbörden	5	3	165	25	72	332	327
Marschen	2	2	1	59	12	22	142
Nordostdeutsche Seenplatte	20	2	10	32	46	29	44
Hess. und Nieders. Bergland	0	0	0	0	1	0	0
Thüringer Becken	2	2	102	8	32	248	122
Thüring.-Bay.-Sächs. Mittelgebirge	4	6	132	12	75	244	146
Zentrales Norddeutsches Tiefland	32	18	63	298	508	239	354

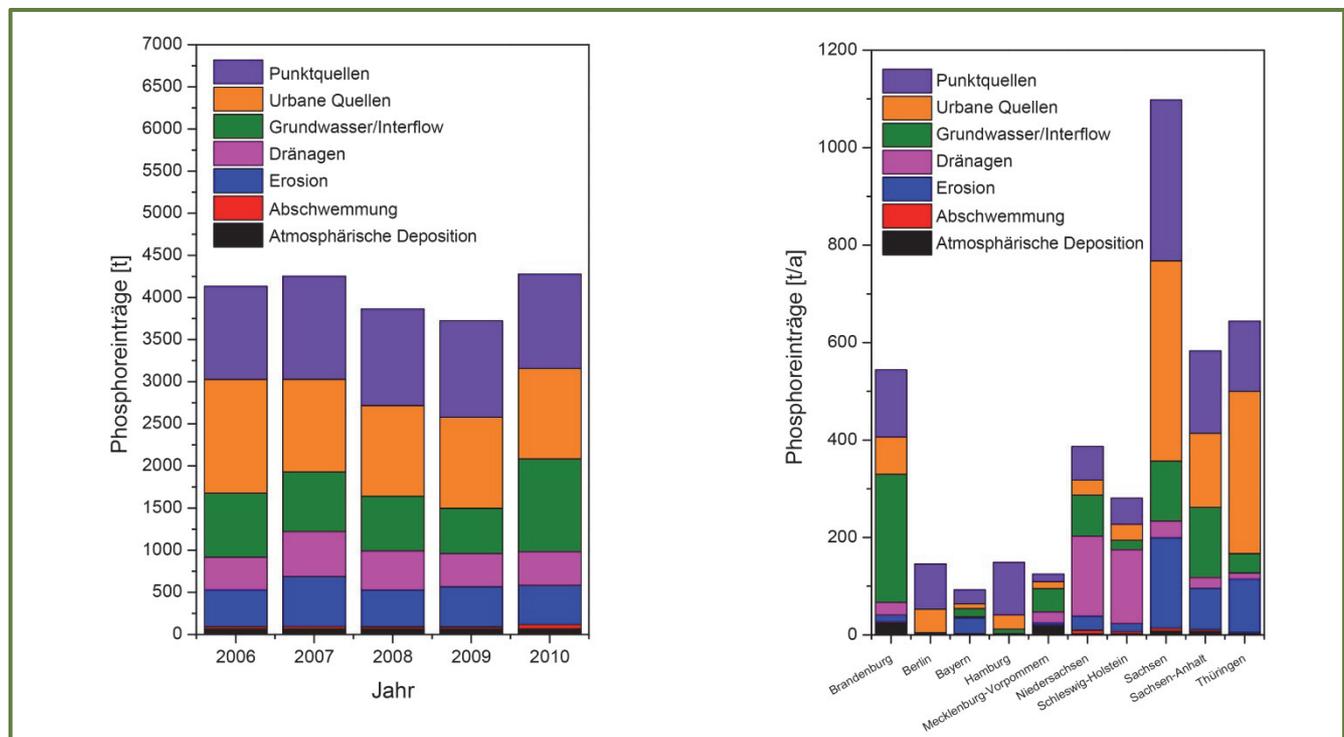


Abb. 7-2: Phosphoreintragspfade in den Bundesländern im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe

Tab. 7-3 bewertet die relativen Anteile der Stickstoffeintragspfade am Gesamteintrag nach Bundesländern und fasst deren Bedeutung zusammen. Nahezu ein Drittel des Gesamteintrags wird über den Pfad Grundwasser/Interflow in den bereits oben genannten Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen freigesetzt.

Tab. 7-3: Überregional bedeutsame Eintragungspfade für Stickstoff

Bundesland	Atmosphärische Deposition	Abschwemmung	Erosion	Dränagen	Grundwasser/Interflow	Urbane Systeme	Punktquellen
	Anteil Eintragungspfad an den Gesamteinträgen im deutschen Teil des Elbegebiets [%]						
Brandenburg	0,6	0,6	0,0	0,7	4,0	0,2	3,1
Berlin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,7
Bayern	0,0	0,2	0,1	0,3	2,6	0,1	0,7
Hamburg	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	2,0
Mecklenburg-Vorpommern	0,5	0,1	0,0	1,1	0,4	0,0	0,1
Niedersachsen	0,1	0,4	0,0	5,1	1,4	0,1	0,3
Schleswig-Holstein	0,1	0,2	0,0	7,8	0,2	0,1	0,8
Sachsen	0,3	1,0	0,4	4,8	16,8	2,5	3,7
Sachsen-Anhalt	0,2	0,9	0,2	2,6	10,9	0,8	2,2
Thüringen	0,1	0,4	0,3	2,0	9,4	2,0	0,8

■ Pfadanteil > 1 – 5 %, ■ Pfadanteil > 5 %

Entsprechend der Naturraumausstattung und der Länderstrategien zur Abwasserbehandlung ergeben sich für Phosphor Eintragungsschwerpunkte bei den Pfaden urbane Systeme und Grundwasser/Interflow (Tab. 7-4). Durch die Aufteilung des Phosphoreintrags auf mehrere Pfade – im Vergleich zu einem besonders dominanten Pfad bei Stickstoff – sind jedoch auch weitere Eintragungspfade mit einem Anteil von bis zu 5 % des Gesamteintrags von Relevanz. Durch die Abschätzung der relativen Bedeutung einzelner Eintragungspfade können für die FGG Elbe insgesamt Handlungsschwerpunkte in den Ländern identifiziert werden, um die gemeinsam getragenen überregionalen Reduktionsziele zu erreichen.

Tab. 7-4: Überregional bedeutsame Eintragungspfade für Phosphor

Bundesland	Atmosphärische Deposition	Abschwemmung	Erosion	Dränagen	Grundwasser/Interflow	Urbane Systeme	Punktquellen
	Anteil Eintragungspfad an den Gesamteinträgen im deutschen Teil des Elbegebiets [%]						
Brandenburg	0,5	0,1	0,4	0,6	6,5	1,9	3,4
Berlin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	2,3
Bayern	0,0	0,1	0,8	0,1	0,4	0,3	0,7
Hamburg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	2,7
Mecklenburg-Vorpommern	0,4	0,0	0,1	0,6	1,2	0,3	0,4
Niedersachsen	0,1	0,2	0,7	4,0	2,1	0,8	1,7
Schleswig-Holstein	0,1	0,1	0,4	3,7	0,5	0,8	1,3
Sachsen	0,2	0,1	4,6	0,8	3,1	10,1	8,1
Sachsen-Anhalt	0,2	0,1	2,1	0,5	3,6	3,8	4,2
Thüringen	0,1	0,1	2,7	0,3	1,0	8,2	3,6

■ Pfadanteil > 1 – 5 %, ■ Pfadanteil > 5 %

Die mittleren hydrologischen Bedingungen der „Status Quo“-Modellierungsjahre 2006 – 2010 stellen die Grundlage für die Berechnung von Szenarien dar. Ihre Auswahl reicht von einer Reduktion des Stickstoffüberschusses bis zur Umwandlung von Acker in Grünland und wird durch drei Szenarien zur Siedlungswasserwirtschaft ergänzt. Die simulierte Reduzierung der Stoffeinträge weist eine hohe Spannweite von ca. 5 000 t/a bis zu Werten unter 100 t/a auf. Die Szenarien reichen von einer Verminderung des Stickstoffüberschusses auf 40 kg/ha/a oder einer Verbesserung der Stickstoffausnutzungseffizienz mit hohem Reduktionspotenzial bis zur Erhöhung der Fläche mit Zwischenfruchtanbau mit geringem Effekt auf die Stickstoffeinträge. Da in vielen Bundesländern die Stickstoffüberschüsse bereits in diesem Wertebereich liegen, können für acht der zehn Länder keine oder nur sehr geringe Eintragsreduktionen abgeschätzt werden. Lediglich für Niedersachsen (ca. 15 %) und Schleswig-Holstein (ca. 20 %) sind deutliche Reduktionsmöglichkeiten berechnet worden, die überwiegend über den Dränagepfad wirken und somit eine klare Maßnahmenoption vorgeben. Die Reduktion der Phosphoreinträge bei den ausgewählten Szenarien ist insgesamt geringer und liegt in der Regel deutlich unter 1 % der Eintragsmenge. Diese geringe Wirksamkeit der Maßnahmenoptionen zur Phosphorreduktion aus urbanen Systemen und Punktquellen belegt einerseits die hohe Qualität der vorhandenen kommunalen Abwasserbehandlung. Andererseits wird deutlich, dass alternative Maßnahmen entwickelt werden müssen, um eine Phosphoreintragsreduktion zu erreichen, die den Bewirtschaftungszielen entspricht.

Insgesamt kann für Stickstoff festgehalten werden, dass nahezu drei Viertel des Eintrags über die diffusen Pfade Abschwemmung, Grundwasser/Interflow und Dränagen eingetragen werden. Stickstoffeinträge aus Punktquellen sind mit einem Anteil von weniger als 20 % untergeordnet. Demgegenüber werden Phosphorverbindungen zu über 50 % aus Punktquellen und über urbane Systeme eingetragen. Einträge über die diffusen Eintragspfade Grundwasser/Interflow, Dränagen und Erosion tragen ca. 40 % zum Gesamteintrag bei.

7.3 Monitoringgestützte Ergebnisse aus Tschechien

Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe wird im Unterschied zu seinem deutschen Teil die Bedeutung der einzelnen Nährstoffquellen überwiegend auf der Grundlage des gezielten Monitorings von Schadstoffquellen sowie anhand von für die gesamte Republik geführten Registern über die Quellen von Nährstoffen und deren Einleitungen in die Gewässer bestimmt und abgeschätzt. Obwohl in einigen Teilen des Einzugsgebiets der Elbe auch Simulationsmodelle (z. B. MIKE Basin, VSTOOLS oder SWAT) zur Charakterisierung der Schadstoffquellen und zur Quantifizierung der Nährstoffeinträge in das Gewässernetz verwendet werden, handelt es sich nicht um eine flächendeckende Anwendung mit der Möglichkeit, die Ergebnisse für die gesamte Flussgebietseinheit Elbe vergleichen zu können.

Die Quantifizierung des Nährstoffeintrags aus Punktquellen (kommunalen, industriellen, ggf. sonstigen) basiert zum großen Teil auf jährlichen Meldungen der insgesamt eingeleiteten Abwassermenge sowie auf aus diesen Quellen stammenden Informationen über die mittleren Nährstoffkonzentrationen. Diese Daten werden aufgrund des Wassergesetzes 254/2001 der Gesetzsammlung und der entsprechenden Durchführungsverordnungen erfasst. Für kleinere Einleiter (kleine Kommunen) und in den Registern nicht erfasste Einleiter werden die Informationen auf der Grundlage des detaillierten Monitorings von Einleitungsorten in ausgewählten Piloteinzugsgebieten ergänzt. Die aus diesen Einzugsgebieten gewonnenen Daten ermöglichen es, für die verschiedenen Einleitertypen und Arten der Abwasserbewirtschaftung Einleitungsstandards zu definieren. Für die Punkteinleiter überwachte Einzugsgebiete erreichen in der Regel Größen von Hunderten bis Tausenden Quadratkilometern und umfassen verschiedene Größenkategorien von Siedlungen im Bereich von sehr kleinen Gemeinden (weniger als 50 Einwohner) bis zu großen Städten (mehr als 10 000 Einwohner).

Die Daten für den Eintrag von Stickstoff und Phosphor aus diffusen Quellen in die Gewässer werden für die beiden Nährstoffe unterschiedlich gewonnen. Der Grund für die verschiedenen Monitoringarten besteht in den Unterschieden in der Gesamtbilanz der beiden Nährstoffe auf landwirtschaftlichen Böden. Für Stickstoff werden auf der gesamten Fläche des Einzugsgebiets der Elbe mittlere bis sehr hohe Stickstoffüberschüsse ermittelt, überwiegend in Form von Nitrat, die von den landwirtschaftlichen Böden ungenutzt abfließen. Deshalb wird für die Zwecke der Nitratrichtlinie auf dem gesamten Gebiet Tschechiens Stickstoff in den Gewässern systematisch im 4-Jahres-Zyklus untersucht und mit

einer höheren Dichte an Messstellen in ausgewiesenen gefährdeten Gebieten, in denen das Ausschwemmungsrisiko für Stickstoff hoch ist. Die Überwachungsstellen repräsentieren überwiegend kleine bis mittlere landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiete mit einem kleineren Anteil an Siedlungen und größeren Punkteinleitern. Die Monitoringergebnisse werden zur Aktualisierung der gefährdeten Gebiete und zur gezielten Anwendung von Maßnahmen aus dem Aktionsprogramm gemäß Nitratrichtlinie genutzt.

Für Phosphor sind die Gesamtbilanzen auf den landwirtschaftlichen Böden ausgeglichen und in einigen Gebieten sogar negativ, wobei die Pflanzen Phosphorreserven aus dem Boden nutzen. Daher erfolgt für Phosphor kein regelmäßiges Monitoring. Nur die Höhe der Phosphorvorräte in den landwirtschaftlichen Böden wird laufend mit dem Ziel untersucht, den Einsatz von Phosphor in Abhängigkeit von einem Mangel oder Überschuss operativ anpassen zu können. Um jedoch die Phosphoreinträge aus diffusen Quellen (landwirtschaftlichen Böden) charakterisieren zu können, erfolgten von 2006 – 2009 ein gezieltes Screening sowie ein detailliertes zusätzliches Monitoring von ausgewählten rein landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten auf der gesamten Fläche Tschechiens. Die Messstellen repräsentierten sehr kleine Einzugsgebiete. Sie wurden so ausgewählt, dass sie nur einen Bodentyp und einen minimalen Anteil an anderen Kulturen als landwirtschaftlich genutztem Boden erfassten. Anhand der Monitoringergebnisse wurden für die einzelnen Bodentypen Emissionsvorgaben festgelegt, die im Weiteren zur Quantifizierung der Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Wasserkörper verwendet wurden.

Außer Punkteinleitern und diffusen Quellen wurde in mehreren Teilen des Einzugsgebiets der Elbe die Fischzucht in bewirtschafteten Teichen als beträchtlicher Phosphoreintrag ermittelt. Ein systematisches Monitoring der bewirtschafteten Fischteiche erfolgte vor allem im Bereich Südböhmen, insbesondere im Teichsystem nahe der Stadt Třeboň.

Ein besonderes Merkmal des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe, das die Einträge von Nährstoffen in das Gewässersystem sowie deren anschließenden Transport über größere Entfernungen bedeutend beeinflusst, ist das Vorhandensein großer Talsperren und Talsperrensysteme. Insgesamt 40 % der Fläche des Einzugsgebiets der Elbe in Tschechien (19 588 km² von 49 587 km²) liegen oberhalb von bedeutenden Talsperren (*siehe Tab. 7-5*). In ihnen kommt es nicht nur zu einer effektiven Sedimentation der nicht gelösten Stoffe, sondern auch zu einer bedeutenden Retention von Phosphorverbindungen. Unter dem Aspekt des Vorgehens bei den Phosphoremmissionen in Bezug auf die Erreichung der Ziele am Grenzprofil der Elbe Schmilka/Hřensko ist daher das Gebiet am wichtigsten, das sich unterhalb dieser großen Talsperren befindet. Im Einzugsgebiet oberhalb von ihnen wird die Phosphorbelastung im Rahmen der Anstrengungen zur Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials der Wasserkörper der Fließ- und Standgewässer nach der in Tschechien aktuell geltenden Methodik behandelt. In der Regel kommt es in den Talsperren zu keiner Eliminierung von Stickstoffverbindungen, deshalb ist aus der Sicht ihres Eintrags die gesamte Fläche des Einzugsgebiets der Elbe relevant. Der Anteil der Einzugsgebietsfläche oberhalb der in *Tab. 7-5* aufgeführten Talsperren in den einzelnen Teileinzugsgebieten ist beträchtlich: Im Einzugsgebiet der Berounka handelt es sich um 18 %, im Einzugsgebiet der Sázava um 27 %, im Einzugsgebiet der Moldau sind es sogar 56 %, im Einzugsgebiet der Eger 39 %, im Einzugsgebiet der Elbe bis zur Moldaumündung aber nur knapp 2 %.

Tab. 7-5: Bedeutende Talsperren im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe

Gewässer	Talsperre	Einzugsgebiet bis zum Damm [km ²]
Moldau	Štěchovice	12 985
Sázava (Želivka)	Švihov	1 189
Mže (Berounka)	Hracholusky	1 609
Elbe (Chrudimka)	Seč	225
Eger	Nechranice	3 580
Insgesamt		19 588

Als bedeutend werden hier Talsperren mit einer Verweilzeit von über 30 Tagen und einer durchschnittlichen Tiefe von über 5 m angesehen. Dementsprechend gehören dazu weder Fischteiche noch flache Durchlaufbecken, in denen die Phosphorretention nur wenig effektiv ist, bzw. Talsperren mit kleinem Einzugsgebiet. Auch die Einzugsgebiete der Trinkwassertalsperren an den Oberläufen der Flüsse ohne bedeutenderen Nährstoffeintrag wurden für diese Bewertung nicht berücksichtigt.

Stickstoffverbindungen

Die entscheidende Quelle von Stickstoffverbindungen in Gewässern sind landwirtschaftlich genutzte Flächen, insbesondere Ackerland. Dies wird durch eine Reihe von Studien belegt, die im Rahmen von Nährstoffbilanzen einiger Einzugsgebiete erarbeitet wurden. Punktquellen spielen insgesamt eine kleine Rolle, obwohl sie auf lokaler Ebene ebenfalls eine wichtige Quelle von Stickstoffverbindungen sein können. Insbesondere handelt es sich um große Siedlungen an einem wasserarmen Fließgewässer. Große Punktquellen (Städte mit mehr als 10 000 Einwohnern) müssen derzeit mit Technologien ausgestattet sein, die eine Stickstoffbeseitigung ermöglichen. Hier gibt es also keine allzu bedeutenden Reserven für eine Senkung der Emissionen von Stickstoffverbindungen. Wichtig sind die Ergebnisse einer Studie für das relativ große Einzugsgebiet der Talsperre Orlík (Hejzlar et al. 2010), nach der nur 13 % des gesamten Stickstoffs am Abschlussprofil aus Punktquellen stammten.

Die Verteilung der Emissionen von Stickstoffverbindungen in die aquatische Umwelt auf die einzelnen Quellen wurde zusammenfassend für den Zeitraum 2014 – 2015 ermittelt, da die einzelnen Jahre sehr unterschiedlich verliefen. Die Berechnung der mittleren jährlichen Stickstoffbilanz für ganz Tschechien für den Zeitraum 2014 – 2015 nach der EUROSTAT-Methode Nitrogen Budget (OECD Soil surface nitrogen balance), so wie sie durch das Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion (MŽP et al. 2016) durchgeführt wurde, zeigte, dass der Nettobilanzüberschuss an Stickstoff 223 180 t betrug. Dies wird als zu den Stickstoffverlusten in die Oberflächengewässer und das Grundwasser äquivalent betrachtet. Nach Angaben des Forschungsinstituts für Pflanzenproduktion (MŽP et al. 2016) betrug der Stickstoffeintrag in die Gewässer durch industrielles und kommunales Abwasser 10 060 t. Demnach stammten die Stickstoffemissionen in die Oberflächengewässer und das Grundwasser zu 96 % aus landwirtschaftlichen Quellen, den Rest bildeten andere Quellen. Logischerweise stützen sich daher die Bemühungen um eine Regulierung der Emissionen von Stickstoffverbindungen in die aquatische Umwelt auf Maßnahmen in den gefährdeten Gebieten (Nitratrichtlinie).

Fischteiche sind Landschaftselemente, in denen es zu einer sehr intensiven Denitrifikation kommt, die zu einer deutlichen Senkung der Konzentrationen nicht nur von Nitrat-Ionen, sondern auch von Gesamtstickstoff führt. Aus der Sicht des Risikos von Stickstoffemissionen ist es demnach nicht notwendig, sich mit der Teichwirtschaft gesondert zu beschäftigen. Auch der Eintrag von Stickstoffverbindungen mit dem Niederschlagswasser ist für die Bilanz unbedeutend.

Phosphorverbindungen

Bei der Bewertung der Quellen der Phosphorverbindungen für die Gewässer in Tschechien ist das Risiko aus den Formen zu berücksichtigen, in denen Phosphor in der aquatischen Umwelt vorkommt (Borovec et al. 2010). Besonders risikobehaftet sind gelöste Phosphate, die von aquatischen Organismen direkt verwertet werden können. Zur zweiten besonders risikoreichen Gruppe gehören Partikel mit in organischen Verbindungen gebundenem Phosphor, aus denen nach schnellem Zerfall Phosphate entstehen. Vor allem handelt es sich um Material aus Kläranlagen, aber auch um Biomasse aus Fischteichen. Am risikoärmsten sind Mineralpartikel, in denen Phosphor (außer Apatit) hauptsächlich in Komplexen mit Eisen und Aluminium gebunden ist. Dabei handelt es sich vor allem um Erosionsmaterial.

Der Aspekt des von den Phosphorquellen ausgehenden Risikos ist insbesondere bei der Bewertung des Phosphoreintrags mit dem Erosionsmaterial von Ackerland wichtig. Für die Böden in Tschechien gilt allgemein (Borovec et al. 2012), dass Phosphor relativ fest an deren Partikel gebunden ist und seine Freisetzbarkeit in der aquatischen Umwelt nicht nur vom Gehalt an so genanntem bioverfügbarem Phosphor (Extraktion nach Mehlich III), sondern auch stark von der Konzentration der Phosphate in dem Wasser abhängt, in das die Partikel gelangen. Für die Partikel verschiedener Böden in Tschechien wurde festgestellt, dass im Wasser mit einer Konzentration von $\text{PO}_4\text{-P}$ von $< 0,05$ mg/l nur ca. 2 % und bei einer Konzentration von $< 0,03$ mg/l ca. 4 % des gesamten Phosphors, den ein Partikel enthält, freigesetzt werden. Sofern ein phosphorarmes Partikel in ein Umfeld mit höherem $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalt gelangt, wird sogar Phosphor aus dem Wasser an das Partikel adsorbiert.

Die niedrige Bereitschaft der Bodenpartikel, Phosphorverbindungen freizusetzen, wurde durch die Monitoringergebnisse in den durch ein rein landwirtschaftliches Einzugsgebiet fließenden Gewässern wiederholt nachgewiesen. Die vom Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk (VÚV TGM, v.v.i.) durchgeführte umfangreichste Studie aus den Jahren 2006 – 2009 umfasst alle bedeutenderen Bodentypen auf dem gesamten Gebiet Tschechiens und diente als Grundlage für weitere wichtige Arbeiten (Krása et al. 2012a; Krása et al. 2012b; Krása et al. 2013). Die Studie zeigte, dass sich Stofffrachten nicht erosiven Ursprungs in kleinen Gewässern, die ein rein landwirtschaftliches Einzugsgebiet entwässern, durch mittlere jährliche Konzentrationen von Gesamtphosphor überwiegend in Höhe von 0,04 bis 0,05 mg/l auszeichnen. Ausnahmen sind Einzugsgebiete mit Luvisolen, Fluvisolen und Gleyen, in denen in den Gewässern Gesamtphosphorkonzentrationen von 0,08 bis 0,12 mg/l festgestellt wurden. Von dieser Studie gehen auch Fiala und Rosendorf (2009) aus, die für die Konzentration von $\text{PO}_4\text{-P}$ in kleinen Gewässern einen Medianwert in Höhe von 0,024 mg/l angeben. Sie berechneten die spezifische Stofffracht von $\text{PO}_4\text{-P}$ aus rein landwirtschaftlichen Einzugsgebieten mit $3,87 \text{ kg/km}^2$ pro Jahr. Nachfolgende langfristige Beobachtungen zeigten aber, dass diese Stofffrachten noch niedriger sind: 0,5 bis $1,4 \text{ kg/km}^2$ pro Jahr. Die angegebenen Werte nähern sich demnach sehr oft dem natürlichen Hintergrund. Das bedeutet gleichzeitig, dass es schwierig ist, effektive Maßnahmen vorzuschlagen und umzusetzen, um den Phosphoreintrag nicht erosiven Ursprungs von landwirtschaftlichen Flächen in bedeutenderem Maße zu senken. Für das Einzugsgebiet des kleinen Flusses Smutná wurde der Anteil von Phosphor nicht erosiven Ursprungs von landwirtschaftlichen Böden auf 10 % der gesamten Phosphorfracht aus dem jeweiligen Einzugsgebiet geschätzt.

Die Feststellung, dass diffuse Quellen von Phosphoremissionen, d. h. landwirtschaftliche Böden, für Oberflächengewässer keine dominante Phosphorquelle sind, wurde ebenfalls durch praktisch orientierte, auf die Nährstoffbilanz ausgerichtete Studien wiederholt bestätigt, und zwar sowohl für kleine und Mikro Einzugsgebiete als auch für große Einzugsgebiete, bei denen in der Regel die Eutrophierung von Talsperren als wichtiges Thema betrachtet wurde. Als Beispiele für Studien in kleinen Gebieten sind insbesondere anzusehen: Richtr et al. (2009), Fiala und Rosendorf (2011) sowie Duras und Potužák (2012). Mit großen Einzugsgebieten beschäftigten sich insbesondere folgende Studien:

- Hejzlar et al. (2009) sowie Hejzlar et al. (2010) schätzten für das Einzugsgebiet der Talsperre Orlík den Anteil am gesamten Phosphoreintrag bei den kommunalen Quellen auf 56 %, bei den Fischeichen auf 26 %, bei den landwirtschaftlichen Flächen lediglich auf 14 % und bei den Waldflächen auf 3 %.
- Sýkora et al. (2012) schätzten für das Einzugsgebiet der Talsperre Slezská Harta die Anteile am gesamten Phosphoreintrag wie folgt: 77 % aus kommunalem Abwasser, 13 % von landwirtschaftlichen Flächen und 10 % betrug der natürliche Hintergrund.
- Hanák und Ryšavý (2015) ermittelten für die Talsperre Vranov den Anteil am gesamten Phosphoreintrag in den Stausee bei Punktquellen mit 79 % und bei diffusen Quellen mit 21 %.
- Rosendorf et al. (2017) stellten für drei mittelgroße Einzugsgebiete mit unterschiedlichen Merkmalen auch einen dominanten Anteil von Abwasser am Phosphoreintrag in die aquatische Umwelt fest, sie bezifferten diesen Anteil allerdings nicht.

Die Monitoringergebnisse in Tschechien zeigen also regelmäßig, dass menschliche Siedlungen die dominanten Quellen sind. Regelmäßig werden relativ enge Beziehungen zwischen dem Phosphoreintrag aus dem Einzugsgebiet und der Bevölkerungsdichte gefunden, während ein Bezug zum Anteil des Ackerlands nicht festgestellt wird, z. B. Hejzlar et al. (2009), Duras et al. (2014). Eine genauere Untersuchung der Phosphorquellen im Einzugsgebiet zeigte auch, dass der langfristig außer Acht gelassene Einfluss von Phosphoremissionen aus kleinen Siedlungen, die oft in die diffusen Quellen mit eingebunden wurden, eine wichtige Rolle spielen kann (Fiala und Rosendorf 2017; Rosendorf et al. 2017) und dass sich bei Regen der Eintrag der risikoreichsten Phosphorformen in die Oberflächengewässer aus den Städten und Gemeinden um ein Vielfaches erhöht (Duras et al. 2017; Marcel und Duras 2018). Der Vollständigkeit halber ist noch hinzuzufügen, dass die atmosphärische Deposition für das aquatische Ökosystem eine zu vernachlässigende Phosphorquelle ist (Hejzlar 2010; Rosendorf et al. 2015).

Alle aufgeführten Ergebnisse sprechen von einer primären Bedeutung des Abwassers aus den Städten und Gemeinden als dominante Quelle von Phosphorverbindungen, die im Hinblick auf die Eutrophie ein Risiko darstellen. Im Zeitraum 2011 – 2015 beteiligte sich z. B. die zentrale Kläranlage der Hauptstadt Prag durch Gesamtphosphoremissionen mit ca. 16 % (100,9 t pro Jahr ohne Niederschlagsabflussereignisse) an der gesamten Phosphorfracht am Abschlussprofil der Moldau (Zelčín) und mit ca. 6,5 % an der gesamten Phosphorfracht am Grenzprofil der Elbe (Schmilka/Hřensko). Die Modernisierung dieser zentralen Kläranlage ist demnach eine Gelegenheit zur Erhöhung des Wirkungsgrads der Phosphorbeseitigung aus dem städtischen Abwasser und gleichzeitig eine Hoffnung für die Erreichung der im „Internationalen Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Elbe“ für den nächsten Zeitraum festgelegten Ziele.

7.4 Zusammenfassung der räumlichen und zeitlichen Schwerpunkte von Nährstoffquellen und Eintragspfaden

Dominante Quelle für Stickstoffverbindungen sind im deutschen und im tschechischen Teil des internationalen Einzugsgebiets der Elbe die diffusen Quellen. In Deutschland wurde festgestellt, dass die diffusen Eintragspfade an der Gesamteintragsmenge (2006 – 2010) einen Anteil von drei Vierteln haben, wobei der bestimmende Eintragspfad von Stickstoff in die Gewässer aus Abschwemmung, Grundwasser/Interflow und Dränagen besteht. Punktquellen stellten nur einen unbedeutenden Anteil von 16 % dar. Die angegebenen Gesamtanteile verändern sich in den einzelnen Naturräumen bzw. Ländern, aber die Grundverteilung bleibt gleich: Besonders dominant ist der Einfluss der diffusen Quellen, Punktquellen sind in der Minderheit. Im tschechischen Teil des internationalen Einzugsgebiets der Elbe wurde der prozentuelle Anteil der einzelnen Stickstoffquellen nicht berechnet, aus in bestimmten Teilen des Einzugsgebiets durchgeführten Studien ist aber zu schließen, dass der Anteil der diffusen Quellen bei ca. 75 bis 85 % und der Punktquellen bei ca. 10 bis 20 % liegt.

Der Eintrag von Phosphor im deutschen Teil des internationalen Einzugsgebiets der Elbe verläuft über mehrere Haupteintragspfade. Für die Jahre 2006 – 2010 wurde festgestellt, dass über 50 % aus Punktquellen und urbanen Systemen sowie 41 % aus diffusen Quellen stammen. Die Einträge aus Grundwasser/Interflow (18 %), Dränagen (11 %) und Erosion (12 %) sind bedeutend und räumlich differenziert. Der Einfluss von Grundwasser/Interflow und Dränagen in Marschgebieten und im Norddeutschen Tiefland, in dem der Eintrag über Grundwasser/Interflow bis zu einem Drittel des Gesamtbeitrags von Phosphor in der aquatischen Umwelt ausmacht, ist besonders hoch. Im tschechischen Teil des internationalen Einzugsgebiets der Elbe treten Phosphorquellen nur in Bereichen unterhalb von großen Talsperren, d. h. auf 61 % der Fläche des Einzugsgebiets in bedeutendem Maße in Erscheinung, da die Stauanlagen die Phosphorverbindungen aus den oberen Teilen des Einzugsgebiets effektiv zurückhalten. Phosphoremissionen kommen im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe schwerpunktmäßig aus Punktquellen, die 70 bis 80 % des Anteils am Phosphoreintrag ausmachen. Der Rest entfällt auf diffuse Quellen, allerdings ist dabei zu erwähnen, dass etwa die Hälfte dieses Anteils der Stofffracht aus dem natürlichen Hintergrund zuzurechnen ist, d. h. einem nicht zu beeinflussenden Faktor.

Offensichtlich wird also, dass Maßnahmen zur Verringerung des Eintrags von Stickstoffverbindungen in die Gewässer sowohl in Deutschland als auch in Tschechien durchgeführt werden müssen, um diffuse Eintragspfade in Verbindung mit der landwirtschaftlichen Nutzung zu bearbeiten. Bezüglich der Phosphorverbindungen ist die Situation in den beiden Staaten sehr unterschiedlich. Während es in Deutschland notwendig ist, sich sowohl den Punktquellen als auch den diffusen Quellen zu widmen, sind die Maßnahmen in Tschechien ausschließlich auf die Punktquellen auszurichten.

8. Maßnahmen zur Reduzierung des Nährstoffeintrags

8.1 Wirksamkeit von Maßnahmen

Um den Nährstoffeintrag in das Grundwasser und die Oberflächengewässer zu verringern, können Maßnahmen an verschiedenen Punkten ansetzen (**Abb. 8-1**). Eine effiziente Strategie beginnt daher an diesen Punkten gleichzeitig. Je nach naturräumlicher Ausstattung und sozioökonomischen Bedingungen erfolgt aber eine Schwerpunktsetzung, und zwar den Anteilen der punktuellen und diffusen Belastungen entsprechend.

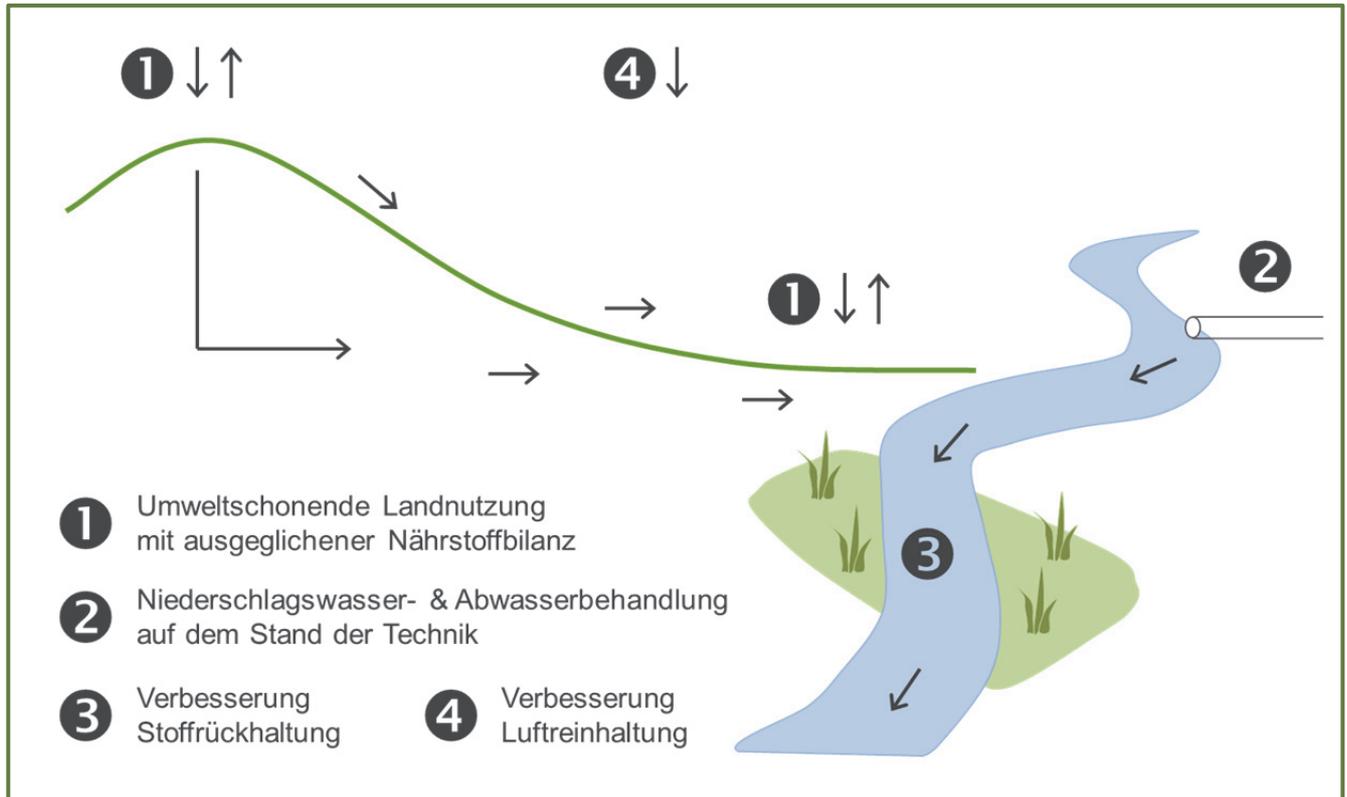


Abb. 8-1: Ansatzpunkte für eine Verringerung der Nährstoffeinträge und zur Verbesserung der Stoffrückhaltung

Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft haben als erstes zum Ziel, Nährstoffentzug und Nährstoffzufuhr im Gleichgewicht zu halten. Hierfür ist eine standort- und pflanzengerechte Düngung notwendig. Mit der im Juni 2017 novellierten Düngeverordnung werden in Deutschland die Grundlagen für eine umweltgerechte Stickstoffdüngungsplanung geschaffen. Für eine Phosphordüngungsplanung werden die zur Ermittlung des Düngebedarfs notwendigen Angaben in den nächsten Jahren vereinheitlicht. In Tschechien ist das Düngen mit Mineraldüngern (Stickstoff, Phosphor) im Gesetz 156/1998 der Gesetzsammlung über die Düngemittel geregelt. Zweitens zielen Maßnahmen in der Landwirtschaft darauf ab, standörtlich bedingte, unvermeidbare Verluste zu minimieren. Hierzu gehört die Etablierung von Fruchtfolgen und Zwischenfrüchten, um Auswaschungsverluste zu verringern, oder an erosionsgefährdeten Standorten die Etablierung einer standortangepassten Bewirtschaftung, wie z. B. hangparalleles Bewirtschaften, pfluglose Bodenbearbeitung oder die Umstellung Acker auf Grünland.

Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt ist die Behandlung von Abwasser. Sie umfasst neben dem Bau und dem Betrieb von Kläranlagen auch die Abwasserbehandlung von landwirtschaftlichen und industriellen Betrieben sowie die Reinigung von Siedlungswässern. In kommunalen Kläranlagen ist die Wirksamkeit der Reinigung bei Stickstoff und Phosphor durch die Auswahl der geeigneten Kläranlagentechnologie im Hinblick auf die angeschlossene Einwohneranzahl und unter Berücksichtigung der gesetzlichen Standards anzupassen. Der Stand der Technik ist vor allem im Hinblick auf die zulässigen Phosphoremissionen fortzuschreiben. Durch die Optimierung der Betriebsweise kann die Effizienz kleinerer Anlagen gesteigert werden. Obwohl große Kläranlagen den Hauptteil der punktuellen Stoffeinträge liefern, können kleinere Kläranlagen im ländlichen Raum die Wasserqualität lokal beeinflussen. Um Einträge z. B. aus dem Betrieb von Biogasanlagen, landwirtschaftlichen Betrieben oder

der Industrie zu minimieren, sind die gesetzlichen Regelungen bei der Genehmigung dieser Anlagen zu prüfen und deren Einhaltung regelmäßig zu kontrollieren. Der Regenwasserbewirtschaftung kommt gerade in urbanen Räumen eine große Bedeutung zu. Hier können Maßnahmen vorgeschlagen werden, die von der Regenentlastung bei Mischwasserkanalisation bis hin zu Retentionsbodenfiltern und grünen Dächern reichen.

Ein dritter Ansatzpunkt zur Verbesserung der Wasserqualität ist die Verbesserung der Nährstoffrückhaltung im Einzugsgebiet. Hier geht es nicht um die Minderung der Einträge, sondern um die Optimierung der Selbstreinigungskräfte in der Landschaft. Hierzu gehören die Etablierung von Feuchtgebieten, die Remäandrierung und Laufverlängerung von Fließgewässern, das Zulassen von Überflutungen in Niederungen, aber auch eine schonende Gewässerunterhaltung. Um die Stoffrückhaltung in der Landschaft zu verbessern, muss man genügend Kenntnisse von den wichtigsten steuernden Faktoren haben. Stickstoff wird in der Regel durch die Denitrifikation von Nitrat zurückgehalten. Dieser Prozess kann durch die Verlängerung der Verweilzeit in Feuchtgebieten oder in Retentionsbecken gesteuert werden. Da die Denitrifikation temperaturabhängig ist, ist ihre Wirksamkeit im Winterhalbjahr eingeschränkt. Dennoch können Feuchtgebiete einen wesentlichen Anteil an der Verbesserung der Gewässergüte haben. Phosphor wird in der Regel durch Sedimentation physikalisch zurückgehalten. Um diesen Prozess zu nutzen, ist es notwendig, ausreichend große Überflutungsräume zur Verfügung zu stellen.

Ein vierter Ansatzpunkt besteht in der Verbesserung der Luftreinhaltung mit dem Ziel, Stoffeinträge über die atmosphärische Deposition zu vermindern. Hierzu gehören Maßnahmen, die den Eintrag von Stickstoffverbindungen aus Verbrennungsprozessen z. B. für Energiegewinnung oder Verkehr vermindern. Verknüpfungen bestehen zudem mit dem Bereich Landwirtschaft, indem Einträge aus Tierhaltungsanlagen über Filtersysteme verringert werden können.

Die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen wird auf unterschiedliche Weise angegeben. Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft werden häufig in ihrer Wirkung auf die Minderung des mineralischen Stickstoffgehalts (N_{min}) im Boden im Herbst oder auf die Einträge mit dem Sickerwasser angegeben. Dies sind für den Grundwasserschutz geeignete Indikatoren. Da beim Transport der Stickstoffverbindungen vom Sickerwasser übers Grundwasser bis hin zum Oberflächengewässer weitere Abbauprozesse stattfinden können, verringert sich dabei je nach Transportweglänge die Effizienz. Aufgrund der zum Teil langen Transportzeiten vom Ort der Maßnahme hin zum Grundwasser oder Fließgewässer kann die Wirksamkeit erst verzögert messbar werden. Voraussetzung für eine messbare Wirkung landwirtschaftlicher Maßnahmen in Wasserkörpern ist zudem, dass die Maßnahme flächenhaft umgesetzt wird.

Die Wirksamkeit von Maßnahmen im Bereich Abwasser- und Niederschlagswasserbehandlung lässt sich gut beschreiben, da hier in den technischen Systemen gezielt eingegriffen werden kann, um die den Nährstoffabbau und -rückhalt steuernden Prozesse zu steuern. Voraussetzung für eine gute Effizienz bei diesen Maßnahmen ist, dass die Anlagen regelmäßig gepflegt und das Personal stetig weitergebildet werden. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird bei allgemeiner Betrachtung prozentual als Rückhalteleistung angegeben, bei konkreten Anlagen kann auch die absolute Eintragsminderung angegeben werden. Maßnahmen im Bereich Abwasserbehandlung wirken in der Regel sofort; um gegebenenfalls nachlassenden Reinigungsleistungen entgegenzuwirken, müssen Filtermaterialien regelmäßig überwacht und bei Bedarf gewechselt werden.

Die Wirksamkeit von Maßnahmen im Bereich Verbesserung der Stoffrückhaltung ist aus der Literatur gut bekannt. In der Regel wird die Wirksamkeit durch das Messen von Konzentration und Abfluss am Gebietszu- und -ablauf über einen längeren Zeitraum bestimmt und ausgewertet. Die Wirksamkeit wird als prozentuale Rückhaltung von Stickstoff oder Phosphor angegeben. Da viele biologische Prozesse temperaturabhängig sind, können im Sommerhalbjahr höhere und im Winterhalbjahr niedrigere Wirksamkeiten festgestellt werden. Für die Planung von Maßnahmen wird häufig mit Faustwerten, z. B. für die Rückhaltung von Stickstoff je wiederhergestellter Feuchtgebietsfläche, gerechnet. Da die zu diesem Komplex gehörenden Maßnahmen in der Regel mit Veränderungen des Wasserhaushalts und mit umfangreichen Baumaßnahmen verbunden sind, sind diese nicht sofort wirksam, sondern entfalten ihre Wirkung erst, wenn das neu etablierte System im natürlichen Gleichgewicht ist.

8.2 Fallbeispiele für erfolgreiche Maßnahmen

Die „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ enthält 28 Maßnahmenbeispiele, die den Handlungsbereichen Siedlungswasserwirtschaft, Landwirtschaft und Nährstoffretention zugeordnet sind. In unterschiedlichem Maße wirken diese Maßnahmen auf die Verminderung der Stickstoff- und Phosphorausträge bzw. -einträge. Darüber hinaus sind Maßnahmen aufgelistet und skizziert, die besonders beispielhaft für Kommunikationsstrategien sind oder an der Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung liegen. Die Beispiele werden in der Tabelle kurz beschrieben und die Wirksamkeit wird – sofern möglich – anhand von quantitativen Angaben abgeschätzt. Im generellen Fazit wird auch die Übertragbarkeit der jeweiligen Maßnahme erörtert. **Tab. 8-1** ordnet die Maßnahmenbeispiele den Handlungsbereichen und der Wirkung auf die Nährstoffe zu.

In der Nährstoffminderungsstrategie der FGG Elbe werden die Beispiele in einem gesonderten Teil ausführlicher behandelt.

Tab. 8-1: Fallbeispiele für erfolgreiche Maßnahmen in Deutschland und in Tschechien

Maßnahmen-typ	Nr.	Titel	Staat	Inhalt
Abwasser- und Siedlungswasserwirtschaft	1	Retentionsbodenfilter zur weitergehenden Phosphorelimination	D	Eine Retentionsbodenfilteranlage ist ein mit Schilf bepflanztter Sandfilter, über dem ein Retentionsraum angeordnet ist. In Berlin werden aktuell 11 Retentionsbodenfilteranlagen betrieben. Fallbeispiele Halensee und Adlershof. Die technischen Aspekte der zwei Fallbeispiele werden erläutert, die Effizienz benannt und die Kosten dargestellt.
	2	Flockungsfiltration in Großkläranlagen / Optimierung des Betriebs kleiner bis mittelgroßer Anlagen	D	Neben Maßnahmen zur weiteren Optimierung des Betriebs von Anlagen sind auch nachgeschaltete Verfahren bereits vielfach im Einsatz. Die Ausführungen beschränken sich auf nachgeschaltete Maßnahmen auf Großkläranlagen, da durch betriebliche Maßnahmen zur Optimierung der chemischen Fällung mit anschließender Sedimentation oder erhöhter biologischer Phosphorelimination allein keine nennenswerten Verbesserungen mehr erreicht werden können. Die technischen Aspekte der zwei Fallbeispiele werden erläutert, die Effizienz benannt und die Kosten dargestellt.
	3	Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Raum	D	Regenwassereinleitungen stellen auf dem Hamburger Gebiet die zweitgrößte Eintragsquelle für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor dar. Für das Pilotgebiet Schlemer Bach im Osten Hamburgs wurde das Abkopplungspotenzial mit einem pauschalen Bedarfsansatz für eine dezentrale Muldenversickerung exemplarisch ermittelt. Eine Möglichkeit zur Reinigung von Straßenabwässern, als eine dezentrale Lösung, sind Filtersysteme, die direkt in den bestehenden Gully (in Hamburg als Trumme bezeichnet) eingebaut werden.
	4	Intensivierung von Kläranlagen – Beseitigung von Gesamtstickstoff	CZ	Zu einem Instrument zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Abwasserreinigung in Kläranlagen wurde die Ergänzung der vorhandenen Technologie von Kläranlagen um einen sog. Postdenitrifikationsfilter – beste verfügbare Technologie auf dem Weltmarkt. Die Maßnahme kann am Beispiel der Kläranlage Hradec Králové vorgestellt werden, wo die Anlage seit 2010 in Betrieb ist. In den letzten Jahren stellen die Inbetriebnahmen von mit der MBR-Technologie (membrane biological reactor) ausgestatteten Kläranlagen ein weiteres geeignetes Instrument zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Abwasserreinigung einschließlich der Stickstoffbeseitigung (ggf. der Nährstoffbeseitigung generell) dar. Bisher wurden nur MBR-Kläranlagen kleinerer Kapazität in Betrieb genommen (meistens Dutzende, Hunderte, ggf. Tausende Einwohnerwerte – EW). Die Einführung dieser Technologien auch für größere Abwassereinleiter ist jedoch zukünftig nicht ausgeschlossen. Als Beispiel der in den letzten 5 Jahren umgesetzten Projekte können die Ortschaften Benecko-Štěpanická Lhota – 1 900 EW und Tuchoměřice 6 000 EW dienen.

Maßnahmen-typ	Nr.	Titel	Staat	Inhalt
Abwasser- und Siedlungswasserwirtschaft	5	Verbesserung und Aufrechterhaltung der Wasserbeschaffenheit in einer Trinkwassertalsperre	CZ	<p>Am Beispiel der Trinkwassertalsperre Vrchlice, der einzigen Trinkwasserquelle für die Städte Kutná Hora, Čáslav und die weitere Umgebung (ca. 60 000 Einwohner), wurde eine Maßnahme realisiert, bei der ungereinigtes Abwasser einer einzigen, ausreichend bemessenen Kläranlage zugeführt wird. Unterhalb der Stadt Kutná Hora wurde eine funktionstüchtige ausreichend bemessene modernisierte Kläranlage gebaut. Die Kommunen oberhalb der Talsperre haben entweder überhaupt keine gesicherte Abwasserreinigung oder in zwei Fällen sind bereits veraltete Kläranlagen in Betrieb. Vorbereitet wird also der Bau eines Abwassernetzes, das einen wesentlichen Teil des im Trinkwassereinzugsgebiet anfallenden häuslichen Abwassers auf die Kläranlage Kutná Hora leitet.</p> <p>Die Erfahrungen aus diesem Vorhaben werden in Grundzügen auch auf andere für die Trinkwassergewinnung oder ggf. für die Erholung bedeutsame Talsperren übertragbar sein.</p>
	6	Realisierung von Rückhaltebecken an Mischwasserkanalisationen	CZ	<p>Große unterirdische Auffangbecken dienen als Reservoir für verdünntes Abwasser, das von den Kläranlagen wegen intensiver Niederschläge nicht aufgenommen werden kann (sog. Entlastungskammern). Dank ihnen läuft das überschüssige Abwasser aus der Kanalisation nicht in die Gewässer über, sondern wird zurückgehalten und nach und nach der Kläranlage zugeführt, sobald es ihre Kapazität erlaubt. So bleiben die Gewässer von dieser Schadstoffquelle unbelastet.</p> <p>Die Maßnahme kann an Beispielen großer Ballungsräume vorgestellt werden, in denen die Mischwasserkanalisation der überwiegende Kanalisationstyp ist – Brno, Plzeň.</p>
Landbewirtschaftung	7	Konservierende Bodenbearbeitung zur Erosionsminderung	D	<p>2014 wurden im Rahmen der Richtlinie „Agrarumweltmaßnahmen und Waldmehrung“ (AuW/2007) in Sachsen die dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat auf rund 250 000 ha Ackerfläche, entsprechend ca. 35 % der Ackerflächen in Sachsen, im Sinne des Bodenschutzes und als Beitrag zum dezentralen Hochwasserschutz gefördert umgesetzt. Insgesamt hat die dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung ein sehr hohes Anwendungspotenzial und wird aktuell in Sachsen auf sehr großen Flächenumfängen angewendet. Dies belegt, dass die konservierende Bodenbearbeitung unter Beachtung der voranstehend aufgeführten acker- und pflanzenbaulichen Strategien umfassend umsetzbar ist.</p>
	8	Betrieblicher Erosionsschutz – eine Agrarumweltmaßnahme im Thüringer Kulturlandschaftsprogramm (KULAP)	D	<p>In Thüringen wird seit 2014 die neue Agrarumweltmaßnahme „Betrieblicher Erosionsschutz“ angeboten. Bei der zielorientierten, gesamtbetrieblichen Maßnahme geht es darum, das jährliche Bodenabtragsrisiko auf erosionsgefährdetem Ackerland mit Gewässeranschluss ausgehend von einem Basiswert um mindestens 20 % zu senken. Dabei können unterschiedliche Maßnahmen des Erosionsschutzes genutzt werden.</p>
	9	Grundwasserschutzgebiet der Trinkwasserfassung Diehsa (bei Bautzen)	D	<p>Mit der Umsetzung einer freiwilligen Kooperationsvereinbarung zwischen Wasserversorger und Landwirtschaft u. a. zur Reduzierung der Düngergaben um ca. 20 % sowie mit der Grünlandumnutzung einzelner Ackerflächen in unmittelbarer Nähe der Förderbrunnen können seit etwa 2012/2013 in der ungesättigten Zone sowie im Grundwasserzustrombereich der Wasserfassung Diehsa deutliche Rückgänge der mineralischen Stickstoffgehalte verzeichnet werden. Hierfür wurden Ausgleichszahlungen an die jeweiligen landwirtschaftlichen Nutzer vereinbart, die der Wasserversorger trägt. Aufgrund der günstigen hydrogeologischen Gegebenheiten des Einzugsgebiets der Wasserfassung Diehsa (unbedeckter Grundwasserleiter und geringe Einzugsgebietsgröße) konnten die positiven Auswirkungen der reduzierten Düngergaben vergleichsweise schnell sowohl in der ungesättigten Zone als auch im Grundwasser beobachtet werden.</p>
	10	Trinkwasserschutz in Talsperrenschutzgebieten (Saidenbach)	D	<p>In den Einzugsgebieten der stark landwirtschaftlich genutzten Trinkwassertalsperren des Freistaates Sachsen war bis 1990 ein kontinuierlicher Anstieg der Nitratkonzentrationen vorhanden. Durch eine Reihe von Maßnahmen konnte eine Trendwende hinsichtlich des Anstiegs der Nitratkonzentrationen Anfang 1990 in allen Trinkwassertalsperren des Freistaates Sachsen eingeleitet und bis heute auf einem niedrigen Niveau nachhaltig stabilisiert werden.</p>

Maßnahmen-typ	Nr.	Titel	Staat	Inhalt
Landbewirtschaftung	11	Beratung Landwirtschaft	D	Die Gewässerschutzberatung wird in diesem Fallbeispiel genauer vorgestellt. Seit Herbst 2010 erhalten Landwirte in Gebieten mit einer hohen Gefährdung des Grundwassers durch Nitratreinträge ein WRRL-Beratungsangebot zur grundwasserschonenden Bewirtschaftung. Um mit der Beratung sowohl eine hohe Wirkung wie auch eine große Reichweite zu erreichen, wird ein mehrstufiges Beratungskonzept angewendet. Die beratenen landwirtschaftlichen Betriebe sind in vier Klassen eingeteilt. Wichtigstes Ziel der Beratung ist die Verringerung der betrieblichen Nährstoffüberschüsse.
	12	Trinkwasserschutzkooperation	D	In den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells werden den dort wirtschaftenden Landwirten seit 1992 sogenannte Freiwillige Vereinbarungen und eine Gewässerschutzberatung angeboten. Ziel dieser Gewässerschutzmaßnahmen ist die Sicherung der Grundwasserqualität. Zur Erfolgskontrolle im Grundwasser wurden 412 von insgesamt 1 457 Erfolgskontrollmessstellen herangezogen und die Ergebnisse dargestellt.
	13	Bewirtschaftung dränierter Flächen / Effizienzsteigerung bei Düngung	D	Dränierter landwirtschaftliche Flächen bergen ein hohes Risiko für diffuse Nährstoffausträge in die Gewässer, das auch bei guter landwirtschaftlicher Praxis nicht gänzlich vermieden werden kann. Ziel des vorgestellten Projekts war eine Reduktion diffuser NO ₃ -Austräge über den Drainagepfad durch eine Steigerung der Stickstoffeffizienz bei der Ausbringung flüssiger organischer Dünger. Die Gülleausbringung erfolgte hierbei in Form einer stabilisierten und platzierten Gülle-Depot-Düngung direkt in die Wurzelzone der Pflanzen mithilfe des Gülle-Strip-Till-Verfahrens.
Stoffrückhaltung	14	Moorschutz und Feuchtgebiete	D	Seit dem Jahr 2000 wird aufgrund der landesweiten Bedeutung von Mooren in Mecklenburg-Vorpommern ein „Konzept zum Bestand und zur Entwicklung der Moore“ umgesetzt. Mit der stärkeren Wahrnehmung des Klimawandels fand die weltweite Klimarelevanz der Moore in den wissenschaftlichen und politischen Diskussionen mehr Beachtung. Das Moorschutzkonzept wurde daher im Jahr 2009 fortgeschrieben. An den Beispielen Schaalsee und Neukloster werden Einzelmaßnahmen vorgestellt und die Erfolge durch Monitoring belegt.
	15	Maßnahmen an Dränagesystemen	CZ	Dränierter landwirtschaftliche Flächen bergen ein hohes Risiko für diffuse Nährstoffausträge in die Gewässer, das auch bei guter landwirtschaftlicher Praxis nicht gänzlich vermieden werden kann. Der aktuelle technische Stand zahlreicher in der Vergangenheit errichteter Meliorationsanlagen ist unzureichend und somit insbesondere im Frühjahr eine signifikante Quelle von Nitrat, das von den landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer eingetragen wird. Die Umsetzung der genannten Maßnahme trägt zum Wasserrückhalt in den Dränagesystemen und zur Reduzierung des Drainageabflusses bei. Der Effekt sollte somit eine deutliche Änderung bei den allgemeinen Parametern der Entwässerung auf dem landwirtschaftlich genutzten Boden sein, wodurch es auch zu einer Reduzierung des Eintrags von Nährstoffen, insbesondere von Nitrat, in die Gewässer kommen sollte.
	16	Einfache und komplexe Flurbereinigungen	CZ	Maßnahmen, deren Ziel darin besteht, die Verringerung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit infolge von Erosion und Verunreinigung des Bodens sowie der Oberflächengewässer und des Grundwassers aufgrund des übermäßigen Einsatzes von Kunstdüngern und Pestiziden zu verhindern. Gegenstand dieser Maßnahme ist das Schaffen von Bedingungen für eine rationelle Bewirtschaftung durch die Bodeneigentümer, indem die Grundstücke räumlich und funktionsbezogen angelegt, zusammengelegt oder geteilt werden. Zahlreiche Elemente werden unter Berücksichtigung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz und zur Erosionsminderung realisiert, und zwar in Form von Versickerungsfurchen, -gräben oder -becken.
	17	Förderung der Stabilität der Landschaft und ihrer Diversität, Anlage von Landschaftselementen	CZ	Grundstücke mit einer Größe von mehr als 5 ha müssen Landschaftselemente enthalten, die auch erosionsmindernde Maßnahmen berücksichtigen sollten (Wasser- und Winderosion).
	18	Schutz von Trinkwasserquellen mithilfe von Schutzgebieten	CZ	In Einzugsgebieten von Quellen von für die Trinkwasserherstellung bestimmtem Rohwasser werden Trinkwasserschutzgebiete festgelegt, in deren Rahmen die landwirtschaftliche Bewirtschaftung eingeschränkt ist – z. B. in Form von Grünland oder der Beschränkung des Düngens, wodurch die Verunreinigung der genannten Quellen insbesondere mit Nitrat eingeschränkt wird.

Maßnahmen-typ	Nr.	Titel	Staat	Inhalt
Stoffrückhaltung	19	Bewirtschaftung von Teichen oder Rückhalteräumen für die Zucht von Fischen oder Geflügel in einem Einzugsgebiet mit Trinkwasserquellen	CZ	Ziel der Maßnahme ist es, die Interessen aller Betroffenen zu harmonisieren, und zwar unter Sicherung der produktiven Funktion der Teiche die Menge der Nährstoffe einzuschränken, die aus den Teichen in die Gewässer fließen, und die ökologische Funktion der Teiche zu sichern. Sicherung der Kontrollen des abgelassenen Wassers.
	20	Fällung von Phosphorverbindungen (durch Dosierung von Eisen(III)-sulfat) direkt in die Talsperre / an einem Nebenfluss zur Talsperre	CZ	Maßnahmentyp, dessen Ziel in der Verhinderung des Eintrags von aus dem Einzugsgebiet der Talsperre stammenden Phosphorverbindungen durch die Direktdosierung eines Flockungsmittels (Eisen(III)-sulfat) und somit in der Einschränkung von Eutrophierungserscheinungen besteht. Das umfangreiche Projekt kann am Beispiel der Talsperre Brno oder des Stausees Plumlov vorgestellt werden.
	21	Verbundprojekt Biomanipulation	CZ	Am Beispiel des Teichsystems im Stadtteil Bolevec in Plzeň kann ein komplexer Ansatz vorgestellt werden, dessen Ziel die Verbesserung der Wasserbeschaffenheit war – im Rahmen des Projekts wurden Teilaktivitäten kombiniert, und zwar zur Reduzierung und Änderung des Fischbestands (auf Raubfische ausgerichtet), zur Förderung des Wachstums von aquatischen Makrophyten (einschließlich ihrer anschließenden Unterhaltung – insbesondere Mahd) und regelmäßiger Anwendungen des Flockungsmittels (Aluminiumsulfat) direkt in der Talsperre mit dem Ziel, die Verfügbarkeit von Nährstoffen für das Ökosystem zu verringern (Konservieren des Phosphors im Talsperresediment) und die Eutrophierungserscheinungen einzuschränken. Die Talsperren werden überwiegend für Erholungszwecke genutzt.
Monitoring und Bewertung	22	Bodenregister – Land Parcel Identification System (LPIS)	CZ	Hauptzweck des Bodenregisters ist das Überprüfen von Angaben in Anträgen auf Fördermittel, die in Bezug auf landwirtschaftlich genutzten Boden gewährt werden, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob es sich um aus EU-Mitteln finanzierte Förderungen oder nationale Förderprogramme handelt (Direktzahlungen, Cross-Compliance-Bedingungen, Programm zur Entwicklung des ländlichen Raumes usw.). Im Laufe der Entwicklung des Registers fand man jedoch eine breite Palette weiterer Einsatzgebiete, erwähnenswert ist dabei insbesondere seine Anwendung als Grundlage für das Führen gesetzlich vorgegebener Dokumentationen zum Düngemiteleininsatz, zum Weiden, zu Pflanzenschutzmitteln, ferner wird es als Grundlage für das Festlegen von Bewirtschaftungsbeschränkungen aufgrund der Nitratrichtlinie, dem Grad der Erosionsgefährdung u. Ä. genutzt.
	23	Überprüfung der gefährdeten Gebiete und des Aktionsprogramms	CZ	In Tschechien werden die Ausweisung der gefährdeten Gebiete und das Aktionsprogramm regelmäßig alle 4 Jahre überprüft. Die Ausweisung der konkreten gefährdeten Gebiete erfolgt auf der Grundlage der für den jeweiligen Funktionszeitraum (4 Jahre) relevanten Daten. Die Grundsätze des Aktionsprogramms werden unter Berücksichtigung der Auswertung des Monitorings des Aktionsprogramms aktualisiert, das die Untersuchung der Erfüllung der Vorgaben des Aktionsprogramms in den landwirtschaftlichen Betrieben in den gefährdeten Gebieten, die Bewertung der Entwicklung des Bodenstickstoffgehalts unter dem Gesichtspunkt der angebauten Kulturen, der eingesetzten Agrartechnik und des Witterungsverlaufs sowie die Verfolgung der Entwicklung der Art der Bewirtschaftung in gefährdeten Gebieten umfasst. Bestandteil des Aktionsprogramms ist das Festlegen von Bereichen, in denen das Düngen verboten ist (Umgebung von Gewässern, Neigungsgrad), einschließlich Düngungsgrenzwerten für die einzelnen Arten landwirtschaftlicher Kulturen sowie des Zeitraums des Düngerverbots. Ziel dieser Maßnahme ist die Reduzierung des Düngemiteleinsetzes in gefährdeten Gebieten, die Einrichtung eines Passes für Gebiete mit größerer Wirkung auf die aquatische Umwelt als Grundlage für die Schaffung von Fördertiteln über den Rahmen der gefährdeten Gebiete (z. B. in Trinkwasserschutzgebieten), der komplexen erosionsmindernden Maßnahmen auf Ackerboden u. Ä. hinaus (läuft regelmäßig im Rahmen von Cross Compliance und des Programms zur Entwicklung des ländlichen Raumes).

Maßnahmen-typ	Nr.	Titel	Staat	Inhalt
Monitoring und Bewertung	24	Projekt – Identifizierung von durch Belastungen aus landwirtschaftlichen Quellen gefährdeten Standorten	CZ	Ziel des Projekts ist die Durchführung einer komplexen Lokalisierung und Kategorisierung von Standorten mit diffusen landwirtschaftlichen Belastungen im Teileinzugsgebiet der Oberen Moldau, der Unteren Moldau, der Berounka, sonstiger Nebenflüsse der Donau sowie des Teileinzugsgebiets der Želivka, und zwar im Umfang der Erstellung eines Entwurfs für eine Methodik zur Identifizierung von kritischen Punkten und zur Kategorisierung der Standorte – Schläge (einschließlich der Erstellung einer Karte der kritischen Punkte und Standorte), Erstellung eines Mustermaßnahmenkatalogs und anschließende Entwicklung konkreter Maßnahmen für die Bewirtschaftungspläne der Teileinzugsgebiete. Das Projekt läuft seit 2016 (geplanter Fertigstellungstermin 2019).
	25	Agrochemische Untersuchung landwirtschaftlicher Böden (Zentrale Landwirtschaftliche Kontroll- und Prüfanstalt – ÚKZÚZ)	CZ	Bereits seit 1964 laufen auf dem gesamten Gebiet Tschechiens langfristige Untersuchungen des in landwirtschaftlich genutzten Böden vorhandenen verfügbaren Phosphors (Klement et al. 2012). Diese Daten werden aktuell im Rahmen der regelmäßigen 6-jährigen Beprobungen erhoben. Jedes Jahr werden mehr als 500 000 Hektar landwirtschaftlicher Fläche überprüft. Die Proben werden in der Fläche von einzelnen Schlägen genommen und für die Bestimmung des Phosphorgehalts wird seit 1999 das Mehlich-III-Verfahren verwendet. Die Prüfergebnisse werden den landwirtschaftlichen Betrieben und den zuständigen Verwaltungsbehörden übergeben. Damit wird auf landwirtschaftlich genutzten Flächen eine effektive Nährstoffgabe gesichert und ein übermäßiger Phosphorabtrag von landwirtschaftlichen Flächen vermieden.
Information und Bildung	26	Kooperation mit Bauernverband, Allianz für den Gewässerschutz	D	Ziel der Allianz für den Gewässerschutz ist es, das Bewusstsein für das Thema Nährstoffeinträge in das Grundwasser und die Oberflächengewässer zu verbessern und gemeinsam mit der Landwirtschaft geeignete Lösungsmöglichkeiten und weitergehende Maßnahmen zur Umsetzung zu entwickeln. Neben dem notwendigen Austausch über diese Themen hat die Allianz für Gewässerschutz Arbeitsgruppen eingerichtet, die entweder vom Bauernverband oder der Verwaltung geleitet werden und unter Hinzuziehung externer Fachleute paritätisch besetzt sind. Diese Arbeitsgruppen haben je nach Aufgabenstellung für die Praxis geeignete Empfehlungen, Broschüren und Flyer erarbeitet, die z. B. über die umweltgerechte Lagerung von Wirtschaftsdüngern, die Wirksamkeit unterschiedlicher bodennaher Ausbringungsverfahren von Wirtschaftsdüngern oder die Anlage von dauerhaft breiten Gewässerrandstreifen informieren. Durch diese Maßnahme wird selbst keine direkte Minderung der Nährstoffeinträge erreicht. Sie sichert und verbessert aber die Akzeptanz von Beratungs- und konkreten landwirtschaftlichen Maßnahmen.
	27	Beratung in der Landwirtschaft, landwirtschaftliche Vorzeigebetriebe	CZ	An diesem Beispiel werden die Ergebnisse des Projekts mit dem Titel „Landwirtschaftliche Vorzeigebetriebe“ genauer vorgestellt, dessen Ziel es ist, den anderen Landwirten Beratungen und anschauliche Beispiele für komplexe Verfahren der nachhaltigen Bewirtschaftung zu geben, die auf eine effektive Bewirtschaftung unter Nutzung von Zwischenkulturen, Untersaaten usw. mit dem Ziel ausgerichtet sein sollten, die Bodenerosion zu vermindern und den Wasserrückhalt in der Landschaft zu verbessern. Das Projekt läuft zurzeit in drei landwirtschaftlichen Betrieben – in Krásná Hora nad Vltavou, Chrástany und Domašov.
	28	Referenzbetriebe	D	Stickstoff-Hoftorbilanzüberschüsse stellen ein Maß für die potenziellen Stickstoffeinträge in die Umwelt dar und werden deshalb in vielen Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells sowie in der WRRL-Maßnahmenkulisse als Erfolgsindikator für die Wirksamkeit der durchgeführten Grundwasserschutzmaßnahmen, insbesondere der Beratung, eingesetzt. Um die Entwicklung der Stickstoffüberschüsse in den Trinkwassergewinnungsgebieten sowie in der WRRL-Maßnahmenkulisse noch besser beurteilen zu können, wurde in diesem Projekt die Entwicklung von Hoftorbilanzsalen außerhalb der Beratungsgebiete ermittelt, um diese Referenzwerte mit den Überschüssen innerhalb der Beratungsgebiete zu vergleichen.

9. Empfehlungen zur Erreichung der Ziele im Grundwasser, in den Binnengewässern und beim Meeresschutz

Aufgabe der „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ ist es, den Weg zur Erreichung eines guten Nährstoffzustands in den Gewässern der internationalen Flussgebietseinheit Elbe aufzuzeigen. Dazu wurden in den vorherigen Kapiteln die Minderungsbedarfe für die Gewässerkategorien Grundwasser, Binnengewässer und Küstengewässer aufgezeigt und mögliche Maßnahmentypen beschrieben.

In diesem Kapitel werden die Themen Minderungsbedarf und Maßnahmen zusammengeführt. Die Potenziale der einzelnen Maßnahmen hinsichtlich der Minderung der Stickstoff- und Phosphoreinträge zur Zielerreichung werden abgeschätzt und weitere konzeptionelle Handlungserfordernisse benannt.

Anhand der für den Zeitraum 2011 – 2015 ermittelten mittleren Jahreskonzentrationen für Gesamtposphor und Gesamtstickstoff sowie der entsprechenden Nährstofffrachten wurde der Minderungsbedarf für die entscheidenden Messstellen Schmilka/Hřensko und Seemannshöft an der Elbe zur Erreichung der durch den Meeresschutz bedingten Nährstoffzielwerte festgelegt. Die Zielfrachten ergeben sich aus den Zielkonzentrationen und den mittleren langjährigen Abflüssen (LAWA 2017). Für den mittleren langjährigen Abfluss (MQ) wurde für die Messstelle Schmilka/Hřensko der Wert 305 m³/s (MQ des Pegels Schöna) und für die Messstelle Seemannshöft der Wert 755 m³/s (MQ des Pegels Neu Darchau 700 m³/s unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors von 1,078) verwendet. **Tab. 9-1** fasst die Minderungsbedarfe zusammen. Das Verfahren zur Herleitung des Nährstoffminderungsbedarfs für die einzelnen Gewässerkategorien ist in den Kapiteln 5 und 6 beschrieben, die Angaben für Grundwasser sind Berechnungsergebnisse aus deutschen Bundesländern.

Tab. 9-1: Übersicht über die Minderungsbedarfe für Gesamtstickstoff (N) und Gesamtposphor (P) in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe anhand der Daten für den Zeitraum 2011 – 2015

	N	P
Minderungsbedarf Tschechien an der Messstelle Schmilka/Hřensko		
Zielkonzentration (Jahresmittelwert) in mg/l	3,2	0,1
Abflussnormierte Zielfracht in t/a	30 799	962
Ist-Konzentration (Mittelwert 2011 – 2015) in mg/l	3,93	0,115
Abflussnormierte Ist-Fracht in t/a	45 810	1 541
Minderungsbedarf in t/a	15 011	579
Minderungsbedarf in %	33	38
Minderungsbedarf Grundwasser in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe		
Zielkonzentration im Sickerwasser in mg/l	50 (NO ₃)	–
Minderungsbedarf N-Einträge in t/a	> 31 000*	–
Minderungsbedarf Binnengewässer		
Zielkonzentration (Jahresmittelwert) in mg/l	–	0,1
Abflussnormierter P-Fracht-Minderungsbedarf in t/a (2011 – 2015)	–	1 358
Minderungsbedarf Meeresschutz an der Messstelle Seemannshöft		
Zielkonzentration (Jahresmittelwert) in mg/l	2,8	0,1
Abflussnormierte Zielfracht in t/a	66 580	2 385
Ist-Konzentration (Mittelwert 2011 – 2015) in mg/l	3,2	0,17
Abflussnormierte Ist-Fracht in t/a	84 400	3 940
Minderungsbedarf in t/a	17 800	1 555
Minderungsbedarf in %	21	40

* nur deutscher Teil

Am Grenzprofil der Elbe Schmilka/Hřensko zwischen Tschechien und Deutschland besteht ein Minderungsbedarf der abflussnormierten Gesamtstickstofffracht von 15 011 t/a, dies entspricht einem Minderungsbedarf von 33 %, und der abflussnormierten Gesamtphosphorfracht von 579 t/a oder entsprechend 38 %.

An der Messstelle Seemannshöft ergab sich ein Minderungsbedarf der abflussnormierten Gesamtstickstofffrachten von 17 800 t, dies entspricht einem Minderungsbedarf von 21 %. Der Minderungsbedarf der abflussnormierten Gesamtphosphorfrachten wurde in Höhe von 1 555 t ermittelt, dies entspricht einem Minderungsbedarf von 40 %.

Datenauswertungen und Modellierungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Messstelle Seemannshöft für die Bilanzierung des Phosphorminderungsbedarfs nur bedingt geeignet ist. Nach neueren Erkenntnissen werden die Phosphorfrachten überschätzt. Hamburg hat, um eine verbesserte Sachverhaltsaufklärung und Frachtabschätzung zum Transport von Nährstoffen in der Tideelbe zu ermöglichen, zwei Messstationen mit weiteren Messeinrichtungen (Nährstoffmonitore) technisch ausgerüstet. In der Binneneelbe besteht ausgehend von dem Minderungsbedarf am Grenzprofil und den Minderungsbedarfen an den wichtigen Nebengewässern insgesamt ein Minderungsbedarf der abflussnormierten Phosphorfrachten von 1 358 t/a. Dieser Wert wird als Ziel angenommen, um in der Binneneelbe und den Nebengewässern einen guten Zustand zu erreichen.

Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe besteht ein Minderungsbedarf der Stickstoffeinträge aus dem Boden über das Sickerwasser in das Grundwasser von mindestens 31 000 t.

Um die notwendigen Minderungen der Stickstoff- und Phosphoreinträge und damit die Umweltziele der WRRL und der MSRL zu erreichen, sind folgende Maßnahmen des 10-Punkte-Plans notwendig, dabei stehen die zehn Punkte gleichwertig nebeneinander. Nur durch eine gemeinsam an verschiedenen Stellen ansetzende Bewirtschaftungsplanung lassen sich die Ziele zur Eintragsminderung erreichen:

Für punktuelle Schadstoffquellen empfohlene Maßnahmen

1. Abwasserbehandlung an den Stand der Technik anpassen

Durch eine weitere schrittweise Verbesserung der Abwasserbehandlung in Tschechien können die Stickstoff- und Phosphorfrachten in der Elbe bereits am Grenzprofil Schmilka/Hřensko mittelfristig um bis zu 5 % gemindert werden. Da vorrangig in Berlin und Brandenburg, jedoch auch in anderen Bundesländern der FGG Elbe, viele zentrale Kläranlagen ebenfalls noch über den Stand der Technik nach Abwasserverordnung Anlage 1 hinaus ausgebaut werden, ist hier ebenfalls mit einer Minderung der Stickstoffeinträge aus Kläranlagen um 300 t und der Phosphoreinträge um 100 t zu rechnen. Das Beispiel zur Sanierung der Großkläranlagen im Berliner Raum belegt, dass durch diese Maßnahme die Phosphorkonzentrationen im Ablauf deutlich vermindert und damit die lokale und regionale Wasserqualität verbessert werden kann (**Tab. 8-1, Beispiel 2**).

Über ein großes Potenzial zur Minderung der Nährstoffbelastung der Oberflächengewässer verfügt der Einsatz der besten verfügbaren Technologien in großen Ballungsräumen mit mehr als 10 000 EW. In diesem Fall können insbesondere bei Gesamtphosphor für Einleiter über 100 000 EW Emissionsvorgaben von unter 0,5 mg/l und für Einleiter über 10 000 EW von unter 1 mg/l erreicht werden.

Moderne Verfahren zur Regenwasserbewirtschaftung in Ballungsräumen werden besonders im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe bisher noch nicht eingesetzt. Durch die schrittweise Einführung eines breiten Spektrums an Maßnahmen zur Regenwasserrückhaltung und -nutzung kann infolge der Entlastung der Mischwasserkanalisation eine erhebliche Reduzierung von episodischen Nährstoffeinträgen (und weiteren Stoffeinträgen) erzielt werden.

2. Abwasserbehandlung im ländlichen Raum verbessern

Vor allem im ländlichen Raum im Einzugsgebiet der Elbe entsprechen die Kläranlagen und die Niederschlagswasserbehandlung derzeit nicht immer den besten verfügbaren Technologien. In Deutschland setzen hier die Bundesländer bzw. die Aufgabenträger vor Ort bereits zahlreiche Einzelmaßnahmen um, die von der Beratung für einen optimalen Anlagenbetrieb bis hin zum Neubau von Kläranlagen reichen. Diese Maßnahmen werden vor allem lokal in den jeweils direkt betroffenen Wasserkörpern bzw. Gewässersystemen die Wasserqualität noch erheblich verbessern und damit einen Teil der aufgezeigten nahezu flächendeckenden Belastung der Oberflächengewässer mit Nährstoffen vermindern. In der Summenwirkung tragen sie aber ebenfalls mit dazu bei, mittelfristig die Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer insgesamt um durchschnittlich etwa 5 % zu senken. Die Beispiele zu Retentionsbodenfiltern aus dem Berliner und Hamburger Raum belegen, dass die technischen Voraussetzungen für die Regenwasserbehandlung soweit technisch ausgereift sind, dass sie im ländlichen wie auch urbanen Raum großflächig eingesetzt werden können (**Tab. 8-1, Beispiel 1**).

Im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe sind oft kleine Kommunen im ländlichen Raum, die nicht mit einem adäquaten Reinigungsverfahren ausgestattet sind, bedeutende Abwassereinleiter. Der Druck auf die Einführung einer wirksamen Phosphoreliminierung bei kleinen Einleitern mit Kanalisationssystemen und einfachen mechanisch-biologischen Kläranlagen wird eine Reduzierung sowohl der lokalen Belastung der Wasserkörper als auch ihres Einflusses auf den Schadstofftransport über längere Strecken ermöglichen. Ein gutes Beispiel für die Effizienz eines solchen Verfahrens liefert der Vergleich zwischen dem Stand der Abwasserbehandlung im Einzugsgebiet der Trinkwassertalsperre Švihov an der Želivka (größte Trinkwasserquelle in Tschechien) mit den vergleichbaren Einzugsgebieten der Lomnice und der Skalice. Durch die in den Kläranlagen im Einzugsgebiet der Želivka weit verbreitete Phosphorfällung kann die Gesamtphosphorkonzentration in Gewässern des gleichen Wasserkörpertyps im Mittel um etwa 0,05 mg/l vermindert werden. Bei in ausgewählten Piloteinzugsgebieten durchgeführten umfangreichen Untersuchungen wurden auch erhebliche Defizite bei der Stickstoffbeseitigung in kleineren Kläranlagen ermittelt. Diese Defizite äußern sich oft in hohen Ablaufkonzentrationen von Ammoniumstickstoff. Hauptgründe für diese Probleme sind meistens der nicht fachgerechte Betrieb, die vernachlässigte Unterhaltung und Defizite bei der Regenwasserbewirtschaftung.

3. Gesetzliche Emissionsvorgaben für Nährstoffe aus Abwasser novellieren

Der Anhang 1 der deutschen Abwasserverordnung enthält für die Abwasserbehandlung der kommunalen Kläranlagen Emissionsvorgaben, die nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Eine Auswertung des Umweltbundesamts zeigt, dass häufig die Ablaufwerte der Kläranlagen bereits besser als die jeweiligen gesetzlichen Vorgaben sind. Nicht nur aus diesem Grund ist eine Anpassung der derzeitigen gesetzlichen Emissionsvorgaben unabdingbar. Durch diese Anpassung wird es zudem auch in der Praxis leichter realisierbar, den anspruchsvollen immisionsbezogenen Anforderungen der WRRL an die Gewässergüte Rechnung zu tragen, da alle Anlagen den verbesserten Emissionsvorgaben folgen müssen. Die Anpassung der Anlage 1 der Abwasserverordnung muss durch einschlägige gesetzliche Regelungen des Bundes erfolgen. Hierbei wird nach einer erfolgten Novellierung vermutlich eine Umsetzungszeitspanne vorgegeben werden, so dass ggf. eine Minderungswirkung auf die Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in den Oberflächengewässern erst mittel- bis langfristig eintreten wird. Die Anpassung des Anhangs 1 der Abwasserverordnung ist eine grundlegende Maßnahme im Sinne der Umsetzung der Kommunalabwasserrichtlinie.

In den tschechischen Rechtsvorschriften sind die Anforderungen an Phosphor- und Stickstoffeinträge in die Gewässer in der Regierungsverordnung 401/2015 der Gesetzsammlung definiert. In ihr sind die Vorgaben für die Grenzwerte der Nährstoffeinleitungen für Phosphor nur für größere Standorte mit mehr als 2 000 EW und für Gesamtstickstoff, ggf. Ammoniumstickstoff für Standorte mit mehr als 500 EW definiert. In der gleichen Vorschrift sind für die einzelnen Größenkategorien der Standorte auch die erreichbaren Konzentrationswerte für Nährstoffe in Abwassereinleitungen bei Einsatz der besten verfügbaren Technologien definiert. Wie auch bei

der deutschen Abwasserverordnung liegen diese Vorgaben über der in Kläranlagen aktuell technologisch möglichen Nährstoffeliminierung, insbesondere bei der Phosphorbeseitigung. Eine Anpassung der erreichbaren Werte würde eine bedeutende Minderung der Nährstoffbelastung der Gewässer ermöglichen und den Wasserbehörden ein zweckmäßiges Instrument bei der Genehmigung von Abwassereinleitungen zur Verfügung stellen. Änderungen sind auch in der Anlage erforderlich, in der die Emissionsvorgaben für Abwassereinleitungen aus bestimmten Typen von Industrieanlagen, insbesondere der Lebensmittelindustrie und der verarbeitenden Industrie sowie weiteren ausgewählten Typen von Produktionsstätten, enthalten sind. In diesem Kontext wird auch eine neue Regelung im Wassergesetz von Bedeutung sein, die Phosphoremissionen in die aquatische Umwelt mit einer Gebühr belegen soll. Ein großes Potenzial wird auch in der Erarbeitung einer neuen Verordnung gesehen, die die Bedingungen für den Betrieb von Aquakulturen regeln wird. Die Notwendigkeit, eine solche Verordnung zu erstellen, ist im Wassergesetz verankert, bislang wurde jedoch noch nicht einmal mit den vorbereitenden Arbeiten begonnen.

Für diffuse Schadstoffquellen empfohlene Maßnahmen

4. Düngeverordnung konsequent umsetzen

In Deutschland wird die Einhaltung der Regelungen der novellierten Düngeverordnung vom Juni 2017 mittelfristig dazu führen, dass die landwirtschaftlichen Stickstoffeinträge über das Grundwasser in die Oberflächengewässer und damit auch in die Nordsee zurückgehen werden. Grund hierfür sind die Vorgaben zur Aufstellung einer validen Düngeplanung, deren Vorlage und Richtigkeit kontrolliert werden muss. In Deutschland sind in besonders gefährdeten Gebieten weitergehende Maßnahmen nach §13 DüV erforderlich. Eine konsequente Umsetzung von geeigneten Maßnahmen durch die Länderdüngeverordnungen ist hierzu notwendig. Zur Umsetzung der Vorgaben der Düngeverordnung wird der Aufbau von Düngebehörden nach dem Vorbild Niedersachsens empfohlen. Mithilfe digitaler Datenabgleiche können Regionen und Betriebe herausgefiltert werden, in denen z. B. das Verhältnis von betriebseigenem Wirtschaftsdüngemittelanfall nicht zu den zur Verfügung stehenden Ausbringungsflächen unter Berücksichtigung der Ausbringungsobergrenzen passt. Um die Tierhaltung wieder verstärkt an die Fläche zu binden, sind Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln, die auf einen maximalen Besatz von zwei Großvieheinheiten pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche des Betriebs zielen.

Die Wirkung der Anpassungsreaktion der Landwirtschaft auf die veränderte Düngeverordnung lässt sich gegenwärtig nicht belastbar abschätzen. Das Johann Heinrich von Thünen-Institut hat angeboten, die Anpassungsreaktion der Landwirtschaft auf die Stickstoffüberschüsse auf der Basis des Jahres 2016 abzuschätzen. Ergebnisse liegen hierzu wahrscheinlich bis Anfang 2020 vor. Resultate vorheriger Modellrechnungen haben aber gezeigt, dass die Minderung des Bilanzüberschusses von 60 auf 50 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche pro Jahr in Abhängigkeit von den jeweiligen regionalen standörtlichen Gegebenheiten eine durchschnittliche Minderung der Stickstoffeinträge in die Gewässer von 5 bis 15 % bewirken kann. Eine ähnliche Größenordnung ist zeitverzögert auch als Wirkung bei der Frachtminderung in der Elbe an der Bilanzmessstelle Seemannshöft zu erwarten.

Die novellierte Düngeverordnung enthält darüber hinaus auch Regelungen, die sich langfristig auf die Minderung der Phosphoreinträge auswirken werden, soweit diese im Zusammenhang mit dem Phosphor-Düngungs- bzw. Phosphor-Versorgungszustand der jeweiligen landwirtschaftlich genutzten Böden stehen. Hierzu gehört z. B. die Absenkung des zulässigen Phosphorüberschusses auf maximal 10 kg Phosphor pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche.

Die Regelungen in der Düngeverordnung werden sich mit den Vorgaben zur Bodenbedeckung auch auf die Minderung der Erosion positiv auswirken.

Zur Stärkung des Nährstoffrückhalts in der Fläche und in aquatischen Ökosystemen empfohlene Maßnahmen

5. Stoffrückhaltung in der Fläche und in Gewässersystemen verbessern

Eine Verbesserung der Stoffrückhaltung kann im Norddeutschen Tiefland durch die Wiederherstellung von Feuchtgebieten, Mooren und Auen erfolgen. Diese Maßnahmen lassen sich auch mit dem Begriff Wiederherstellung des natürlichen Wasserkreislaufs umschreiben. Hierbei entstehen in der Regel günstige Bedingungen zur Förderung der Denitrifikation. Gleichzeitig kann Phosphor durch Akkumulation zurückgehalten werden. Neben der Wiederherstellung natürlicher Feuchtgebiete kann auch durch ökohydrologische technische Maßnahmen die Stoffrückhaltung verbessert werden. Durch die gezielte Anlage von Dränteichen oder die Einführung eines Controlled Drainage Systems können die Stickstoff- und Phosphoraussträge gedränkter Flächen wirkungsvoll vermindert werden. In reliefreichen Gebieten können Maßnahmen zum Erosionsschutz, wie z. B. begrünte Abflussbahnen, entsprechend gestaltete Uferrandstreifen, die Anlage von Knicks und anderer kleinräumiger Landschaftselemente oder Sedimentfängen, den Rückhalt von partikelgebundenen Phosphorverbindungen begünstigen. In Deutschland sind diese Maßnahmen durch die Bundesländer durchzuführen. Deren Potenzial kann verglichen mit der Minderung einzelner landwirtschaftlicher Maßnahmen erheblich sein, allerdings stehen diese Flächen dann oftmals nicht mehr für die landwirtschaftliche Produktion zur Verfügung. Besonders Maßnahmen zur Verbesserung der Stoffrückhaltung durch Feuchtgebiete sollten mit einem Monitoring begleitet werden, um die Wirksamkeit und Bemessung dieser Maßnahmen weiter verbessern zu können. Beispiele hierfür sind positive Erfahrungen mit der Anlage von Feuchtgebieten (**Tab. 8-1, Beispiel 14**), die Extensivierung der Gewässerunterhaltung oder die Verbesserung des betrieblichen Erosionsschutzes (**Tab. 8-1, Beispiel 8**).

Die Stärkung des Nährstoffrückhalts im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe ist angesichts der natürlichen Gegebenheiten und des schnellen Wasserabflusses zum Teil eingeschränkt, dennoch stellen die umweltgerechte Bewirtschaftung in den Infiltrationsbereichen der Dränagesysteme sowie die Anwendung von Direktmaßnahmen, die den Rückhalt in den Entwässerungssystemen erhöhen, auch in Tschechien ein großes Potenzial für die Reduzierung des Nährstoffabtrags von landwirtschaftlichen Flächen dar.

Zur Erhöhung des Phosphorrückhalts im ländlichen Raum können für kleine Punktquellen der Rückhalt und die Umwandlung von Schadstoffen in vorhandenen kleinen Stauseen effektiv genutzt und ggf. der Rückhalt durch die Erneuerung ehemaliger Fischteiche und Wasserspeicher gestärkt werden. Hierzu gehört auch die Optimierung des Betriebs von Aquakulturen im Ökosystem Teich.

6. Öffentliche Flächen gewässerschonend bewirtschaften

Staat und Kommunen haben als Flächeneigentümer eine Vorbildfunktion. Um dieser nachzukommen, sind öffentliche Flächen nach Vorgaben des Gewässerschutzes zu bewirtschaften. Hierzu gehören mindestens der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel, über die gesetzlichen Regelungen bei der Düngung hinausgehende Ansätze, die Einhaltung von Abstandsregelungen zu Gewässern und die Verhinderung weiterer Flächenversiegelungen bzw. das Hinwirken auf weitere Entsiegelungen von Flächen. Eine Initiative zur Bewirtschaftung öffentlicher Flächen kann von den Ländern der FGG Elbe initiiert und von den Institutionen in den Bundesländern und in Tschechien gezielt aufgegriffen werden. Möglich ist z. B. eine freiwillige Selbstzertifizierung verbunden mit einer Erfassung und Meldung, wie viele Prozent der bundes- bzw. landeseigenen sowie der kommunalen Flächen nach Gewässerschutzaspekten bewirtschaftet werden. In Deutschland fördert z. B. das Bundesamt für Naturschutz gegenwärtig das Vorhaben „Fairpachten“. In dem Vorhaben werden Landeigentümer über Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Biodiversitätsaspekten informiert und verschiedene Musterverträge für Pachtverträge angeboten.

Zur Gewährleistung der Information über die Signifikanz der Nährstoffquellen und -eintragspfade in die aquatische Umwelt empfohlene Maßnahmen

7. Phosphorvorräte in den Böden einheitlich bewerten

Phosphor ist ein essenzieller Nährstoff und wichtiger Bestandteil jeder lebenden Zelle. Die Europäische Union führt Phosphor in der Liste der begrenzten Rohstoffe, da seine mineralischen Vorkommen begrenzt sind. Eine wichtige Forderung für den Einsatz von Phosphor in der Landwirtschaft ist daher, ihn ressourcenschonend einzusetzen und nur standort- und bedarfsgerecht zu verwenden. Um dieser Forderung gerecht zu werden, ist es notwendig, die Phosphorvorräte im Boden bundeseinheitlich nach gleichen Kriterien zu bewerten.

In Deutschland wird daher vorgeschlagen, den Standpunkt des Verbands deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA 2018) zur Bewertung der Phosphor-Bodenvorräte bundesweit verbindlich einzuführen. Dies wird mittel- bis langfristig zu einem Abbau der Phosphorvorräte insbesondere in derzeit noch übertroffenen Böden und damit auch zur weiteren Verminderung der Phosphoreinträge in die Gewässer führen. Dabei handelt es sich um eine grundlegende Maßnahme im Sinne der Umsetzung der Nitratrichtlinie.

Auf dem gesamten Gebiet Tschechiens laufen bereits seit 1964 langfristige Untersuchungen des in landwirtschaftlich genutzten Böden vorhandenen verfügbaren Phosphors (Klement et al. 2012). Diese Daten werden aktuell im Rahmen der regelmäßigen 6-jährigen Beprobungen erhoben. Jedes Jahr werden mehr als 500 000 Hektar landwirtschaftlicher Fläche überprüft. Die Proben werden in der Fläche von einzelnen Schlägen genommen und für die Bestimmung des Phosphorgehalts wird seit 1999 das Mehlich-III-Verfahren verwendet. Die Prüfergebnisse werden den landwirtschaftlichen Betrieben und den zuständigen Verwaltungsbehörden übergeben. Damit wird auf landwirtschaftlich genutzten Flächen eine effektive Nährstoffgabe gesichert. Aus den langjährigen Untersuchungsergebnissen geht hervor, dass der Versorgungsgrad der Böden mit für Pflanzen verfügbarem Phosphor allmählich abnimmt und damit das Risiko seines Eintrags in die Oberflächengewässer und das Grundwasser gemindert wird. Diese Ergebnisse wurden auch durch Studien zum Phosphorabtrag von landwirtschaftlichen Flächen bestätigt, die für den größten Teil der Gebiete sehr niedrige Konzentrationen für Gesamtphosphor und gelösten Phosphor in der Nähe der natürlichen Hintergrundwerte nachwiesen (**Tab. 8-1, Beispiel 25**).

8. Stoffliches Gewässermonitoring weiter verbessern

Stoffeinträge gelangen über unterschiedliche Pfade und zu unterschiedlichen Zeiten in Gewässer. Um die Eintragsmuster besser verstehen zu können und darauf aufbauend zielgerichteter Maßnahmen zu entwickeln, müssen die Gewässerüberwachung im Hinblick auf Nährstoffe ausgeweitet und auch die Vorgaben für das stoffliche Monitoring regelmäßig angepasst werden. Hierzu sind in Deutschland vorrangig hinsichtlich folgender zwei Punkte Verbesserungen notwendig:

- a) Im Elbestrom und an den Mündungen der wichtigen Nebenflüsse sollten die Nährstofffrachten zukünftig genauer, d. h. zeitlich höher auflösend erfasst werden. Hierfür bietet sich der Einsatz von sensorgestützten Messeinrichtungen an, die bereits von einigen Bundesländern z. B. in automatischen Beschaffenheits-Messstationen kontinuierlich verwendet werden. Diese Verbesserungen beim Monitoring können von den Elbe-Ländern eigenständig umgesetzt werden.
- b) In kleineren, in ihren Eigenschaften weitgehend homogenen Einzugsgebieten sollten die Stofffrachten der Fließgewässer ebenfalls zeitlich hochauflösend erfasst werden, um so den jeweiligen Stoffaustrag besser quellen- und pfadbezogen den jeweiligen Verursachern bzw. den entsprechenden Boden-Nutzungs-Klima-Kombinationen zuordnen zu können. Dieses Messprogramm ist in enger Kooperation mit der LAWA zu entwickeln.

Diese Maßnahmen sind auch für den tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe höchst relevant. Um weitere nützliche Maßnahmen formulieren zu können, ist es dort erforderlich, auch episodische Stoffeinträge aus städtischen Ballungsräumen bei Niederschlagsabflussereignissen zu quantifizieren.

9. Nährstoffmodellierung langfristig weiter verbessern

Der Erkenntnisfortschritt und technische Weiterentwicklungen bei der Modellierung ermöglichen es vermutlich innerhalb des nächsten Jahrzehnts, auch den Stoffhaushalt und den Stoffaustrag zeitlich (und räumlich) höher auflösend zu modellieren. Deutschlandweit und in großen Einzugsgebieten werden bislang für die Nährstoffmodellierung in der Regel nur grobe Bilanzierungsansätze verwendet. In der operativen Hydrologie werden bereits zeitlich hochauflösende Modelle eingesetzt. Eine verbesserte Nährstoffmodellierung ermöglicht es, den Nährstoffaustrag bzw. -eintrag prozessbasiert und damit ursachenbezogen abzubilden. Durch eine solche Modellierung werden zudem die Belastungsgebiete und Belastungszeiträume genauer identifiziert, so dass sich daraus insgesamt bessere Ansatzpunkte für effektive Maßnahmenableitungen ergeben. Eine genauere Modellierung kann nicht allein von der FGG Elbe erstellt werden; hier ist die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen, Bundes- und Landesbehörden sowie den Flussgebietsgemeinschaften notwendig.

Zur Information der Öffentlichkeit über die Notwendigkeit der Minderung der Nährstoffeinträge in die aquatische Umwelt empfohlene Maßnahmen

10. Nährstoffeintragsminderungsbedarf in der Öffentlichkeit wirksam kommunizieren

Das Thema Nährstoffeintragsminderung ist in der Gesellschaft z. B. durch die öffentlichen Diskussionen zur Düngeverordnung und zum Trinkwasserschutz bereits präsent. Dennoch besteht auch im Einzugsgebiet der Elbe bei einigen Eigentümern und Pächtern der Flächen teilweise noch Unkenntnis darüber, dass die Art ihrer Flächenbewirtschaftung auch zu Stoffeinträgen in die Meere führt. Zu einer öffentlichen effektiven Kommunikation der Nährstoffminderungsziele gehört daher auch, dass die jeweiligen Minderungsziele für die einzelnen Gewässerkategorien konkreter quantifiziert, die „Hotspot“-Regionen für Nährstoffausträge benannt und regionale Unterschiede hierbei hinreichend berücksichtigt werden. Dazu ist mit möglichst allen bedeutsamen Verursachern über notwendige bzw. wirkungseffiziente Maßnahmen zur weiteren Verminderung von Nährstoffeinträgen in die Gewässer zu sprechen, um möglichst in Zusammenarbeit weitere Handlungspotenziale für Maßnahmen zu entwickeln und diese anschließend in der Praxis umzusetzen. Das Beispiel der Allianz für den Gewässerschutz aus Schleswig-Holstein zeigt, dass durch eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Bauernverband und Umweltverwaltung sachgerechte Lösungen zur Verringerung der Nährstoffeinträge entwickelt werden können (**Tab. 8-1, Beispiel 26**).

Die oben dargestellten 10-Punkte-Maßnahmenempfehlungen fassen konkrete Typen von Maßnahmen zusammen, die in der nächsten Zeit zu einer gezielten Minderung der Nährstoffeinträge in die Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe und somit zur Erreichung der überregionalen Ziele sowohl im Hinblick auf die Küsten- und Meeresgewässer als auch auf die Zustandsverbesserung des Grundwassers und der Oberflächengewässer im Binnenland beitragen sollen.

Neben den aufgeführten Maßnahmen ist es zur langfristigen Reduzierung der Gewässerbelastung mit Nährstoffen insgesamt erforderlich, auch die Öffentlichkeit vermehrt über allgemein anerkannte Grundsätze der Landbewirtschaftung wie Kreislaufwirtschaft und allgemeinen Ressourcenschutz zu informieren.

Die systematische Reduzierung von Nährstoffeinträgen in die Umwelt ist eine Schlüsselmaßnahme für die nachhaltige Entwicklung. Ein Beispiel für die Reduzierung des Eintritts von Phosphor in die Umwelt ist bei den Punktquellen die strenge Begrenzung von Phosphorverbindungen als Wasch- und Reinigungsmittelzusatz für die sog. gewerblichen Nutzer, bei den diffusen Quellen die Verminderung der Nährstoffbilanzüberschüsse aus dem Düngemittleinsatz auf landwirtschaftlichen Flächen u. Ä. Diese Maßnahmen sollten in der Praxis über die Wege Gesetzgebung und Kompetenzvermittlung, und im Idealfall durch die Kombination dieser beiden Verfahren, umgesetzt werden.

Zukünftig ist es notwendig, das Augenmerk systematisch auf die Kreislaufwirtschaft zu legen, die im Zusammenhang mit der Eutrophierung auf das Nährstoff-Recycling ausgerichtet ist. Dabei handelt es sich nicht nur um das Nährstoff-Recycling im Rahmen der Produktion und des Verbrauchs von Lebensmitteln, sondern auch um das Recycling von aus dem Abwasser entfernten Phosphorverbindungen oder um das Recycling von im Sediment von Fischteichen und Stauseen zurückgehaltenen Nährstoffen.

Ein großes Potenzial wird in umweltgerecht wirtschaftenden Kommunen gesehen, und zwar zur Verringerung der Eutrophierung durch die Einführung einer neutralen Nährstoffbilanz auf kommunaler Ebene. Erfahrungen aus Skandinavien zeigen, dass es sich um einen viel versprechenden Ansatz für die Umwelt und besonders für das Wasser handelt.

Die „Strategie zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe“ wurde von deutschen und tschechischen Expertinnen und Experten unterschiedlicher Fachrichtungen erarbeitet und ist eine Voraussetzung dafür, dass die Nährstoffproblematik noch mehr zu einem integralen Bestandteil der internationalen und der nationalen flussgebietsweiten Bewirtschaftung wird. Grundlage dafür sind nicht nur die konsensuale Bearbeitung und Zieldefinition, sondern auch die Diskussion und Bestätigung der Ergebnisse auf der internationalen Ebene in der IKSE und parallel dazu in den Gremien und Ländern der FGG Elbe sowie in Tschechien. Auf der Basis der vorliegenden Strategie müssen nun in der Folge die empfohlenen Maßnahmen des 10-Punkte-Plans in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe konkretisiert und in ihrer Umsetzung koordiniert werden.

10. Literaturverzeichnis

- Admiraal, W., Veldhuis, M. (1987): Determination of nucleotides in seawater by HPLC; application to phosphatase activity in cultures of the alga *Phaeocystis pouchetii*. *Marine Ecology Progress Series*, 36, p. 277 – 285
- BLMP-Ad-hoc-AG Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee (2014): Harmonisierte Hintergrund- und Orientierungswerte für Nährstoffe und Chlorophyll-a in den deutschen Küstengewässern der Ostsee sowie Zielfrachten und Zielkonzentrationen für die Einträge über die Gewässer. Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduktionszielen nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie, der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, der Helsinki-Konvention und des Göteborg-Protokolls
- BLMP-Ad-hoc-AG Nährstoffreduzierung des BLMP (2011): Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduzierungszielen in den Flussgebieten Ems, Weser, Elbe und Eider aufgrund von Anforderungen an den ökologischen Zustand der Küstengewässer gemäß Wasserrahmenrichtlinie
- BLMP-AG EG-WRRL (2007): Eutrophierung in den deutschen Küstengewässern von Nord- und Ostsee. Handlungsempfehlungen zur Reduzierung der Belastung durch Eutrophierung gemäß WRRL, OSPAR & HELCOM im Kontext einer Europäischen Wasserpolitik
- BMU (2018): <https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html>
- Böhme, M., Guhr, H., Ockenfeld, K. (2006): Pelagische Stoffumsetzungen. M. Pusch, H. Fischer (Hrsg.): Stoffdynamik und Habitatstruktur in der Elbe – Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 5, S. 44 – 55, Weißensee Verlag Berlin
- Borovec, J., Hejzlar, J., Jan, J., Mošnerová, P. (2010): Eutrofizační potenciál různých zdrojů fosforu v povodí VN Římov. J. Borovec, I. Očásková (ed.): Revitalizace Orlické nádrže 2010, 12.10. – 13.10.2010, Písek, s. 47 – 52
- Borovec, J., Jan, J., Hejzlar, J., Krása, J., Rosendorf, P. (2012): Eutrofizační potenciál erozních částic v nádržích. D. Kosour (ed.): Vodní nádrže 2012, 26.09. – 27.09.2012, Brno, s. 57 – 61
- Carl, P., Behrendt, H. (2008): Regularity-based functional streamflow disaggregation: 1. Comprehensive foundation. *Water Resources Research*, 44(2)
- Carl, P., Gerlinger, K., Hattermann, F. F., Krysanova, V., Schiling, C., Behrendt, H. (2008): Regularity based functional streamflow disaggregation: 2. Extended demonstration. *Water Resources Research*, 44(3)
- Cleland, E. E. (2011): Biodiversity and Ecosystem Stability. *Nature Education Knowledge*, 3(10)
- Conley, D. J. (2000): Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*, 410, p. 87 – 96
- Duras, J., Potužák, J. (2012): Látková bilance fosforu v produkčních a rekreačních rybnících. *Vodní hospodářství* 6/2012, s. 14 – 20
- Duras, J., Marcel, M., Šebesta, V. (2017): Pelhřimov – bilance velkého bodového zdroje v povodí VN Švihov a vliv opatření na biologických rybnících. J. Říhová Ambrožová (ed.): Vodárenská biologie 2017, 01.02. – 02.02.2017, Praha, s. 168 – 175
- Duras, J., Michal, M., Jelínková, K. (2014): Zdroje fosforu v povodí vodárenské nádrže Žlutice. J. Říhová Ambrožová, A. Pecinová (ed.): Vodárenská biologie 2014, 05.02. – 06.02.2014, Praha, s. 144 – 152
- DWA (2016): Diffuse Stoffeinträge in Gewässer aus Siedlungs- und Verkehrsflächen – T1/2016. DWA FGG Elbe (2015): Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans nach § 83 WHG bzw. Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Zeitraum von 2016 bis 2021
- FGG Elbe (2016): Ergebniszusammenfassung Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS
- FGG Elbe (2017): Elbebericht, Entwicklung des ökologischen und chemischen Zustands der Elbe 2009 – 2012, Schwerpunktthema Nährstoffe. Magdeburg
- Fiala, D., Rosendorf, P. (2009): Plošné zdroje fosforu v povodí VN Orlík. Revitalizace Orlické nádrže 2009, 06.10. – 07.10.2009, Písek, s. 75 – 86

- Fiala, D., Rosendorf, P. (2017): Role malých obcí v koloběhu fosforu a jejich význam při eutrofizaci vod v povodí VN Švihov. J. Říhová Ambrožová, A. Pecinová (ed.): Vodárenská biologie 2017, 01.02. – 02.02.2017, Praha, s. 93 – 102
- Fischer, H. (2015): Zur Steuerung der Trophie großer Flüsse. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2015, 8, S. 225 – 230
- Hanák, R., Ryšavý, P. (2015): Jakostní model povodí VD Vranov. D. Kosour (ed.): Vodní nádrže 2015, 06.10. – 07.10. 2015, Brno, s. 73 – 77
- Hecky, R. E., Kilham, P. (1988): Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnology and Oceanography*, 33(4), p. 796 – 822
- Heidecke, C., Hirt, U., Kreins, P., Kuhr, P., Kunkel, R., Mahnkopf, J., ... Wendland, F. (2015): Endbericht zum Forschungsprojekt „Entwicklung eines Instrumentes für ein flussgebietsweites Nährstoffmanagement in der Flussgebietseinheit Weser“ AGRUM+-Weser. Thünen Reports 21, Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries
- Hejzlar, J. (2010): Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí. Studie, Biologické centrum Akademie věd ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav
- Hejzlar, J., Borovec, J., Mošnerová, P., Polívka, J., Turek, J., Volková, A., Žaloudík, J. (2010): Bilance zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlík. Studie pro Povodí Vltavy, s.p., Biologické centrum Akademie věd ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav
- Hejzlar, J., Polívka, J., Žaloudík, J. (2009): Analýza hierarchie významu bodových a difúzních zdrojů fosforu v povodí řeky Lomnice pro eutrofizaci nádrže Orlík. Revitalizace Orlické nádrže 2009, 06.10. – 07.10. 2009, Písek, s. 87 – 96
- Hejzlar, J., Šámalová, K., Boers, P., Kronvang, B. (2006): Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. *Water, Air and Soil Pollution: Focus* (2006), 6, p. 487 – 494
- HELCOM (2009): Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 115B
- IKSE-EG SW (2016): Metodik zur Berechnung der Jahresstofffrachten. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg
- Kasprzak, P., Benndorf, J., Gonsiorczyk, T., Koschel, R., Krienitz, L., Mehner, T., ... Wagner, A. (2007): Reduction of nutrient loading and biomanipulation as tools in water quality management: Long-term observations on Bautzen Reservoir and Feldberger Haussee (Germany). *North American Lake Management Society* (ed.): *Lake and Reservoir Management*, 23(4), p. 410 – 427
- Klein, J. d. (2008): From Ditch to Delta, Nutrient retention in running waters. PhD-thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands
- Klement, V., Smatanová, M., Trávník, K., Němec, P., Sušil, A. (2012): Padesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice. Čtyřicet let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský ÚKZÚZ
- Krása, J., Janotová, B., Bauer, M., Dostál, T., Rosendorf, P., Hejzlar, J., Borovec, J. (2012a): Zdroje splavenin v povodích a jejich eutrofizační potenciál. D. Kosour (ed.): *Vodní nádrže* 2012, 26.09. – 27.09.2012, Brno, s. 53 – 56
- Krása, J., Rosendorf, P., Hejzlar, J., Borovec, J., Dostál, T., David, V., ... Fiala, D. (2013): Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. *Fakulta stavební ČVUT v Praze, Praha*
- Krása, J., Rosendorf, P., Hejzlar, J., Duras, J., Dostál, T., Dvořáková, T., ... Borovec, J. (2012b): Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod. Dílčí zpráva projektu NAZV č. QI102265 za rok 2011. *FSv ČVUT v Praze, Praha*
- LAWA (2017): Empfehlungen für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement (Defizitanalyse, Nährstoffbilanzen, Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen) in Flussgebietseinheiten. *LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung, Produktdatenblätter AO WRRL – 35, 36 und 37*

- LAWA-AG (2008): Fachliche Umsetzung der Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (2006/118/EG)
- Marcel, M., Duras, J. (2018): Epizodický vstup živin za deště – téma k řešení. J. Říhová Ambrožová, A. Pecinová (ed.): Vodárenská biologie 2018, 06.02. – 07.02.2018, Praha, s. 123 – 127
- MŽP, MZe, VÚV TGM, v.v.i., VÚRV, v.v.i. (2016): Zpráva České republiky o stavu a směrech vývoje vodního prostředí a zemědělských postupů podle článku 10 a přílohy V Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů
- OECD (1982): Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control. Paris
- Phillips, G., Pitt, J.-A. (2015): A comparison of European freshwater nutrient boundaries used for the Water Framework Directive. A report to ECOSTAT, October 2015, Ensis Ltd., Environmental Change Research Centre, London
- Reddy, K. R., Kadlec, R. H., Flaig, E., Gale, P. M. (1999): Phosphorus Retention in Streams and Wetlands: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29, p. 83 – 146
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H., Richards, F. A. (1963): The influence of organisms on the composition of sea-water. M. N. Hill (ed.): *The Sea*, 2, p. 26 – 77
- Richtr, J., Hejzlar, J., Semančíková, E. (2009): Koncentrace a formy fosforu v odtoku z malých zemědělských povodí v povodí nádrže Orlík. *Revitalizace Orlické nádrže 2009*, 06.10. – 07.10.2009, Písek, s. 65 – 74
- Rosendorf, P., Ansorge, L., Dostál, T., Zahrádka, V., Bednárek, J. (2015): Metodika pro posuzování vlivů zdrojů znečištění na eutrofizaci vodních nádrží. Certifikovaná metodika, TA02020808_MET, MZe (č.j. 14823/2015-MZE-15100)
- Rosendorf, P., Fiala, D., Beneš, J., Duras, J., Potužák, J., Liška, M. (2017): Komplexní analýza emisí fosforu ze všech obcí v povodích Lomnice, Skalice, Loděnice a Želivky a jejich vliv na stav vodních útvarů. D. Kosour (ed.): *Vodní nádrže 2017*, 03.10. – 04.10.2017, Brno, s. 52 – 59
- Rosendorf, P., Tušil, P., Durčák, M., Svobodová, J., Beránková, T., Vyskoč, P. (2011): Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. VÚV TGM, v.v.i.
- Sýkora, L., Hanák, R., Duras, J. (2012): Snížení eutrofizace v povodí VN Slezská Harta. D. Kosour (ed.): *Vodní nádrže 2012*, 26.09. – 27.09.2012, Brno, s. 93 – 97
- UBA (2004): Gesamtsynthese Ökosystemforschung Wattenmeer. Zusammenfassender Bericht zu Forschungsergebnissen und Systemschutz im deutschen Wattenmeer. UBA-Texte 03/04
- VDLUFA (2018): Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf. Standpunkt des VDLUFA, Speyer
- Venohr, M., Hirt, U., Hofmann, J., Opitz, D., Gericke, A., Wetzig, A., ... Behrendt, H. (2011): Modelling of Nutrient Emissions in River Systems – MONERIS – Methods and Background. *International Review of Hydrobiology*, 96, p. 435 – 483
- Gesetz 254/2001: Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Verordnung 5/2011: Vyhláška č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod
- Verordnung 49/2011: Vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod
- Verordnung 98/2011: Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod

11. Abbildungsverzeichnis

Abb. 5-1: Gesamtphosphor – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015	26
Abb. 5-2: Phosphat-Phosphor – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015	27
Abb. 5-3: Ammoniumstickstoff – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015	28
Abb. 5-4: Nitratstickstoff – durchschnittliche Konzentration für den Zeitraum 2010 – 2015	29
Abb. 5-5: Gesamtphosphor – Einhaltung von Orientierungs- und Zielwerten	33
Abb. 5-6: Phosphat-Phosphor – Einhaltung von Orientierungs- und Zielwerten	34
Abb. 5-7: Ammoniumstickstoff – Einhaltung von Orientierungs- und Zielwerten	35
Abb. 5-8: Nitratstickstoff – Einhaltung von Umweltqualitätsnorm und Zielwerten	36
Abb. 5-9: Nitrat – Erreichung der Werte des guten chemischen Zustands und Trendbewertung für Grundwasserkörper	39
Abb. 6-1: Jahresmittelwerte der Gesamtstickstoffkonzentrationen an der Messstelle Seemannshöft	42
Abb. 6-2: Entwicklung der Jahresfrachten für Gesamtstickstoff an der Messstelle Seemannshöft	43
Abb. 6-3: Jahresmittelwerte der Gesamtphosphorkonzentrationen an der Messstelle Seemannshöft	44
Abb. 6-4: Entwicklung der Jahresfrachten für Gesamtphosphor an der Messstelle Seemannshöft	45
Abb. 6-5: Mittlere Jahresfrachten für Gesamtstickstoff in der Elbe und ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015	47
Abb. 6-6: Mittlere Jahresfrachten für Gesamtphosphor in der Elbe und ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015	48
Abb. 7-1: Stickstoffeintragspfade in den Bundesländern im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe	53
Abb. 7-2: Phosphoreintragspfade in den Bundesländern im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe	54
Abb. 8-1: Ansatzpunkte für eine Verringerung der Nährstoffeinträge und zur Verbesserung der Stoffrückhaltung	61

12. Tabellenverzeichnis

Tab. 4-1:	Deskriptoren der Fließgewässertypen in Tschechien	18
Tab. 4-2:	Für die Bewertung der allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten des ökologischen Zustands der Oberflächenwasserkörper der Fließgewässer im zweiten Bewirtschaftungszeitraum in Tschechien verwendete Zielwerte für die Nährstoffe.....	18
Tab. 4-3:	Deskriptoren der Typen der erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörper – Kategorie „See“ in Tschechien.....	19
Tab. 4-4:	Zielwerte für die Parameter der allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten des ökologischen Potenzials der Oberflächenwasserkörper der Standgewässer	19
Tab. 4-5:	Orientierungswerte für Stickstoff und Phosphor der Fließgewässer in Deutschland	21
Tab. 4-6:	Orientierungswerte für Phosphor der Seen in Deutschland.....	22
Tab. 4-7:	Schwellenwerte im Grundwasser.....	23
Tab. 4-8:	Orientierungswerte für Stickstoff und Phosphor der Küstengewässer in Deutschland	23
Tab. 4-9:	Übersicht über die in Tschechien und in Deutschland bei der Bewertung des Zustands der Wasserkörper im zweiten Bewirtschaftungszeitraum verwendeten Vorgaben für Nährstoffe	24
Tab. 5-1:	Auswertung der mittleren Nährstoffkonzentrationen an repräsentativen Messstellen der Wasserkörper der Kategorie „Fluss“ im Einzugsgebiet der Elbe für den Zeitraum 2010 – 2015 (ohne österreichischen und polnischen Teil des Einzugsgebiets).....	25
Tab. 5-2:	Auswertung der mittleren Gesamtposphorkonzentrationen (TP) an repräsentativen Messstellen der Wasserkörper der Kategorie „See“ im Einzugsgebiet der Elbe für den Zeitraum 2010 – 2015 (ohne österreichischen und polnischen Teil des Einzugsgebiets).....	31
Tab. 5-3:	Erfüllung der Orientierungs- und Zielwerte für Nährstoffe in Oberflächenwasserkörpern der Kategorie „Fluss“ im deutschen und tschechischen Teil der internationalen Flussgebietseinheit Elbe (anhand der Daten für den Zeitraum 2010 – 2015).....	32
Tab. 5-4:	Erfüllung der Orientierungs- und Zielwerte für Gesamtphosphor in Oberflächenwasserkörpern der Kategorie „See“ im deutschen und tschechischen Teil der internationalen Flussgebietseinheit Elbe (anhand der Daten für den Zeitraum 2010 – 2015).....	37
Tab. 5-5:	Anzahl und Fläche der Grundwasserkörper in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe, die wegen Nitrat im schlechten Zustand sind.....	38
Tab. 6-1:	Ergebnisse des Monitorings der Messstellen in den Übergangs- und Küstengewässern und Vergleich mit den Grenzwerten (vgl. auch Tab. 4-8).....	41
Tab. 6-2:	Trendermittlung der Gesamtstickstoffkonzentration.....	42
Tab. 6-3:	Trendermittlung der Gesamtposphorkonzentration.....	44

Tab. 6-4:	Stofffrachten für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor im Längsschnitt der Elbe und in ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015 sowie sich aus dem Vergleich der beiden Zeiträume ergebende Veränderungen.....	46
Tab. 6-5:	Spezifische Stofffrachten für Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff im Längsschnitt der Elbe und in ihren bedeutenden Nebenflüssen in den Zeiträumen 1997 – 2001 und 2011 – 2015	50
Tab. 7-1:	Stickstoffeinträge über die unterschiedlichen Eintragspfade in den Naturräumen (Durchschnitt 2006 – 2010)	53
Tab. 7-2:	Phosphoreinträge über die unterschiedlichen Eintragspfade in den Naturräumen (Durchschnitt 2006 – 2010)	54
Tab. 7-3:	Überregional bedeutsame Eintragspfade für Stickstoff	55
Tab. 7-4:	Überregional bedeutsame Eintragspfade für Phosphor	55
Tab. 7-5:	Bedeutende Talsperren im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe	57
Tab. 8-1:	Fallbeispiele für erfolgreiche Maßnahmen in Deutschland und in Tschechien	63
Tab. 9-1:	Übersicht über die Minderungsbedarfe für Gesamtstickstoff (N) und Gesamtphosphor (P) in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe anhand der Daten für den Zeitraum 2011 – 2015	68

13. Abkürzungsverzeichnis

AuW	Agrarumweltmaßnahmen und Waldmehrung
AWB	artificial water body (künstlicher Wasserkörper)
BER	Koordinierungsraum Berounka
BLMP	Bund/Länder-Messprogramm
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav (Tschechisches Hydrometeorologisches Institut)
CZ	Tschechische Republik
D	Deutschland
DIN	dissolved inorganic nitrogen (gelöster anorganischer Stickstoff)
DüV	Düngeverordnung
DVL	Koordinierungsraum Untere Moldau
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EG	Europäische Gemeinschaft
EW	Einwohnerwerte
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
Expertengruppe SW	Expertengruppe „Oberflächengewässer“
FGE	Flussgebietseinheit
FGG Elbe	Flussgebietsgemeinschaft Elbe
GrwV	Grundwasserverordnung
GWK	Grundwasserkörper
HAV	Koordinierungsraum Havel
HELCOM	HELCOM (Baltic Marine Environment Protection Commission – Helsinki Commission)
HMWB	heavily modified water body (erheblich veränderter Wasserkörper)
HSL	Koordinierungsraum Obere und mittlere Elbe
HVL	Koordinierungsraum Obere Moldau
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
JD	Jahresdurchschnitt
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
MEL	Koordinierungsraum Mittlere Elbe/Elde
MES	Koordinierungsraum Mulde-Elbe-Schwarze Elster
Mol	SI-Basiseinheit der Stoffmenge
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EG)
N	Stickstoff
NH ₃ -N	Ammoniakstickstoff
NH ₄ ⁺	Ammonium-Ion
NH ₄ -N	Ammoniumstickstoff
NI	Niedersachsen
Nmin	mineralischer Stickstoff
NO ₂ -N	Nitritstickstoff

NO ₃	Nitrat
NO ₃ -N	Nitratstickstoff
ODL	Koordinierungsraum Eger und untere Elbe
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
o-PO ₄ -P	ortho-Phosphat-Phosphor
OSPAR	Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks
OWK	Oberflächenwasserkörper
P	Phosphor
PO ₄ ³⁻	Phosphat
PO ₄ -P	Phosphat-Phosphor
RAUMIS	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem
SAL	Koordinierungsraum Saale
SH	Schleswig-Holstein
Si	Silizium
TEL	Koordinierungsraum Tideelbe
TN	Gesamtstickstoff
TP	Gesamtphosphor
UBA	Umweltbundesamt
UQN	Umweltqualitätsnorm
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (Zentrale Landwirtschaftliche Kontroll- und Prüfanstalt)
VÚRV, v.v.i.	Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, öffentliche Forschungseinrichtung)
VÚV TGM, v.v.i.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. (Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk, öffentliche Forschungseinrichtung)
WD	Winterdurchschnitt
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)

