



**Schleswig-Holstein**  
Ministerium für Energiewende,  
Landwirtschaft, Umwelt, Natur  
und Digitalisierung

Erläuterungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie  
in Schleswig-Holstein

## **Priorisierungskonzept Seen**

**Stand: Dezember 2021**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehen bei der Umsetzung von Maßnahmen .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Methode zur Priorisierung der 62 natürlichen, gem. WRRL berichtspflichtigen Seen hinsichtlich der Maßnahmenumsetzung .....</b>	<b>3</b>
3.1	Defizitanalyse	3
3.2	Ermittlung des zur Zielerreichung erforderlichen Minderungsbedarfes der Phosphoreinträge in die Seen	4
3.3	Wirkungsbeitrag und Kosten der zur Erreichung des guten ökologischen Zustandes erforderlichen Maßnahmen	6
3.4	Weiterer Untersuchungsbedarf und erforderliche Maßnahmen	20
3.5	Abschätzung der Gesamtkosten für die Sanierung bzw. Restaurierung der Seen	20
3.6	Prioritätsstufen	22
3.7	Seenkettenfaktor	23
<b>4</b>	<b>Priorisierung der 62 natürlichen, gem. WRRL berichtspflichtigen Seen hinsichtlich der Umsetzung von Maßnahmen.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>28</b>

## 1 Einleitung

Die überwiegende Zahl der berichtspflichtigen schleswig-holsteinischen Seen erreicht aktuell nicht den guten ökologischen Zustand gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Wichtigste Ursache hierfür ist bei den meisten Seen des Landes die Überversorgung mit Nährstoffen (Eutrophierung), die u.a. zur Trübung des Wassers durch Mikroalgen, zu verschlechterten Lebensbedingungen für Unterwasserpflanzen und bestimmte Fische sowie zur Veränderung des Nahrungsgefüges im See führen.

Maßnahmen, die zur Erreichung des guten ökologischen Zustands gemäß WRRL beitragen und durch die sich die Seen zu Lebensräumen für schützenswerte Tier- und Pflanzenarten entwickeln, können zugleich dazu führen, dass die Seen klarer und so attraktiver für Freizeit und Tourismus werden. Auch Badeverboten wird damit vorgebeugt.

Das vorliegende 'Priorisierungskonzept Seen' soll fachliche und finanzielle Aspekte der Umsetzung von Maßnahmen berücksichtigen und dabei helfen, diese zu bündeln. Die Aufgabenverteilung zwischen dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (Seendezernat) und dem Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz (WRRL-Fachbereiche) beim Monitoring sowie bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen wird erläutert. Das Priorisierungskonzept wird regelmäßig fortgeschrieben.

Im Fokus stehen dabei die 62 natürlichen Seen Schleswig-Holsteins, die gemäß WRRL berichtspflichtig sind (Seefläche > 0,5 km<sup>2</sup>). Die 11 künstlichen Standgewässer > 0,5 km<sup>2</sup> an der Westküste weisen ein gutes ökologisches Potential auf und werden daher im Rahmen dieses Konzeptes nicht berücksichtigt.

Die Sanierung und Restaurierung von Seen ist kostenintensiv. Sie besteht i.d.R. aus vielen Einzelmaßnahmen, deren Umsetzung lange dauern kann. Bei fast allen Seen muss vor allem der flächenhafte Nährstoffrückhalt im Einzugsgebiet gestärkt werden, um die Umweltziele der WRRL zu erreichen.

Die LAWA-Kleingruppe Nährstoffreduktion hat im Juli 2017 „Empfehlungen für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement (Defizitanalyse, Nährstoffbilanzen, Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen) in Flussgebietseinheiten“ erarbeitet. Das vorliegende Papier lehnt sich daran an.

## 2 Vorgehen bei der Umsetzung von Maßnahmen

Eine zielgerichtete Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands setzt voraus, dass bei der Auswahl der Maßnahmen die Ursachen für Defizite im Gewässer bekannt sind, um die Planung darauf auszurichten. Dieser aus der wasserwirtschaftlichen Praxis seit langer Zeit bekannte Grundsatz wird als sogenannter '**DPSIR-Ansatz**' bezeichnet. Die Abkürzung DPSIR steht für die Kausalkette D - Driver (Verursacher, z.B. Landwirtschaft), P - Pressure (Belastung, z.B. diffuse Phosphoreinträge), S - State (Zustand, ökologischer und chemischer Zustand des Sees), I - Impact (Auswirkung, z.B. Eutrophierung) und R - Response (Reaktion, Umsetzung von entsprechenden Maßnahmen).

Bei der Erarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen in Schleswig-Holstein sind verschiedene Schritte erforderlich. Das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume

(LLUR) und der Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz (LKN) werden wechselseitig tätig.

### **Monitoring und ökologische Bewertung:**

Das LLUR führt das Monitoring an den Seen und deren ökologische Bewertung durch. Aus der Abweichung der Bewertung von den Umweltzielen der EU ergibt sich der Handlungsbedarf.

### **Zieldefinition und erforderlicher Sanierungsumfang:**

Das LLUR erarbeitet die Zieldefinition und schätzt den erforderlichen Sanierungsumfang ab.

### **Maßnahmenprogramm:**

Aus den festgestellten Belastungen leitet das LLUR einzelfallbezogen ab, welche Maßnahmen – flächenhaft und / oder technisch – in welchem Umfang zielführend sein können. Diese Informationen fließen in Fragebögen zur Einschätzung der Umsetzbarkeit von Maßnahmen ein, die von den Arbeitsgruppen (AGs) in den einzelnen Bearbeitungsgebieten bearbeitet werden. Die in den Fragebögen von den AGs plausibilisierten Maßnahmen werden vom LLUR validiert und ggfs. in die Maßnahmendatenbank (MDB) übernommen.

### **Priorisierung der Seen**

Das LLUR schreibt die Priorisierung der Seen fort und stimmt sie mit dem MELUND und dem LKN ab. Aus der Priorisierung ergibt sich die Rangfolge, an welchen Seen zuerst Maßnahmen umgesetzt werden sollen.

### **Maßnahmenumsetzung:**

Der LKN erarbeitet für die priorisierten Seen das Vorgehen hinsichtlich möglicher Trägerschaften, Arbeitsgruppen vor Ort, etc. Hierbei werden die unterschiedlichen Arten der Maßnahmen (Flächen oder Bauwerke) berücksichtigt.

Der LKN betreibt die Akquise von Flächen und Maßnahmen, ggf. gemeinsam mit dem jeweiligen Träger. Das LLUR unterstützt den LKN bei der Ausgestaltung der Maßnahmen und begleitet die Maßnahmenumsetzung fachlich. Bei Bedarf geben das LLUR Voruntersuchungen oder der LKN, mit dem entsprechenden Träger, Vorplanungen zur Vorbereitung von Maßnahmen in Auftrag.

Der LKN koordiniert die Finanzierung von Seenmaßnahmen. Mit Beginn der Finanzierung führt der LKN die Maßnahmendatenbank bis zum Abschluss der Maßnahmen.

### **Erfolgskontrolle**

Das LLUR führt – je nach Möglichkeit - eine Erfolgskontrolle umgesetzter Maßnahmen durch.

### 3 Methode zur Priorisierung der 62 natürlichen, gem. WRRL berichtspflichtigen Seen hinsichtlich der Maßnahmenumsetzung

#### 3.1 Defizitanalyse

Im Rahmen einer Defizitanalyse wird für jeden See im ersten Schritt geprüft, ob

1. die Bewertung wenigstens einer Qualitätskomponente, Phytoplankton (Mikroalgen) oder Makrophyten (Unterwasservegetation), von 'gut' abweicht und
2. der Orientierungswert für Gesamt-Phosphor eingehalten wird. Phosphor ist bei den meisten Seen wichtigster Steuerfaktor für das Wachstum des Phytoplanktons.

Eine differenziertere Analyse der Defizite und der Belastungssituation ist im Rahmen der Seenprojekte, die an ausgewählten Seen durchgeführt werden, erforderlich.

Die **Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten**, Phytoplankton, Makrophyten und – soweit verfügbar – Makrozoobenthos und Fische ist bei allen bis auf zwei Seen (Selter See, Suhrer See) schlechter als 'gut' (Stand einschl. 2018). Nur ein See (Bothkamper See) ist hinsichtlich der beiden Floren-Komponenten mit 'schlecht' zu bewerten.

Bei getrennter Betrachtung der Lebensgemeinschaften ergibt sich ein differenzierteres Bild (Abbildung 1). 23 Seen (37 %) sind bereits hinsichtlich ihrer Besiedlung mit Phytoplankton mit 'gut' zu bewerten.

Die Makrophyten am Seeufer indizieren im Mittel schlechter als das Phytoplankton im Freiwasser. An 24 % der Seen liegt die Bewertung der Makrophyten um 2 oder sogar 3 Stufen unter der Bewertung des Planktons. Ihre Entwicklung wird zum Einen durch die Konkurrenz zum Phytoplankton hinsichtlich Nährstoffen und Licht bestimmt. Sie kann aber auch durch andere Faktoren wie z.B. das Bodensubstrat, Beschattung, Wiederbesiedlungspotential, Beeinflussung durch bestimmte Fischarten oder anthropogen bedingte Störungen sowie ggfs. Herbizide beeinflusst sein (siehe Kap. 3.4).

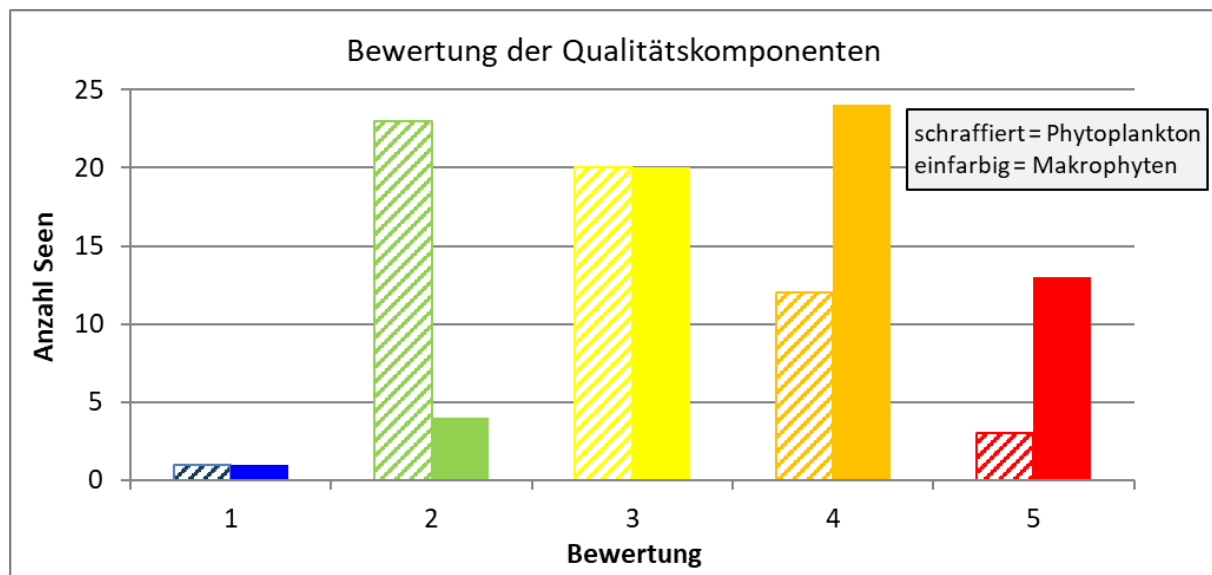
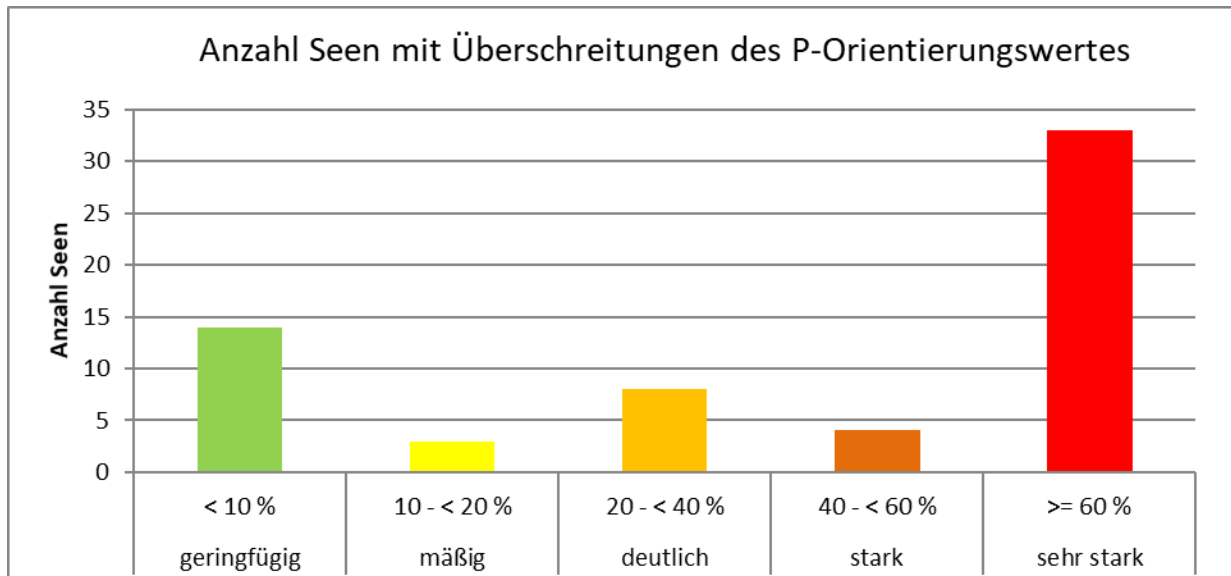


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der biologischen Bewertung (1 – 5) von Phytoplankton (schraffiert) und Makrophyten (einfarbig) in 62 Seen, Daten bis einschließlich 2018

Die **Phosphor-Orientierungswerte** (Mittelwerte von März – November, gemessen in 1 m Wassertiefe) werden in 9 der 62 Seen eingehalten und in vielen anderen Seen deutlich überschritten (Abbildung 2). In etwa der Hälfte aller Seen liegen die Phosphor-Konzentrationen um mehr als 60 % darüber. Schlusslichter sind hier die beiden Flachseen Bothkampfer See und Südensee in Angeln, deren Phosphor-Konzentrationen beim 7-fachen des entsprechenden Orientierungswertes liegen.



**Abbildung 2:** Häufigkeitsverteilung der Überschreitung des Phosphor-Orientierungswertes in 62 Seen (Daten bis einschl. 2018)

Eindeutige **Entwicklungstrends** können nur bei 2 - 3 Seen, dem Großen Plöner See, dem Dobersdorfer See und dem Behlendorfer See, die regelmäßig jährlich untersucht werden, festgestellt werden. Bei den beiden Ersteren sinken seit vielen Jahren die Gesamt-P-Konzentrationen, liegen allerdings noch über den Orientierungswerten. Erste erkennbare Reaktionen der Florenkomponenten zeichnen sich ab: im Großen Plöner See wurde das Plankton erstmals 2017 und im Dobersdorfer See wurden die Makrophyten erstmals 2018 mit 2 bewertet.

Bei allen anderen Seen liegen bisher nur 3 - 4 Untersuchungsjahre vor, so dass dort keine zuverlässigen Trends erkennbar sind.

### 3.2 Ermittlung des zur Zielerreichung erforderlichen Minderungsbedarfes der Phosphoreinträge in die Seen

Im ersten Schritt wird der **aktuelle Phosphor-Eintrag** in jeden See wie folgt abgeschätzt:

- Direktes Einzugsgebiet: Modellierung der diffusen Phosphor-Einträge über MEPhos, der P-Einträge von versiegelten Flächen und von Kleinkläranlagen (FZ JÜLICH, 2014) sowie Abschätzung der Einträge aus kommunalen Kläranlagen aufgrund der Daten der behördlichen Überwachung (Dezernate 'Technischer Gewässerschutz' und 'Seen' im LLUR).

- Bei Seenketten: Abschätzung der Einträge aus dem Einzugsgebiet des nächst oberhalb gelegenen Sees aufgrund dessen seeinterner Phosphor-Konzentrationen, i.d.R. verrechnet mit einer mittleren Abflussspende von 10 l/(s\*km<sup>2</sup>).

Diese Abschätzungsmethode wird durch das Monitoring an ausgewählten Seezuläufen validiert. Die Abschätzungsergebnisse sind im Rahmen jedes Seenprojektes individuell zu überprüfen.

Im 2. Schritt wird die **erforderliche Minderung** des Phosphoreintrages unter Verwendung des Vollenweider-Modells sowie ggfs. unter Berücksichtigung einer seeinternen P-Rücklösung einzelfallbezogen abgeschätzt und wie folgt eingeordnet (Tabelle 1):

**Tabelle 1: Klassifizierung der für die Zielerreichung 'guter ökologischer Zustand' erforderlichen Minderung des Phosphor-Eintrages in Gewässer**

	Erforderliche Minderung des P-Eintrages	Seen in SH Anzahl	erforderliche Minderung des P-Eintrages gesamt, bezogen auf alle 62 Seen
0 %*	kein	10	17.600 kg/a P 12 %
< 10 %	geringfügig	8	
10 – 20 %	mäßig	22	
20 – 40 %	deutlich	14	
40 – 60 %	stark	7	

\* Ein Minderungsbedarf von 0 % bezieht sich vorwiegend auf Seen, die in Seenketten liegen und wo Maßnahmen an oberhalb gelegenen Seen durchzuführen sind.

Der prozentuale Minderungsbedarf des Phosphor-Eintrages beträgt bei vielen Seen 10 - 20 % des aktuellen Eintrags und ist damit häufig niedriger als die prozentuale Abweichung der seeinternen Phosphor-Konzentrationen vom Phosphor-Orientierungswert (Abbildung 3). Dafür können vor allem zwei Faktoren verantwortlich sein:

- Der See liegt in einer Seenkette und der für oberhalb gelegene Seen formulierte Minderungsbedarf wird berücksichtigt.
- In mehreren Seen finden sommerliche Phosphor-Freisetzen aus dem Sediment statt, die zur Überschreitung des P-Orientierungswertes führen. Bei diesen Seen wurde der Minderungsbedarf nicht anhand des Vegetationsmittels, sondern anhand des Frühjahrsvorrates an Phosphor abgeschätzt. Kann der externe Phosphor-Eintrag auf ein verträgliches Maß zurückgeführt werden, wird Phosphor im See wieder zum limitierenden Faktor. Durch die dann verringerte Phytoplankton-Produktion kann auch die interne P-Freisetzung zurückgehen. Im Einzelnen ist zu prüfen, ob dieser Erholungseffekt durch seeinterne Restaurierungsmaßnahmen beschleunigt werden kann und soll.

**Insgesamt wird der Minderungsbedarf auf 12 % aller Phosphor-Einträge** in die größeren schleswig-holsteinischen Seen abgeschätzt, das entspricht 17.600 kg Phosphor jährlich. Davon können 14 % (2.500 kg) durch eine Optimierung der Abwasserreinigung in den See-Einzugsgebieten mit signifikanter Abwasserbelastung erreicht werden (siehe Kap. 3.3.3.1). Würden auch die Kläranlagen in den See-Einzugsgebieten ohne signifikante Abwasserbelastung optimiert, so könnten weitere 2.500 kg P jährlich zurückgehalten werden.

Eine Minderung des Phosphor-Eintrags ist auch dann sinnvoll, wenn die Voraussetzungen für die Einhaltung der Orientierungswerte nicht vollständig geschaffen werden. Hierdurch kann zumindest die Phytoplanktonproduktion verringert und damit klareres Seewasser erreicht werden.

### **3.3 Wirkungsbeitrag und Kosten der zur Erreichung des guten ökologischen Zustandes erforderlichen Maßnahmen**

#### **3.3.1 Wahl der Maßnahmen entsprechend der Belastung der Seen**

Fast alle Seen sind durch diffuse Nährstoffeinträge (Belastung 2.2 gemäß EU-Codelist) belastet. 11 Seen sind darüber hinaus signifikant durch P-Einträge aus Schmutzwasser (Belastung 1.1) und 5 Seen durch Niederschlagswasser von versiegelten Flächen (Belastung 2.1) belastet. Des Weiteren weisen sieben Seen starke interne P-Freisetzen aus dem Sediment als Folge einer früher höheren Belastung, in der Regel Abwasserbelastung, auf (Pressure 9).

Weitere an die EU berichtete Belastungen (z.B. PCB-Belastung im Sediment) sind im Rahmen dieser Priorisierung von untergeordneter Bedeutung und werden nicht vorrangig berücksichtigt.

Die im Folgenden behandelten Maßnahmen sind nicht nur im direkten Seeumfeld, sondern auch entlang der Seezuläufe im gesamten Seeneinzugsgebiet umzusetzen. Dabei können die Anforderungen an die Phosphorkonzentrationen in den Fließgewässern aus Sicht des Seenschutzes höher sein als die entsprechenden Orientierungswerte für die Fließgewässertypen (LAWA AO 2014, RAKON II).

Bei der Abschätzung der entstehenden Kosten wurden nur die wichtigsten Maßnahmen einbezogen. Weitere flankierende Maßnahmen, z.B. in Zusammenarbeit mit der Fischerei, können im Einzelfall erforderlich sein.

Bei den Makrophyten, die in mehreren Seen die empfindlichste Qualitätskomponente sind, besteht des Weiteren Untersuchungs- bzw. Forschungsbedarf zu den Ursachen des ungünstigen Zustandes dieser Qualitätskomponente (siehe Kap. 3.4).

#### **3.3.2 Verminderung der diffusen Phosphor-Einträge (signifikant bei 59 Seen)**

Das Forschungszentrum Jülich (2014) hat die diffusen Eintragspfade für jedes Teileinzugsgebiet der größeren schleswig-holsteinischen Seen modelliert. Demnach verursachen diffuse Einträge – gemittelt für alle 62 natürlichen Seen > 50 ha – über 60 % der gesamten P-Einträge. Bei 59 der 62 natürlichen Seen ist der diffuse P-Eintrag signifikant (> 20 % des Gesamteintrags). Eine untergeordnete Rolle spielen diffuse P-Einträge nur am Schöhsee, Selenter See und Suhrer See.

Die diffusen Einträge ergeben sich vorrangig aus Erosion und Abschwemmung (im Mittel knapp 25 %) sowie aus Auswaschungen über Dränagen und Grundwasser (Abbildung 3). In einzelnen Seen finden sich jedoch auch stark abweichende Verhältnisse mit über 40 % der Phosphor-Einträge über Erosion (z.B. Bistensee, Stendorfer See) sowie mit ca. 50 % der Phosphor-Einträge über Dränagen (z.B. Neversdorfer See, Sankelmarker See).



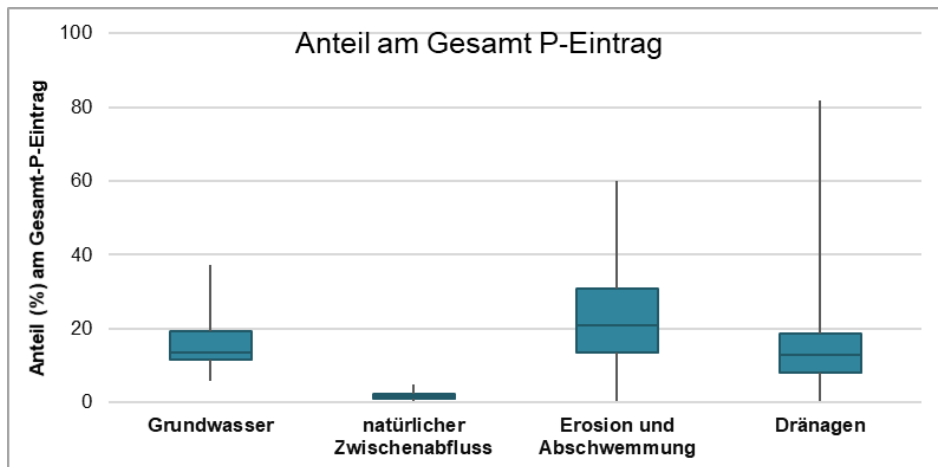


Abbildung 3: Anteil (%) der diffusen Eintragspfade am Gesamt-P-Eintrag in 62 schleswig-holsteinische Seen > 50 ha (Quelle: Forschungszentrum Jülich 2014)

### 3.3.2.1 Grundlegende Maßnahmen: Gesetzliche Vorgaben

Die **Düngeverordnung** stellt hinsichtlich der diffusen Einträge in Gewässer eine der wichtigsten Rechtsvorschriften dar. Seit der Novellierung 2017 wird erstmals auch die Phosphordüngung geregelt.

Im Rahmen der DüV 2017 wurde mit der im Juni 2018 in Kraft getretenen Landesdüngeverordnung neben einer N-Kulisse auch eine P-Kulisse ausgewiesen.

Den gesetzlichen Hintergrund für die Ableitung der P-Kulisse stellte der § 13 Absatz 2 Satz 1 Nummer 2 der Düngeverordnung 2017 dar. Demnach musste für diejenigen Gebiete eine Phosphatkulisse ausgewiesen werden, in denen der Anteil von Phosphor-Einträgen in die Gewässer aus landwirtschaftlichen Quellen größer als 50 % und damit erheblich ist. Dahin gehend wurden in Schleswig-Holstein 62 natürliche Seen > 50 ha überprüft.

Einzugsgebiete von Seen,

- die sich nicht im guten ökologischen Zustand befinden und
- bei denen die Orientierungswerte für Gesamtphosphor nach Anlage 7 Nummer 2.2 der Oberflächengewässerverordnung überschritten werden und
- bei denen zusätzlich die diffusen P-Einträge einen Anteil von mehr als 50 % ausmachen sowie
- die seeinterne P-Rücklösung unter den externen P-Einträgen liegt,

wurden der Phosphatkulisse zugeordnet.

Landwirtschaftliche Betriebe, die in der ausgewiesenen P-Kulissen wirtschafteten, mussten drei verpflichtende Maßnahmen einhalten. Dazu gehörte eine verpflichtende Analyse des eigenen Wirtschaftsdüngers, welche nicht älter als zwei Jahre sein darf, eine Beschränkung der Phosphatdüngung auf hoch bis sehr hoch versorgten Böden (> 40 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ 100 g Boden, nach DL-Methode) sowie eine um 14 Tage verlängerte Sperrfrist auf Grünland für Düngemittel mit einem wesentlichen Gehalt an Phosphat in der Zeit zwischen dem 15. Oktober bis zum 31. Januar. Diese 2018 in Schleswig-Holstein ausgewiesene P-Kulisse war bis

zum Ende des Jahres 2020 gültig und wies eine Gesamtfläche von 2139 km<sup>2</sup> auf was einen Anteil an der Landesfläche von 13 % ausmachte.

Im Zuge des in Kraft Tretens der novellierten DüV 2020 zum 01.05.2020 wurde auch eine neue Landesdüngeverordnung verabschiedet, die zum 01.01.2021 in Kraft trat und die seitdem Gültigkeit hat. Sie löste somit die Regelungen und Kulissen der Landesdüngeverordnung 2018 ab. Auf die Ausweisung eutrophierter Gebiete (P-Kulisse) wurde in Schleswig-Holstein im Zuge der neuen Landesdüngeverordnung verzichtet, es greift §13a (5) DüV:

*(5) Sofern die Landesregierungen Einzugsgebiete oder Teileinzugsgebiete nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 4 **nicht** ausgewiesen haben, ist ab dem 1. Januar 2021 die Anforderung nach Absatz 3 Satz 3 Nummer 4 auf den dort genannten Flächen **im gesamten Landesgebiet** anzuwenden.*

Dies bedeutet, dass Schleswig-Holstein für die gesamte Landesfläche strengere Regelungen bezüglich der Phosphordüngung erlassen hat, diese Regelungen beziehen sich im Wesentlichen auf erweiterte Gewässerabstände, die bei der Düngung an Gewässern einzuhalten sind, § 13 a Absatz 3 regelt, dass:

*4. abweichend von*

*a) §5 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 in Verbindung mit Satz 2 beim Aufbringen dort genannter Stoffe ein Abstand von mindestens 5 m einzuhalten ist.*

*Grundanforderung: mindestens 4 m ohne Exakttechnik, bei Exakttechnik weiterhin 1 m*

*b) §5 Absatz 3 Satz 1 Nummer 2 dort genannte Stoffe innerhalb eines Abstandes von 10 m zur Böschungsoberkante nicht aufgebracht werden dürfen.*

*Grundanforderung: innerhalb eines Abstandes von 5 m auf Flächen, die innerhalb eines Abstandes von 20 m zur Böschungsoberkante eine Hangneigung von durchschnittlich mindestens 10 % aufweisen*

*c) §5 Absatz 3 Satz 2 dort genannte Stoffe bei einer Hangneigung nach §5 Absatz 3 Satz 1 Nummer 2 innerhalb eines Abstandes von 10 bis 30 m zur Böschungsoberkante nur in der dort genannten Weise aufgebracht werden dürfen.*

*Grundanforderung: innerhalb eines Abstandes von 5 bis 20 m zur Böschungsoberkante.*

## **Neue Richtwerte für P-Gehaltsklassen**

Der Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) hat im März 2018 neue Phosphor Gehaltsklassen im Boden festgelegt. Die neue Einstufung ist das Ergebnis eines mehrjährigen Prozesses. Wissenschaftliche Untersuchungen hatten gezeigt, dass die P-Richtwerte auf Acker- und Grünlandstandorten gesenkt werden kann, ohne Ertragseinbußen befürchten zu müssen. In 2019 wurden diese Empfehlungen der VDLUFA auch in die „Richtwerte für die Düngung“ der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein übernommen. Der P-Entzug der Kulturen ist nun bei 13 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g Boden definiert (Mitte der Gehaltsstufe C). Dies bedeutet, dass optimale Erträge mit einer geringeren Phosphatbodenversorgung erzielt werden können. Folglich werden weniger P-Dünger für eine optimale Versorgung der Pflanze aufgebracht.

### 3.3.2.2 Ergänzende Maßnahmen: Freiwillige Maßnahmen

Neben der intensiven Beteiligung an Gesetzgebungsprozessen auf Bundesebene, wie z. B. die Novellierung des Düngerechts und der Düngeverordnung, gab es auf Landesebene weitgehende Änderungen des Landeswassergesetzes und Neuerungen bei den Wasserschutzgebietsverordnungen. Im Jahr 2013 wurde zwischen dem Bauernverband Schleswig-Holstein e.V. und dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (MELUND) eine Allianz für den Gewässerschutz eingerichtet, die gemeinsam mit vielen weiteren Beteiligten an der Identifizierung der Problembereiche und mit der Entwicklung und Umsetzung von Lösungsansätzen und Maßnahmen beschäftigt ist.

Darüber hinaus wurden zwei Maßnahmen ergriffen, die auf dem Prinzip der Freiwilligkeit beruhen und Angebote an die landwirtschaftlichen Betriebe darstellen:

- Angebot einer für die Landwirte und Betriebe kostenfreien **Gewässerschutzberatung**
- Ergänzend dazu vertragliche Vereinbarungen zu gewässerschonenden Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft im Rahmen von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (**AUKM**) in ganz Schleswig-Holstein.

Der Erfolg dieser Maßnahmen hängt entscheidend davon ab, in welchem Maße von den Angeboten Gebrauch gemacht wird. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich ausschließlich auf die eingeführte Maßnahme der Gewässerschutzberatung.

Die für landwirtschaftliche Betriebe freiwillige und kostenlose Gewässerschutzberatung wird seit 2021 in insgesamt drei Kulissen erstmals landesweit angeboten.

#### WRRL-Beratungsgebiete (BG01 - BG06):

Die 'Gewässerschutzberatung für die Landwirtschaft' zur Verringerung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser ist Anfang August 2008 in Grundwasserkörpern in einem schlechten chemischen Zustand angelaufen. Die Beratung wurde als Pilotmaßnahme bei jeweils 20 Betrieben in sechs Beratungsgebieten (BG01 - BG06) durchgeführt. Schwerpunkte der Beratung waren die Optimierung des Düngemanagements vor allem für Stickstoff, Maßnahmen zur Verbesserung der Fruchtfolgegestaltung und zur Reduzierung der Bodenbearbeitung sowie die Bewirtschaftung und Vermeidung von Umbrüchen bei Grünland. Die zwischen 2008 und 2015 durchgeführte Gewässerschutzberatung zielte darauf ab, ausgewählte Betriebe in den jeweiligen Beratungsgebieten wiederkehrend und intensiv (einzelbetrieblich) zu beraten. Aufgrund der positiven Resonanz aus der Landwirtschaft und den erfolgreichen Ergebnissen, wurde die Beratungsmaßnahme ab 2015 umgestellt und durch die Kofinanzierung aus Mitteln des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) aufgestockt. In diesem Zuge wurde die Beratung auf ein Modulsystem umgestellt und die Reduzierung von Phosphateinträgen in Seen rückte neben der Reduzierung von Nitratreinträgen in das Grundwasser in den Fokus der Beratung. So werden ab 2015 **16 ausgewählte Seen-EZG** über die Gewässerschutzberatung im BG01 - BG06 mitberaten.

### P-Beratungsgebiete (BG07 - BG09):

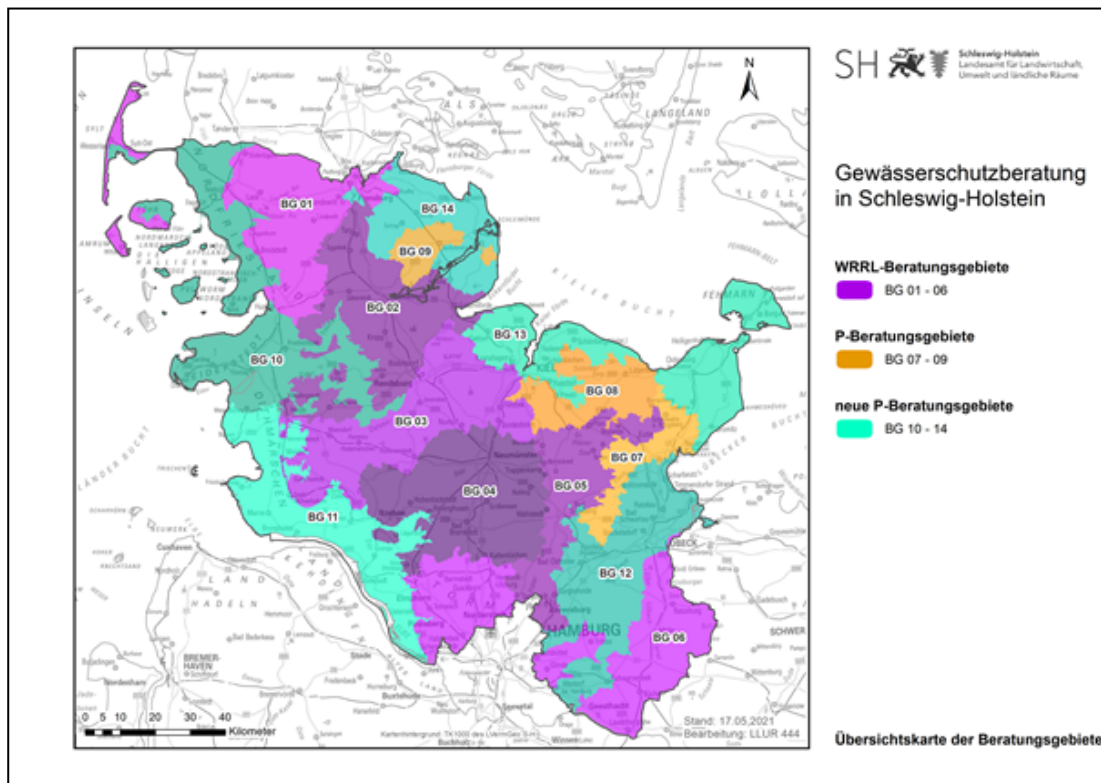
Mit der Einführung der Landesdüngverordnung (LDüV) in 2018 wurde eine P-Kulisse gemäß den damaligen Vorgaben nach § 13 der Düngverordnung 2017 ermittelt. In diesem Zusammenhang sowie zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wird seit 2019 in Schleswig-Holstein den Landwirtinnen und Landwirten in der Phosphat (P)-Kulisse, in drei Beratungsgebieten (BG07, BG08 und BG09) eine landwirtschaftliche Beratung, analog der bisher bestehenden ELER-Maßnahme 'Gewässerschutzberatung für die Landwirtschaft' angeboten. Während die 2015 begonnene Beratung sich auf 16 Vorrangseen konzentrierte, gehören die 2018 und 2019 zusätzlich in die Beratung aufgenommenen **23 See-Einzugsgebiete** der bis 2020 geltenden Phosphat-Kulisse gem. Landesdüngverordnung vermehrt zu den stärker degradierten und mit Nährstoffen stark überversorgten Seen.

### Neue P-Beratungsgebiete (BG10 - BG14):

Mit der Novellierung der Düngverordnung (DüV) und LDüV 2020 wurde auf die erneute Ausweisung einer P-Kulisse verzichtet. Stattdessen setzt das Land auf die Einführung landesweiter Maßnahmen nach § 13 a Abs. 5 DüV (siehe oben), da die P-Versorgung der landwirtschaftlich genutzten Böden und auch die P-Belastung der Oberflächengewässer in weiten Teilen des Landes zu hoch ist.

Um die Beratung auf P-belastete Bereiche auszuweiten und um eine Überschneidung mit den bestehenden Beratungsgebieten (BG01 - BG09) zu vermeiden, wurden in 2021 fünf weitere Beratungsgebiete ausgewiesen. Die fünf neuen Beratungsgebiete BG10 - BG14 liegen in mit P belasteten Gebieten, vor allem in den Einzugsgebieten entsprechender Fließgewässer, und umfassen insgesamt ca. 426.320 ha landwirtschaftliche Nutzfläche.

Die fünf neuen Beratungsgebiete decken damit die bisher noch nicht beratenen Landesteile ab. Sie befinden sich im Westen vor allem in den Niederungen der Westküste sowie der Elbmarschen. In der Flussgebietseinheit (FGE) Schlei/Trave kommen die küstennahen Teile der jeweiligen Einzugsgebiete hinzu. Zusammen mit der bestehenden Beratung wird mit diesen neuen Gebieten das Thema Phosphor landesweit beraten, so dass eine Beratung in allen **62 See-Einzugsgebieten** möglich ist. Dies ist notwendig, weil an mehr als zwei Drittel der Fließgewässerkörper die Orientierungswerte für Gesamt-Phosphor und an mehr als einem Drittel die Orientierungswerte für ortho-Phosphat nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV) 2016 nicht eingehalten werden. Bei den Seen wird an 73 % der Seewasserkörper der Orientierungswert für Gesamt-Phosphor nicht eingehalten. Weiterhin ist an 90 % der Fließgewässerkörper und an 82 % der Seewasserkörper der landwirtschaftlich bedingte Phosphoreintrag größer als 20 %, womit nach AVV Gebietsausweisung (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten) 2021 eine erhebliche Belastung erwiesen ist. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Beratungsgebiete der nun landesweiten Gewässerschutzberatung.



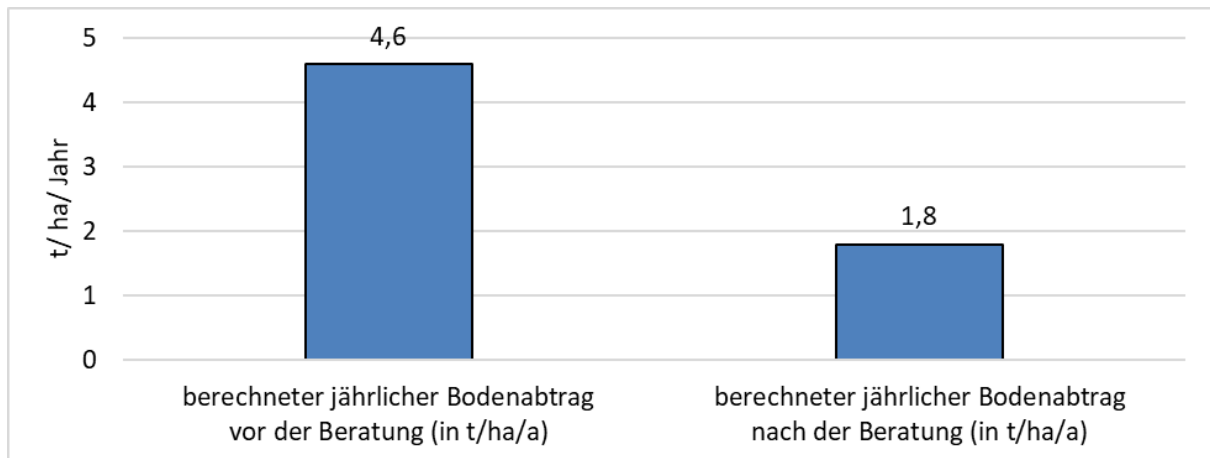
**Abbildung 4: Übersichtskarte der Beratungsgebiete der Gewässerschutzberatung in Schleswig-Holstein**

Die Gewässerschutzberater/-innen haben die Aufgabe, anhand der verschiedenen fachspezifischen Beratungsmodulen die landwirtschaftliche Betriebsstruktur zu erfassen, die Landwirte bei speziellen Fragestellungen unterstützend und aufklärend im Sinne des Gewässerschutzes zu beraten und in Gruppenberatungen die Ziele, Möglichkeiten und Erfolge der Beratung aufzuzeigen.

Die Beratung zum effizienten Phosphateinsatz wird über verschiedene Module sichergestellt. Innerhalb einer Düngeberatung wird den Betrieben beispielsweise eine gewässerschutzorientierte Düngeplanung erstellt, bei der insbesondere eine Optimierung der Stickstoff- und Phosphatdüngung angestrebt wird, außerdem gibt es die Möglichkeit Grundnährstoffanalysen durchführen zu lassen, um u. a. den Phosphatgehalt des Bodens zu bestimmen und die Bewirtschaftung optimal auszurichten. In Bezug auf die Reduzierung von P-Einträgen in Oberflächengewässer sind innerhalb des Modulsystems weiterhin v. a. die Beratungsmodulen zur Bodenschutzberatung, zur Bodenerosionsschutzberatung für Seen sowie zur Beratung zu Gewässerrandstreifen zu nennen. Sie erlauben eine explizit auf Phosphat ausgerichtete Beratung und damit eine Reduzierung der P-Einträge in die Oberflächengewässer und Seen.

### **Ergebnisse aus der Gewässerschutzberatung**

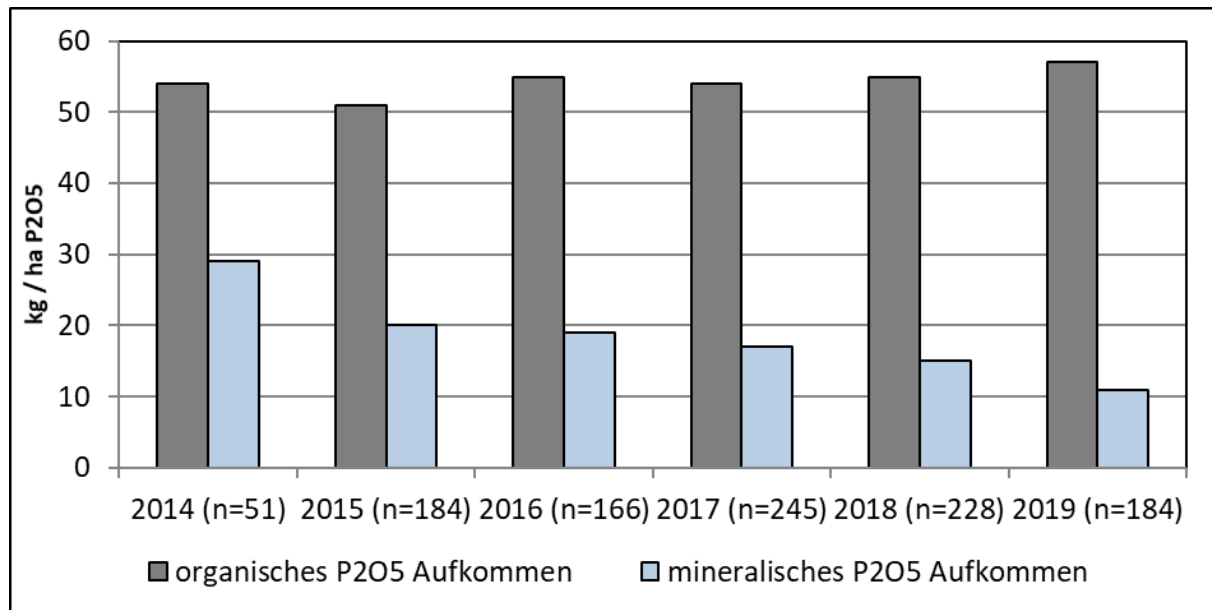
Ergebnisse aus den P-Beratungsgebieten BG07, BG08 und BG09 des Beratungsjahres 2019 zeigen, dass sich der berechnete mittlere Bodenabtrag vor der Beratung auf 4,6 t/ ha/ Jahr belief. Die berechneten Szenarien für den Bodenabtrag nach der Beratung zeigen einen mittleren Abtrag von 1,8 t/ ha/ Jahr. Dies verdeutlicht auch die nachfolgende Abbildung.



**Abbildung 5:** Auf Grundlage der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) berechneter Bodenabtrag vor der Beratung sowie nach vollständiger Umsetzung der Beratungsempfehlung

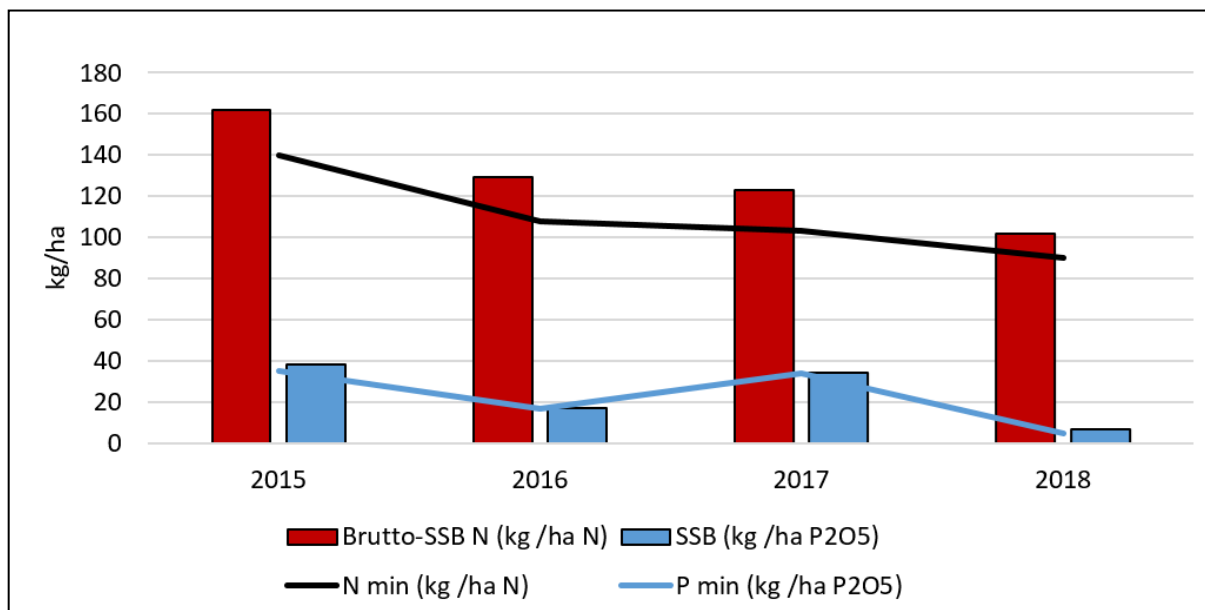
Es zeigt sich, dass bei vollständiger Umsetzung der berechneten und beratenen Szenarien eine Verringerung des Bodenabtrages von im Mittel 2,8 t/ha/Jahr und somit auch eine Verringerung des P-Abtrages von Flächen bzw. des Eintrages in Oberflächengewässer erzielt werden kann. Insgesamt umfassten die 105 Schläge, für die eine ABAG berechnet wurde eine Fläche von 1.107,5 ha. Es muss jedoch beachtet werden, dass es sich hierbei in erster Linie um beratene Szenarien des Bodenabtrages und dessen Verringerung handelt. Dabei ist anzunehmen, dass deren Umsetzung keinesfalls vollständig auf der gesamten Fläche erfolgt und die Berechnungen z.T. lediglich als Instrument genutzt werden, um Landwirtinnen und Landwirten Möglichkeiten aufzuzeigen, wie z.B. Änderungen in der Bodenbearbeitung oder die Erweiterung der Fruchtfolge den Bodenabtrag verringern können. Letztlich obliegt es dem jeweiligen Flächenbewirtschafter ob und in welchem Umfang er die Flächenbewirtschaftung nach Beratungsempfehlungen umstellt, um die Erosionsgefährdung so zu reduzieren.

Im Zuge des Moduls zur Schwachstellenanalyse werden neben Stoffstrombilanzen auch das Aufkommen für Phosphat und Stickstoff auf den beratenen Betrieben erhoben. Für die WRRL-Beratungsgebiete (BG01 - BG06) liegen bereits mehrjährige Daten dazu vor, die u. a. zeigen, dass das Aufkommen an mineralischem Phosphatdünger auf beratenen Betrieben rückläufig ist.



**Abbildung 6: Aufkommen an organischem und mineralischem Phosphat (kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) von allen beratenen Betrieben der WRRL-Gewässerschutzberatung (2014-2019)**

Das Aufkommen an mineralischem Phosphat wurde im Mittel aller Betriebe zwischen 2014 und 2019 um 62 % von 29 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> auf 11 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> reduziert. Insgesamt zeigen die Ergebnisse für das Aufkommen an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> auf, dass im Bereich der mineralischen Phosphatdüngung große Einsparungspotentiale liegen, die in der Beratung auch relativ schnell aufgezeigt und dann auch vom Betrieb genutzt werden. Hier ist insbesondere die P-reduzierte Unterfußdüngung zu nennen, die in den letzten Jahren ein wesentlicher Bestandteil in der Beratungsarbeit auf maisanbauenden Betrieben war und auch eines der Hauptthemen in Gruppenberatungen darstellte. Offensichtlich konnte diesbezüglich in den letzten Jahren das Einsparungspotential genutzt und Mineraldünger eingespart werden. Das nachfolgende Beispiel verdeutlicht, dass Erfolge der Beratungstätigkeit auch einzelbetrieblich festzustellen sind. Wie die Auswertungen der Daten dieses seit 2015 beratenen klassischen Futterbaubetriebes mit einer Fläche von ca. 100 ha und 2 GV/ha zeigen, konnte der betriebliche Brutto-Stoffstrombilanzsaldo für Stickstoff seit Beginn der Beratung um 37 % reduziert werden, dies ist maßgeblich durch den reduzierten Einsatz von mineralischem N-Dünger begründet. Zudem weist auch der Stoffstrombilanzsaldo für Phosphat und das mineralische Phosphataufkommen eine abnehmende Tendenz auf.



**Abbildung 7:** Auswertung der Erfolgsparameter eines beratenen Futterbaubetriebes. Dargestellt sind die Stoffstrombilanzsalden (SSB) für Stickstoff (kg/ha N) und Phosphat (kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) sowie das Aufkommen an mineralischem Stickstoff (kg/ha N) und Phosphatdünger (kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) zwischen 2015 und 2018

### 3.3.3 Verminderung punktueller Nährstoffeinträge

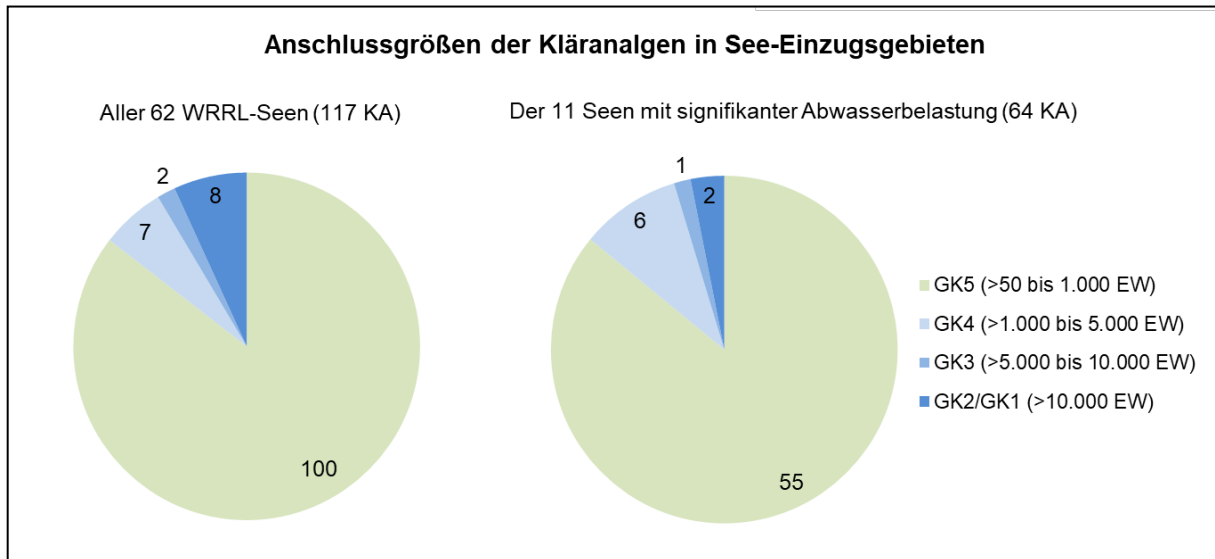
#### 3.3.3.1 Maßnahmen zur Verminderung von Phosphor-Einträgen durch Schmutzwasser (signifikant bei 11 Seen)

**11 Seen mit signifikanten Phosphoreinträgen (>20% des Gesamteintrags) über Schmutzwasser:**

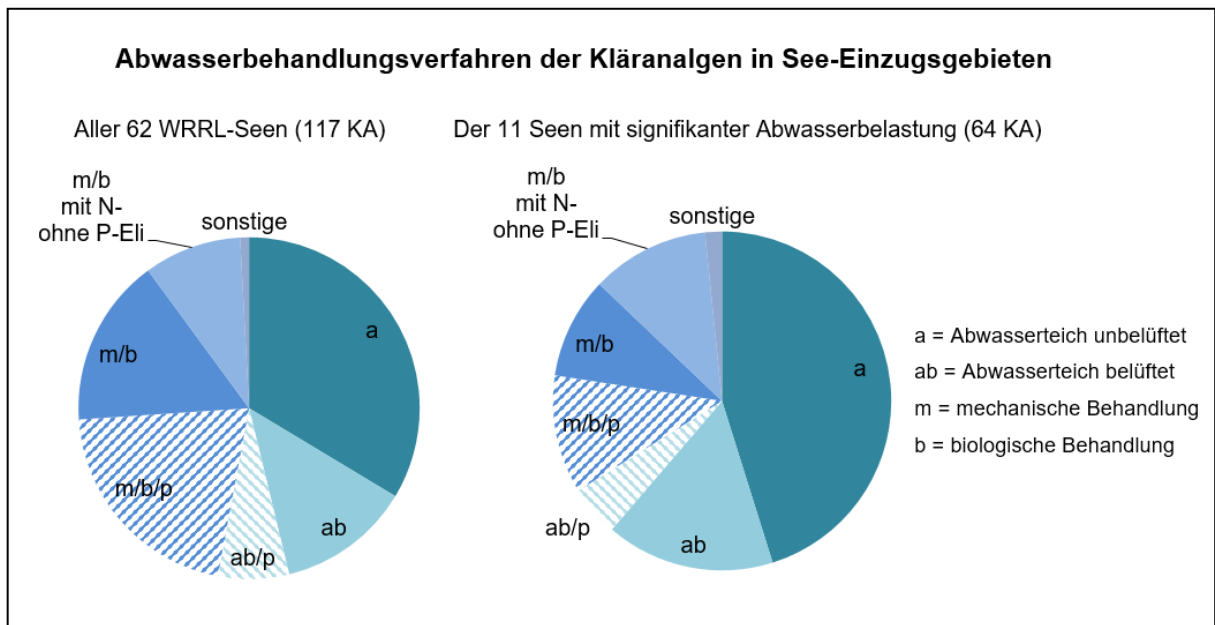
- Barkauer See
- Bordesolmer See
- Bothkamper See
- Dobersdorfer See
- Hemmeldorfer See
- Neustädter Binnenwasser
- Seedorfer See
- Stolper See
- Südensee
- Tresdorfer See
- Wardersee, Krems II

Flankierend zu flächendeckenden Maßnahmen zur Erhöhung der Stoffretention sind an verschiedenen Seen Maßnahmen zur Verbesserung der Abwasserbehandlung sinnvoll. Schmutzwasserbürtige Phosphor-Einträge in die WRRL-Seen stammen meist aus kleinen kommunalen Kläranlagen (< 1.000 EW) (Abbildung 8). Diese halten zwar die gesetzlichen Vorgaben i.d.R. ein, belasten aber 18 % der Seen signifikant (> 20 % des Gesamt-Phosphoreintrags). Über 40 % der Kläranlagen sind unbelüftete Abwasserteiche (a) (Abbildung 9). Etwa 15 % der Kläranlagen sind mit einer P-Elimination ausgerüstet (schraffierter Bereich in Abbildung 9).





**Abbildung 8:** Anschlussgrößen der Kläranlagen (KA) in den Einzugsgebieten der 62 WRRL-Seen (links) bzw. der 11 Seen mit signifikanter Abwasserbelastung (rechts) [GK: Größenklasse, EW: Einwohnerwerte]



**Abbildung 9:** Abwasserbehandlungsverfahren in den Kläranlagen in den Einzugsgebieten der 62 WRRL-Seen (links) bzw. der 11 Seen mit signifikanter Abwasserbelastung (rechts) [a: unbelüfteter Abwasserteich, ab: belüfteter Abwasserteich, m/b: mechanisch/biologische Behandlung, p: P-Elimination]

**Tabelle 2: Möglicher Wirkungsbeitrag einer optimierten Abwasserreinigung in Kläranlagen (mit Ausnahme von 3 Kläranlagen: Größenklasse 1) in den Einzugsgebieten ausgewählter Seen.**

Abwasserbelastung signifikant	See	notw. Minderung des P-Eintrages [kg/a P]	davon erreichbar durch optimierte Abwasserreinigung [%]	Anzahl optimierbarer Kläranlagen
ja	Tresdorfer See	350	> 100%	5 - 7
ja	Dobersdorfer See	100	100 % (Umschluss)	3 Trennkanalisation
ja	Wardersee Krems II	(1000*)	100 %	18
ja	Barkauer See	900	33%	5
ja	Stolper See	450	15%	2
ja	Hemmelsdorfer See	200	15%	1 Ortslage
ja	Bothkamper See	1.000	14%	3
ja	Neustädter Binnenwasser	1.000	10%	2
nein (16 %)	Passader See	180	> 100 % (Umschluss)	4
nein (14 %)	Postsee	1.300	44%	6 Trennkanalisation
nein (17 %)	Westensee	2.000	30 %	4

\*hergeleitet aus Reduzierungsbedarf Trave

Zur **signifikanten Abwasserbelastung der 11 Seen** tragen insgesamt 64 Kläranlagen sowie ca. 1.600 Kleinkläranlagen bei. Bei 8 der Seen mit signifikanter Abwasserbelastung können effektive Verbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen werden (Tabelle 2, zusammen 2.500 kg/a P). Bei den übrigen 3 Seen lassen sich aktuell keine oder nur sehr geringe Verbesserungen erreichen, die die Anlagen bereits über eine P-Fällung verfügen oder die Ablaufwerte bereits auf einem Niveau liegen, das sich über eine P-Fällung nicht gravierend verbessern würde.

Als substanzieller Beitrag zur Verbesserung des ökologischen Zustandes sind Abwassermaßnahmen insbesondere am Tresdorfer See, Dobersdorfer See und Wardersee Krems II wichtig und sinnvoll. Des Weiteren ist an drei Seen, an denen die Abwasserbelastung nicht signifikant, aber gleichwohl von Bedeutung ist (Passader See, Postsee, Westensee), eine weitere Verbesserung der Abwasserreinigung wünschenswert und zielführend (zusammen weitere 1.450 kg/a P). Würden alle kommunalen Kläranlagen in den Einzugsgebieten der WRRL-Seen optimiert, so könnte insgesamt ein P-Rückhalt von jährlich knapp 5.000 kg erreicht werden.

Mögliche Maßnahmen sind die Nachrüstung der Kläranlagen mit einer P-Fällung. Denkbar und noch wirkungsvoller, jedoch teurer ist der Umschluss der Kläranlagen an nahegelegene

leistungsfähigere, größere Kläranlagen. Hierbei muss zunächst geprüft werden, ob eine solche Maßnahme andere Gewässer so stark belastet, dass eine gem. WRRL verbotene Verschlechterung deren ökologischen Zustandes zu erwarten wäre.

### Wirkungsbeitrag und Kosten

Um die Träger der Abwasserbeseitigungspflicht bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen finanziell zu unterstützen, hat das Land Schleswig-Holstein Fördermittel beantragt. Gemäß der im November 2021 veröffentlichten „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Abwasserbehandlung in Schleswig Holstein“ können Maßnahmen an kommunalen Kläranlagen gefördert werden, deren Abwassereinleitungen trotz Einhaltung der wasserrechtlichen Emissionsanforderungen für die Einleitungen das Gewässer in der Weise beeinflussen, dass die Bewirtschaftungsziele gemäß § 27 WHG nicht erreicht werden können.

Die Investitionskosten für den Einbau einer Phosphatelimination können nach § 10 Abwasserabgabengesetz mit der gezahlten Abwasserabgabe der vorangegangenen drei Jahre zu verrechnen, wenn die Nachrüstung zu einer 20 %igen Reduzierung der Nährstofffracht führt. Für die Inanspruchnahme der Förderung ist die Verrechnung mit der Abwasserabgabe erforderlich. Neben der möglichen Verrechnung mit der Abwasserabgabe verringert sich durch das Herabsetzen des Überwachungswertes für Phosphor aus der Erlaubnis auch die zukünftige jährliche Abwasserabgabe.

Die Finanzierungsmöglichkeit der **Nachrüstung einer Kläranlage mit einer P-Fällung** über die Verrechnung der Abwasserabgabe sowie der möglichen Förderung soll hier am Beispiel einer fiktiven Kläranlage dargestellt werden (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Maximal mögliche Verrechnung der Abwasserabgabe mit den Kosten für die Nachrüstung an einem fiktiven Beispiel [KA: Kläranlage, JSM: Jahres-schmutzwassermenge, EW: Einwohnerwerte, ÜW: Überwachungswert, CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf,  $P_{ges}$ : Gesamtphosphorkonzentration,  $N_{ges}$ : Gesamtstickstoffkonzentration].

Kläranlage	Mittlere P-Konzentration [mg/l]	JSM [m³/a]	P-Fracht [kg/a]
<b>derzeit</b>	3,8	16.000	60,8
<b>künftig</b>	1,5	16.000	24,0
<b>Frachtminderung</b>			<b>36,8</b>

Kläranlage	Derzeit	Künftig	Differenz €/a
EW	250	250	
JSM [m³]	16.000	16.000	
<b><math>P_{ges}</math> ÜW [mg/l]</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	
$P_{ges}$ : Abgabe [€/a]	572,64	190,88	-381,76
CSB: Abgabe [€/a]	572,64	572,64	
$N_{ges}$ : Abgabe [€/a]	286,32	286,32	
<b>Summe Abgabe [€/a]</b>	<b>1.431,60</b>	<b>1.049,84</b>	<b>-381,76</b>
maximale mögliche Verrechnung [€] (Gesamt-Abwasserabgabe für $P_{ges}$ , CSB und $N_{ges}$ der drei zurückliegenden Jahre)	4.294,80		

Ausgehend von **Investitionskosten** in Höhe von 40.000 € für die Nachrüstung einer P-Fällung verbleibt nach der Verrechnung mit der Abwasserabgabe (4.294,80 €) und einer möglichen Zuwendung in Höhe von maximal 19.000 € gemäß der Förderrichtlinie ein Restbetrag von 16.705,20 €, der als Eigenleistung erbracht werden muss. Da für eine P-Fällung Strom benötigt wird, können zusätzliche Kosten durch Verlegung der erforderlichen Kabel entstehen. Diese Kosten können bis zu einer Höhe von 5.500 € gefördert werden.

Der Wirkungsbeitrag beträgt ca. 36,8 kg Phosphor-Rückhalt pro Jahr. Damit stellt die Nachrüstung einer Kläranlage mit einer P-Fällung eine sehr kostengünstige Maßnahme mit hoher Wirkung dar.

Ein **Umschluss** von Kläranlagen wäre sehr viel teurer, aber auch wirkungsvoller. In einigen See-Einzugsgebieten (z.B. Passader und Dobersdorfer See) liegen schon entsprechende Konzepte des zuständigen Zweckverbandes vor. Am Beispiel der fiktiven Kläranlage würde ein Umschluss ca. 445.000 € kosten. Der Wirkungsbeitrag beträgt dann 60,8 kg Phosphor-Rückhalt pro Jahr.

Bei der Gesamtbetrachtung der Sanierungskosten pro See (Kap. 3.5) wurde für die Optimierung einer Kläranlage mit einer P-Fällung pauschal 40.000 € angesetzt.

### 3.3.3.2 Maßnahmen zur Verminderung von Phosphor-Einträgen durch Niederschlagswassereinleitungen (signifikant bei 5 Seen)

**5 Seen mit signifikanten Phosphoreinträgen (>20% des Gesamteintrags) über Niederschlagswassereinleitungen:**

- Bornhöveder See
- Großer Eutiner See
- Windebyer Noor
- Einfelder See
- Großer Segeberger See

Die P-Einträge von versiegelten Flächen in einen See entstammen meist mehreren kleinen Entwässerungsgebieten (z.B. beim Großen Eutiner See oder Großen Segeberger See). Hier stehen bisher kaum ausgereifte und praktikable Konzepte für einen Phosphor-Rückhalt zur Verfügung. Erfahrungen mit großen Retentionsbodenfiltern in Berlin ergaben eine Reduzierung der P-Einträge um bis zu 90 % der Zulauffrachten (FGG Elbe 2018). In Hamburg wurden Filtersysteme in Nassgullys stark belasteter Straßen getestet (Sommer et al. 2011 zit. in FGG Elbe 2018). Dort wurde ein P-Rückhalt von fast 50 % erreicht.

Untersuchungen an 16 Regenrückhaltebecken in schleswig-holsteinischen See-Einzugsgebieten im Jahr 2020 haben gezeigt, dass auch klassische Regenrückhaltebecken (RRB) einen Beitrag zum Phosphorrückhalt liefern können, wenn diese ordnungsgemäß gewartet und betrieben werden.

Generell sollten die in See-Einzugsgebieten liegenden Gemeinden dazu angeregt werden, Regenwasser aus Siedlungsgebieten zurückzuhalten, z.B. durch dezentrale Versickerung.

Am Beispiel des Großen Eutiner Sees führt das LLUR zzt. Untersuchungen zu Umfang und Dynamik der Einträge durch. Mögliche Maßnahmen werden daher im vorliegenden Konzept noch nicht berücksichtigt.

### 3.3.4 Technische Maßnahmen an Seezuläufen zwecks Nährstoffrückhalt

Können diffuse oder punktuelle Nährstoffeinträge in Seezuläufe nicht an der Quelle beseitigt oder zurückgehalten werden, sind auch technische Maßnahmen an Seezuläufen möglich.

Hier sind z.B. die Umleitung von Seezuläufen oder der Nährstoff-Rückhalt vor der Mündung des Fließgewässers in einen See durch naturnahe Retentionsbecken, potenzielle Überflutungsräume, Feuchtgebiete und Auen, technische Schilfpolder oder technische Phosphor-Eliminierungsanlagen denkbar. Ob diese Möglichkeiten bestehen und in Anspruch genommen werden sollen, stellt sich häufig erst im Verlauf eines Seenprojektes heraus. Bei der Priorisierung der Seen wurden technische Maßnahmen nicht berücksichtigt.

#### Wirkungsbeitrag und Kosten

Wirkungsbeitrag und Kosten hängen bei Rückhaltebereichen u.a. von der Bauart, der zu behandelnden Wassermenge, vom Verhältnis von Retentionsfläche bzw. -volumen zur Einzugsgebietsgröße sowie von der Höhe der Phosphor-Konzentrationen und der Adsorption des Nährstoffes an Partikel im Seezufluss ab. Als Beispiel sei das Pilotprojekt am Hauptzufluss des Wittensees genannt. Die Investitionskosten betragen 190.000 € und der Phosphorrückhalt wird auf ca. 50 bis 100 kg P/a abgeschätzt. Zusätzlich fallen Kosten für den Flächenerwerb an, die in diesem Fall durch Ausgleichsmittel getragen wurden.

### 3.3.5 Maßnahmen zur Verminderung starker See-interner P-Freisetzungen (7 Seen)

#### 7 Seen mit signifikanter Phosphorfreisetzung aus dem Sediment (>20% des externen Eintrags):

- Arenholzer See
- Bistensee
- Großer Eutiner See
- Hemmelmarker See
- Südensee
- Trammer See
- Wittensee

Seeinterne Maßnahmen können die Erholung eines Sees nach vollzogener Sanierung beschleunigen. Als nachhaltige Maßnahme zur Stärkung der P-Bindung im Sediment sind verschiedene Methoden der P-Fällung oder Sediment-Oxidierung theoretisch denkbar ebenso wie partielle Entschlammung. Zahlreiche Faktoren sind dabei zu berücksichtigen, u.a.

- die verbleibenden externen P-Einträge müssen verträglich für den See sein,
- die Maßnahme muss durch Akteure vor Ort mitgetragen werden,
- insbesondere bei Nutzung des Sees durch Berufsfischer oder Angler ist dafür Sorge zu tragen, dass die zukünftige Nutzung nicht die Erfolge der Restaurierung konterkariert oder eine Nährstoffverminderung im See den Interessen des Berufsfischers gravierend entgegensteht.

Bei einzelnen Seen kann eine Restaurierung zur Beschleunigung der Erholung sinnvoll sein, insbesondere bei Seen des Typs 11 (ungeschichteter See mit großem Einzugsgebiet) mit einer Frühjahrs-Phosphor-Konzentration, die den Orientierungswerten entspricht, sofern der externe Phosphoreintrag verträglich ist.

## Wirkungsbeitrag und Kosten

Am Beispiel des Behlendorfer Sees (63 ha Seefläche, 3,9 Mio. m<sup>3</sup> Wasservolumen) sei eine Größenordnung für Kosten und Wirkungsbeitrag einer seeinternen Phosphorbindung im Sediment genannt: die Investitionskosten betragen 600.000 €, bei der Maßnahme wurden 2.140 kg Phosphor im Sediment festgelegt.

### 3.4 Weiterer Untersuchungsbedarf und erforderliche Maßnahmen

Bis hierher wurden Maßnahmen zusammengestellt, die externe und interne Phosphor-Einträge in die Seen vermindern sollen und damit direkt auf die Qualitätskomponente Phytoplankton wirken, indirekt auch auf die Makrophyten.

Es besteht darüber hinaus weiterer Bedarf, die Ursachen der Verfehlung der Umweltziele, insbesondere bei den **Makrophyten**, zu untersuchen und nach Möglichkeit zu beheben. In einigen Seen wurde bereits ein fehlendes **Wiederbesiedlungspotential** festgestellt. Weiterer Einflussfaktor kann die Besiedlung mit **wühlenden oder Makrophytenfressenden Weißfischen** sein (WATERSTRAAT ET AL., 2017).

U.a. im Suhrer See, einem See im guten biologischen Zustand, wurden 2019/20 Untersuchungen zur Bedeutung von Herbiziden und anderen Faktoren für die Unterwasservegetation aufgenommen. An diesem See sowie an weiteren Seen mit fehlender Besiedlung durch Makrophyten - bei gleichzeitiger Bewertung des Planktons mit 2 oder 3 - wie z.B. dem Langsee bei Süderfahrenstedt, dem Sankelmarker See, dem Dieksee und dem Trammer See, werden das Ufersediment auf eine Vielzahl chemischer Stoffe (Screening) und auf die Keimungsfähigkeit von Fortpflanzungsstadien der Unterwasserpflanzen untersucht (DADI ET AL., 2020, HOLZHAUSEN ET AL., 2020, MACHATE ET AL., 2021).

Hinsichtlich möglicher Ursachen und Maßnahmen soll in den kommenden Jahren ein Konzept erarbeitet und umgesetzt werden.

### 3.5 Abschätzung der Gesamtkosten für die Sanierung bzw. Restaurierung der Seen

Eine **Sanierung** beinhaltet Maßnahmen im See-Einzugsgebiet, i.d.R. mit dem Ziel des Nährstoffrückhaltes. Unter **Restaurierung** sind seeinterne Maßnahmen zu verstehen.

In Abhängigkeit von der Belastungssituation und der notwendigen Minderung des Phosphoreintrages wurden für jeden See vorläufige individuelle Maßnahmenpakete geschnürt.

Dabei wurden nacheinander folgende Prüfschritte bearbeitet:

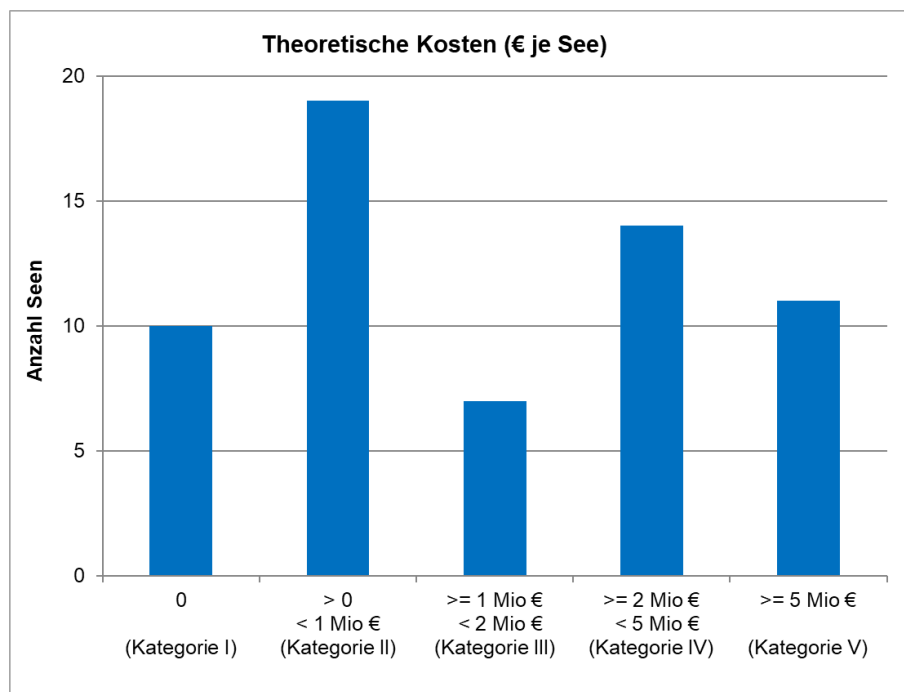
1. Prüfung von Maßnahmen zur Reduzierung punktueller P-Einträge.
2. Prüfung von Maßnahmen zur Reduzierung erosions- oder auswaschungsbedingter diffuser P-Einträge. Ggfs. sinnvolle technische Maßnahmen der nachträglichen Retention z.B. an Seezuläufen wurden im Rahmen dieses Konzeptes in Einzelfällen berücksichtigt.
3. Prüfung seeinterner Maßnahmen.

Die für die Umsetzung der Maßnahmenpakete, d.h. für die Sanierung oder Restaurierung eines Sees, ermittelten Kosten liegen zwischen 100.000 € und mehreren Mio. € und sind als

**potentielle Kosten** zu betrachten, da sie flächenhafte Maßnahmen beinhalten, die voraussichtlich nicht in vollem Umfang realisiert werden können (Möglichkeit für Flächenextensivierung und/oder -ankauf nicht immer gegeben). Sie zeigen also in erster Linie den Umfang des Sanierungsbedarfes. Ob die flächenhaften Maßnahmen durch technische Maßnahmen an Seezuläufen oder im See unterstützt oder ersetzt werden können, kann in jedem Einzelfall erst im Verlauf des Seenprojektes geprüft werden.

Für die Kostenschätzung im Rahmen der Priorisierung wurden daher nur **theoretische Kosten** abgeleitet. Diese ergeben sich aus der für den jeweiligen See notwendigen Minderung des Phosphor-Eintrags (kgP/a) und den dafür bei Flächenankauf erforderlichen Kosten (11.000 €/kgP). Details hierzu finden sich in Kapitel 3.3.2.2. Bei den Seen mit signifikanter Belastung durch Schmutzwasser kommen die Kosten hinzu, die für eine Optimierung der Abwasserreinigung anfallen würden (40.000 €/Kläranlage für die Nachrüstung einer P-Fällung). Details hierzu finden sich in Kapitel 3.3.3.1.

Die Häufigkeitsverteilung der theoretischen Gesamtkosten für jeden einzelnen See ist in Abbildung 10 dargestellt.



**Abbildung 10:** Häufigkeitsverteilung der theoretischen Kosten je See für die 62 berichtspflichtigen Seen

Für die spätere Priorisierung wird in fünf Kosten-Kategorien unterschieden:

Kategorie I: 0 € (Keine Kosten bzw. Kosten an vorgelagerten Seen)

Kategorie II: > 0 € bis < 1 Mio. €

Kategorie III: ≥ 1 Mio. € bis < 2 Mio. €

Kategorie IV: ≥ 2 Mio. € bis < 5 Mio. €

Kategorie V: > 5 Mio. €

An drei Seen mit signifikanter Abwasserbelastung (Dobersdorfer See, Tresdorfer See, War-dersee Krems II) entstehen für die Sanierung ausschließlich Kosten für eine Nachrüstung/ einen Umschluss der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Seen. An weiteren Seen mit einer Abwasserbelastung unterhalb des Signifikanzkriteriums wie dem Passader See, dem Postsee und dem Westensee kann durch die Optimierung der Abwasserreinigung ebenfalls eine erhebliche Minderung der P-Einträge erreicht werden. Die Maßnahmen an den Kläranlagen werden durch Verrechnung der Abwasserabgabe mitfinanziert.

An sieben in Seenketten gelegenen Seen wird kein Maßnahmenbedarf formuliert unter der Voraussetzung, dass an oberhalb gelegenen Seen die erforderlichen Maßnahmen umgesetzt werden (siehe auch Kapitel 3.7).

Für zwei Seen (Selenter See, Suhrer See) wurde kein erforderlicher Sanierungsumfang formuliert, da sie die Phosphor-Orientierungswerte einhalten und hinsichtlich der beiden Floren-Qualitätskomponenten mit mindestens „gut“ zu bewerten sind. Gleichwohl sind auch an diesen Seen nach Möglichkeit Entlastungsmaßnahmen durchzuführen, um einer zunächst nicht offensichtlichen Verschlechterung vorzubeugen.

### 3.6 Prioritätsstufen

Für die Priorisierung der Seen werden folgende Faktoren herangezogen:

1. Vorrangstatus gem. den 'Erläuterungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein - Ermittlung von Vorranggewässern'
2. Beginn der Seesanieung in den Vorjahren
3. Stärke der Degradation eines Sees, die den notwendigen Sanierungsumfang bestimmt

Folgende Stufen werden abgeleitet:

Die **Prioritätsstufe 1** erhalten Vorrangseen (Gruppe A), die den guten ökologischen Zustand bereits erreichen oder das Potenzial dazu haben sowie andere wenig degradierte Seen, an denen erste Sanierungsmaßnahmen umgesetzt wurden.

Die **Prioritätsstufe 2** erhalten weitere Vorrangseen (Gruppe B), in denen mindestens eine Qualitätskomponente bereits mit „gut“ bewertet wird und in denen Maßnahmen zum Erreichen des guten ökologischen Zustandes realisierbar scheinen. Diese Wasserkörper können nach derzeitigem Kenntnisstand und bei Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen den guten ökologischen Zustand erreichen.

Die **Prioritätsstufe 3** erhalten Vorrangseen (Gruppe C), die eine wichtige Naturschutz- oder Verbindungsfunktion haben. In Seenketten sind Maßnahmen besonders effizient, weil sie sich auch auf die nachfolgenden Seen auswirken. Ähnliches gilt für Seen im Einzugsgebiet von Vorrangfließgewässern oder in Küstennähe. Des Weiteren wird die Prioritätsstufe 3 stark degradierten Seen zugeordnet, an denen erste Sanierungsmaßnahmen umgesetzt wurden.

Die **Prioritätsstufe 4** erhalten die restlichen Seen.



**Tabelle 4: Prioritätsstufen 1 bis 4 und zugehörige Anzahl der natürlichen berichtspflichtigen Seen (gesamt 62 Seen)**

Prioritätsstufe		Anzahl Seen
1	Vorrangseen A oder andere wenig degradierte Seen mit begonnener Sanierung	22
2	Weitere Vorrangseen B	4
3	Vorrangsee C mit Verbindungsfunktion oder Stark degradierter See mit begonnener Sanierung	15
4	Restliche Seen	21

Diese Priorisierung der Seen bezieht sich auf flächenhafte und technische Maßnahmen. Eine Optimierung der Abwasserreinigung sollte, wo sie sinnvoll möglich ist, in allen See-Einzugsgebieten angestrebt werden.

### 3.7 Seenkettenfaktor

Wenn im Einzugsgebiet eines Sees in einer Seenkette Maßnahmen umgesetzt werden, hat dies auch Auswirkungen auf den nachfolgenden See. Diese sollen für die Priorisierung der Seen quantifiziert werden.

Werden an See 1 die für den guten ökologischen Zustand erforderlichen Maßnahmen umgesetzt, so ist zu erwarten, dass im See nach einiger Zeit die Phosphor-Orientierungswerte eingehalten bzw. verträgliche P-Konzentrationen erreicht werden. Dadurch verringern sich die P-Austräge aus See 1 und damit die P-Fracht in See 2.

1. Entfallen dadurch die erforderlichen Maßnahmen an See 2 vollständig, so wirken die Maßnahmen im Einzugsgebiet des Sees 1 auf 2 Seen. Für die Priorisierung werden die theoretischen Maßnahmenkosten für See 1 mit  $1/(1+1) = 0,5$  multipliziert.
2. Entfallen durch Maßnahmen an See 1 die Maßnahmen für z.B. 3 weitere Seen (Bornhöveder Seenkette), so werden die theoretischen Maßnahmenkosten mit  $1/(1+3) = 0,25$  multipliziert.
3. Entfallen die Maßnahmen an See 1 ihre Wirkung für See 2 nur anteilig, so dass z.B. nur die Hälfte der für See 2 vorgesehenen Maßnahmen umgesetzt werden müssen, so werden für die Priorisierung die theoretischen Maßnahmenkosten mit  $1/(1+0,5) = 0,67$  multipliziert.
4. Entfallen die Maßnahmen an See 1 keine Wirkung für See 2, so werden die theoretischen Maßnahmenkosten für See 1 mit  $1/1$  multipliziert, bleiben also unverändert.

Die ermittelten Seenkettenfaktoren lagen zwischen 0,2 und 0,75. Dieses Verfahren konnte bei sechs Seen mit einem bis wenigen nachfolgenden Seen, z.B. in der Bornhöveder Seenkette und an den Schwentineeseen, sinnvoll angewendet werden.

## 4 Priorisierung der 62 natürlichen, gem. WRRL berichtspflichtigen Seen hinsichtlich der Umsetzung von Maßnahmen

Die Priorisierung erfolgt

1. Nach der Prioritätsstufe.
2. Innerhalb der Prioritätsstufen nach dem erforderlichen Sanierungsumfang, d.h. nach den theoretischen Kosten pro See ggfs. multipliziert mit dem Seenkettensfaktor.

Die Reihenfolge der Seen als Ergebnis der Priorisierung ist in der Tabelle im Anhang zusammengestellt.

Bei Seen in Seenketten wurde bei der Abschätzung der notwendigen Minderung des P-Eintrages die Umsetzung des für die hydrologisch oberhalb gelegenen Seen formulierten Maßnahmenumfanges vorausgesetzt. Dadurch ergeben sich für sieben Seen überhaupt kein Minderungsbedarf und für weitere Seen wie z.B. den Drüsensee oder den Kellersee nur wenige Kilogramm als Minderungsbedarf. Die Wasserkörper, deren Sanierung jeweils vorausgesetzt wird, sind in Spalte O der Priorisierungstabelle im Anhang benannt.

Bei drei Seen mit signifikanter Abwasserbelastung (Dobersdorfer See, Tresdorfer See, Wardeckersee Krems II) kann die notwendige Verringerung des Phosphor-Eintrages allein durch die Verbesserung der Abwasserreinigung vollständig erreicht werden.

Für zwei weitere Seen – Selenter See und Suhrer See – wurde kein erforderlicher Sanierungsumfang formuliert, da die Seen die Phosphor-Orientierungswerte einhalten und hinsichtlich der beiden Floren-Qualitätskomponenten mit „gut“ zu bewerten sind. Gleichwohl sind auch an diesen Seen, insbesondere da sie eine lange theoretische Wasseraufenthaltszeit aufweisen, nach Möglichkeit Entlastungsmaßnahmen durchzuführen, um einer langsamen, zunächst nicht offensichtlichen Verschlechterung vorzubeugen.

Auf der Agenda der Maßnahmenumsetzung an Seen ganz oben stehen aus fachlicher Sicht folgende wenig degradierte Seen mit der **Priorität 1**:

FGE Eider: Arenholzer See, Bistensee

FGE Schlei/Trave: Behlendorfer See, Großer Küchensee und Großer Ratzeburger See, Großer Pönitzer See, Großer Segeberger See, Schluensee, Schöhsee, Stocksee

FGE Elbe SH: Brahmsee, Schaalsee-Niendorfer Binnensee und -Nordwest, Wittensee

Nachfolgend sind von Bedeutung die Seen der **Priorität 2** – hier besonders der Trammer See - **und Priorität 3**, vor allem stark degradierte Seen mit begonnener Sanierung. An mehreren dieser Seen laufen bereits Seen-Projekte (z.B. Bordscholmer See, Großer Eutiner See, Langsee Süderfahrenstedt, Neversdorfer See, Mözener See).

Viele Seen der **Priorität 4** haben ungünstige ökologische Bewertungen und einen hohen Sanierungsumfang. Sie stehen am Ende der Priorisierungsliste. Es finden sich mit der Priorität 4 aber auch einige Seen, die eine mäßige Bewertung des Planktons und nur einen **relativ geringen Sanierungsbedarf** aufweisen wie z.B. der Ahrensee oder der Süseler See. Hier kann mit einem relativ geringen Aufwand langfristig der gute ökologische Zustand erreicht werden, sofern Seenschutzmaßnahmen aus der Örtlichkeit heraus unterstützt werden.

In etlichen Fällen können auch Maßnahmen sinnvoll sein, die zwar mit ihrer Wirkung hinsichtlich des P-Rückhaltes nicht die Voraussetzungen für den guten ökologischen Zustand schaffen, jedoch zur Verbesserung des ökologischen Zustands führen. Hier ist insbesondere die Optimierung der Abwasserreinigung - auch in See-Einzugsgebieten ohne signifikante Abwasserbelastung - zu nennen.

Die abgeschätzten Kosten sind bei vielen Seen hoch. Dies liegt u.a. daran, dass bei den meisten Seen die diffusen Phosphor-Einträge dominieren und die Kosten für eine Verminderung dieser Einträge zunächst näherungsweise über einen Flächenerwerb mit anschließender Extensivierung abgeleitet wurden. Es handelt sich also um **potentielle Kosten**, die in erster Linie den Umfang des Sanierungsbedarfes charakterisieren. Ob flächenhafte Maßnahmen durch technische Maßnahmen unterstützt oder ersetzt werden können, wird sich erst im Verlauf der Seenprojekte zeigen.

Neben den fachlichen und finanziellen Aspekten, aufgrund deren die Priorisierung hergeleitet wurde, sind erfahrungsgemäß weitere Faktoren wie die Bereitschaft und Möglichkeiten vor Ort, aber auch die personellen Kapazitäten im LLUR und LKN für die Realisierbarkeit der notwendigen Maßnahmen maßgeblich.

## 5 Zusammenfassung

**Defizitanalyse:** nur einzelne schleswig-holsteinische Seen erreichen die Umweltziele der WRRL.

**Ursachen** sind vor allem zu hohe Phosphoreinträge in die Seen. Hinsichtlich der häufig sensibelsten Qualitätskomponente Makrophyten sind die Ursachen in den kommenden Jahren weiter zu untersuchen bzw. erforschen. 18 % der Seen werden signifikant durch Abwasser belastet. Diffuse P-Einträge aus landwirtschaftlichen Flächen liegen bis auf wenige Ausnahmen i.d.R. über 50 % der Gesamt-P-Einträge aus dem Einzugsgebiet.

**Der Minderungsbedarf aller Phosphor-Einträge** in die größeren schleswig-holsteinischen Seen wird auf 12 % abgeschätzt, das entspricht 17.600 kg Phosphor jährlich. Davon könnten 2.500 bis 5.000 kg durch eine Optimierung der Abwasserreinigung in ausgewählten See-Einzugsgebieten erreicht werden.

In den zurückliegenden Jahren wurden einige **grundlegende Maßnahmen** ergriffen wie die neue Düngeverordnung. In den Einzugsgebieten eutrophierter Seen wird eine kostenlose landwirtschaftliche Seenschutzberatung angeboten. Die Effekte dieser Maßnahmen werden nur langfristig erkennbar werden, z.B. an regionalisierten Nährstoffsalden oder Hoftorbilanzen. Weitere **ergänzende Maßnahmen** sollten umgesetzt werden, um die diffusen P-Einträge und die punktuellen P-Einträge, welche fast ausschließlich aus kleinen kommunalen Kläranlagen (< 1000 EW, Größenklasse 1) stammen, zu verringern.

Die **Maßnahmenumsetzung** an den 62 natürlichen schleswig-holsteinischen Seen > 50 ha wurde **priorisiert** unter Berücksichtigung des Vorrangstatus und der Degradation der Seen, von bereits begonnenen Seesanierungen sowie des erforderlichen Sanierungsumfanges.

**Höchste Priorität** haben folgende wenig degradierte Seen:

FGE Eider: Arenholzer See, Bistensee

FGE Schlei/Trave: Behlendorfer See, Dobersdorfer See, Großer Kückensee, Großer Plöner See, Großer Pönitzer See, Großer Ratzeburger See, Großer Segeberger See, Schluensee, Schönsee, Stocksee

FGE Elbe SH: Brahmsee, Schaalsee - Niendorfer Binnensee, Schaalsee - Nordwestteil, Westensee, Wittensee

Auch an den wenigen Seen im guten ökologischen Zustand sollten, insbesondere da sie eine lange theoretische Wasseraufenthaltszeit aufweisen, nach Möglichkeit Entlastungsmaßnahmen durchgeführt werden, um einer langsamen, zunächst nicht offensichtlichen Verschlechterung vorzubeugen.

An anderen Seen ist eine Minderung des Phosphor-Eintrags auch dann sinnvoll, wenn die Voraussetzungen für die Einhaltung der Orientierungswerte nicht vollständig geschaffen werden. Hierdurch kann zumindest die Phytoplanktonproduktion verringert und damit klareres Seewasser erreicht werden.

Die aufgrund fachlicher und finanzieller Aspekte hergeleitete Priorisierung darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass erfahrungsgemäß die Realisierbarkeit der notwendigen Maßnahmen in erster Linie von weiteren Faktoren wie Bereitschaft und Möglichkeiten vor Ort, aber auch von personellen Kapazitäten im LLUR und LKN abhängt. Die Rollenverteilung von LLUR und LKN bei der Maßnahmenumsetzung an Seen wird dargestellt.

## 6 Literatur

DADI, T., FRASCARELI, D., RINKE, K., FRIESE, K. (2020): Sedimentuntersuchungen in 8 Seen Schleswig-Holsteins zur Charakterisierung der Besiedlungsfähigkeit durch Makrophyten. Im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek

FGG Elbe (2018): Nährstoffmanagementstrategie für die Flussgebietseinheit Elbe. Entwurf 2018

FZ Jülich (Tetzlaff et al.) (2014): Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer Schleswig-Holsteins unter Anwendung der Modellkombination GROWA-WEKU-MEPhos.- Im Auftrag des MELUR, 177 S.

HOLSTEN, B., PFANNERSTIL, M. TREPEL, M. (2016): Phosphor in der Landschaft – Management eines begrenzt verfügbaren Nährstoffes. CAU Kiel, 52 S.

HOLZHAUSEN, A., GEBERT, J., QUANTER, J., SCHUBERT, H. (2020): Test auf Eignung der See-Sedimente für die Ansiedlung mit Makrophyten in ausgewählten Seen Schleswig-Holsteins mittels Wachstumsversuchen und Analyse der vorhandenen Diasporen im Sediment. Im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek.

LAWA-AO (2014): Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II: Hintergrund- und Orientierungswerte

für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL, 32 S.

LAWA AO (2017) Produktdatenblatt 35, 36, 37: Empfehlungen für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement (Defizitanalyse, Nährstoffbilanzen, Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen) in Flussgebieten.- 42 S.

MACHATE, O., DELLEN, J., SCHULZE, T., WENTZKY, V.C., KRAUSS, M. BRACK, W.,(2021): Evidence for antifouling biocides as one of the limiting factors for the recovery of macrophyte communities in lakes of Schleswig-Holstein. Environmental Science Europe, (2021) 33:57, 12 S.

TAUBE, F., HENNING, C., ALBRECHT, E., REINSCH, T., KLUß, C. (2015): Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein. Im Auftrag des MELUR, 55 S.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (2015): Positionspapier – Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung – Anpassung der Richtwerte für die Gehaltsklassen ist geboten und notwendig.- 9 S.

WATERSTRAAT, A., KRAPPE, M., MÖBIUS, F., TSCHAKERT, M. (2017): Einfluss benthivorer und phytophager Fischarten auf die Erreichung der Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie bei Seen mit empfindlicher Unterwasservegetation.-

LAWA-Projekt O4.16, Teil 1: Literaturstudie, 130 S.

# 7 Anhang

## Priorisierungstabelle, Stand 12/2021

A	B	D	E	F	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
Stand November 2021													Theoretische Kosten	
WK-Nr.	WK-NAME	L	Verwaltungsgebiet	Teil einer Seenkette	abgeschätzte notw. Minderung der P-Eintrags setzt Maßnahmen voraus in WK-Nr.	FFH-Gebiet	Vorrangstatus	Prio-Stufe	Defizitanalyse		Belastung (ohne 2.7)	notwendige Minderung des P-Eintrages		Theoretische Kosten als Kosten-Kategorien (incl. Seenketteneffektor = gelb unterlegt)
									Bewertung Phytoplankton	Bewertung Makrophyten		gesamt [kg/a P]	sinnvoll erreichbar durch optimierte Abwasserreinigung [kg/a P] bei Seen mit signifikanter Abwasserbelastung	
I = 0 € II = > 0 € bis < 1 Mio € III = > 1 Mio € bis < 2 Mio € IV = > 2 Mio € bis < 5 Mio €														
<b>Prio-Stufe 1</b>														
0062	Dobersdorfer See	Schlei/Trave	27	ja		ja	A	1	3	2	1,1, 2,2	100	100	Kategorie II
0019	Behlendorfer See	Schlei/Trave	32				B	1	2	4	2,2	10		Kategorie II
0359	Schöhsee	Schlei/Trave	26			ja	A	1	2	3	5,1, 9	10		Kategorie II
0115	Großer Pönitzer See	Schlei/Trave	29			ja	A	1	2	3	2,2	15		Kategorie II
0353	Schlusensee	Schlei/Trave	26			ja	A	1	2	2	2,2	25		Kategorie II
0393	Stocksee	Schlei/Trave	26				A	1	3	3	2,2	25		Kategorie II
0120	Großer Segeberger See	Schlei/Trave	30				A	1	2	3	2,1, 2,2	50		Kategorie II
0488	Schaalsee - Nordwestteil	Elbe	22	ja	0288	ja	A	1	2	3	2,2	70		Kategorie II
0009	Arenholzer See	Eider	6				A	1	2	3	2,2, 9	100		Kategorie III
0117	Großer Ratzeburger See	Schlei/Trave	32	ja	0111, 0288, 0488	ja	B	1	3	3	2,2	100		Kategorie III
0025	Bistensee	Eider	7				B	1	2	4	2,2, 9	150		Kategorie III
0042	Brahmensee	Elbe	11	ja			B	1	3	3	2,2	350		Kategorie III
0449	Wiltensee	Elbe	10			ja	B	1	3	3	2,2, 9	200		Kategorie IV
0288	Schaalsee - Niendorfer Bt	Elbe	22	ja		ja	B	1	2	4	2,2, 5,1	290		Kategorie IV
0111	Großer Küchensee	Schlei/Trave	32	ja	0288, 0488		B	1	2	4	2,2	550		Kategorie V
0114	Großer Plöner See	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385, 0178	ja	A	1	2	3	2,2	1500		Kategorie V
0443	Westensee	Elbe	10			ja	A	1	2	3	2,2	2000		Kategorie V
<b>Prio-Stufe 2</b>														
0413	Trammer See	Schlei/Trave	26				B	2	2	4	2,2, 9	20		Kategorie II
0344	Sankelmarker See	Eider	6				B	2	2	5	2,2	250		Kategorie IV
<b>Prio-Stufe 3</b>														
0178	Kellersee	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385	ja	C	3	3	4	2,2	100		Kategorie II
0126	Gudower See	Schlei/Trave	32	ja		ja	C	3	3	5	2,2	120		Kategorie II
0110	Großer Euliner See	Schlei/Trave	26	ja		ja	C	3	3	4	2,1, 2,2, 9	100		Kategorie III
0391	Stendorfer See	Schlei/Trave	26	ja		ja	C	3	3	5	2,2	200		Kategorie III
0146	Herrneldorfer See	Schlei/Trave	29			ja	C	3	4	4	1,1, 2,2	200	12	Kategorie IV
0367	Schwansener See	Schlei/Trave	25			ja	C	3	n.b.	4	2,2	200		Kategorie IV
0286	Neversdorfer See	Schlei/Trave	30	ja			C	3	3	4	2,2	400		Kategorie IV
0228	Langsee, Süderfahrenster	Schlei/Trave	24			ja	C	3	2	5	2,2	300		Kategorie IV
0033	Bordesholmer See	Elbe	10				C	3	4	5	1,1, 2,2, 9	350		Kategorie IV
0264	Mözenzer See	Schlei/Trave	30	ja	0286		C	3	4	5	2,2	400		Kategorie IV
0385	Sibbersdorfer See	Schlei/Trave	26	ja	0391	ja	C	3	4	5	2,2	600		Kategorie V
0040	Bothkampfer See	Elbe	10			ja	C	3	5	5	1,1, 2,2	1000	143	Kategorie V
0231	Lanker See	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385, 0178, 0114	ja	C	3	4	4	2,2	1000		Kategorie V
0152	Hohner See	Eider	7			ja	C	3	4	5	2,2	nicht abschätzbar		nicht abschätzbar
<b>Prio-Stufe 4</b>														
0070	Drisensee	Schlei/Trave	32	ja	0126	ja	C	4	2	4	2,2	10		Kategorie II
0420	Tresdorfer See	Schlei/Trave	27				C	4	3	3	1,1, 2,2	350	447	Kategorie II
0403	Süselker See	Schlei/Trave	29				C	4	3	3	2,2	20		Kategorie II
0003	Ahnensee	Elbe	10			ja	C	4	3	3	2,2	30		Kategorie II
0145	Herrneldorfer See	Schlei/Trave	25			ja	C	4	4	5	2,2, 9	30		Kategorie II
0434	Wardensee, Krems II	Schlei/Trave	30				C	4	3	3	1,1, 2,2	(1000)	1134	Kategorie II
0072	Einfeldler See	Elbe	13				C	4	4	3	2,1, 2,2	50		Kategorie II
0037	Bornhöveder See	Schlei/Trave	26	ja			C	4	3	5	2,1, 2,2	250		Kategorie II
0427	Vierer See	Schlei/Trave	26			ja	C	4	3	4	2,2	150		Kategorie III
0300	Passader See	Schlei/Trave	27	ja	0062	ja	C	4	3	4	2,2	180		Kategorie IV
0376	Seedorfer See	Schlei/Trave	26				C	4	3	4	1,1, 2,2	200		Kategorie IV
0447	Windebyer Noor	Schlei/Trave	25				C	4	5	4	2,1, 2,2, 4,5	300		Kategorie IV
0399	Südensee	Eider	6				C	4	4	5	1,1, 2,2, 9	350	4	Kategorie IV
0395	Stolper See	Schlei/Trave	26	ja	0037		C	4	3	4	1,1, 2,2	450	73	Kategorie IV
0016	Barkauer See	Schlei/Trave	34			ja	C	4	5	3	1,1, 2,2	900	290	Kategorie V
0381	Sehlendorfer Binnensee	Schlei/Trave	27			ja	C	4	n.b.	3	2,2	850		Kategorie V
0284	Neustädter Binnenwasser	Schlei/Trave	29			ja	C	4	n.b.	4	1,1, 2,2	1000	105	Kategorie V
0109	Großer Binnensee	Schlei/Trave	27			ja	C	4	4	2	2,2, 4,5	1150		Kategorie V
0315	Postsee	Schlei/Trave	26	ja	0037, 0395		C	4	3	4	2,2	1300		Kategorie V
<b>Seen ohne notwendige Minderung des P-Eintrags*</b>														
0020	Behler See	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385, 0178	ja	A	1	2	3	2,2	0		Kategorie I
0021	Bekauer See	Schlei/Trave	26	ja	0037		A	1	3	4	2,2	0		Kategorie I
0061	Dicksee	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385, 0178	ja	B	2	2	4	2,2	0		Kategorie I
0107	Großensee	Elbe	21			ja	A	1	2	4	2,2, 5,2, 9	0		Kategorie I
0194	Kleiner Plöner See	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385, 0178, 0114	ja	A	1	2	3	2,2	0		Kategorie I
0355	Schmalensee	Schlei/Trave	26	ja	0037		A	1	4	5	2,2	0		Kategorie I
0479	Schwendinensee	Schlei/Trave	26	ja	0391, 0385, 0178, 0114	ja	C	3	2	4	2,2	0		Kategorie I
0383	Selenker See	Schlei/Trave	27			ja	A	1	1	1		0		Kategorie I
0404	Suhrer See	Schlei/Trave	26			ja	A	1	2	2	9	0		Kategorie I
0433	Wardensee, Warder	Elbe	11	ja	0042		B	2	2	4	2,2	0		Kategorie I

\*) : Kein Minderungsbedarf bzw. keine Kosten unter der Voraussetzung, dass an hydrologisch vorgelagerten Seen Maßnahmen umgesetzt werden (siehe Spalte F).

## Erläuterung der Spalten der Priorisierungstabelle:

J: Vorrangstatus:

A: Alle QK = gut oder mit Potenzial für "gut"

B: mind. 1 Floren-QK = "gut"

C: Naturschutz-/Verbindungsfunktion

K: Prioritätsstufen:

1: Vorrangsee A oder wenig degradierter See mit begonnener Sanierung

2: weitere Vorrangseen B

3: Vorrangsee C oder stark degradierter See mit begonnener Sanierung

4: sonstige Seen

L/M: 1: sehr gut

2: gut

3: mäßig

4: unbefriedigend

5: schlecht

N: Belastung:

1.1: Punktquelle – kommunales Abwasser

2.1: Diffuse Quellen - Siedlungsgebiete

2.2: Diffuse Quellen – Landwirtschaft

2.7: Diffuse Quellen – atmosphärische Deposition (bei allen Seen)

4.5: Hydromorphologische Änderungen

5.1: Eingeführte Spezies und Krankheiten

5.2: Nutzung oder Entfernung von Tieren oder Pflanzen

9: Anthropogene Belastungen – Historische Belastungen