

## Erläuterungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein

# Regeneration von Seen

Erstellt durch  
Arbeitsgruppe in 2005

Aktualisiert in 2014 durch  
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume

Stand Dezember 2014

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2. Definitionen</b>	<b>3</b>
<b>3. Übersicht über Defizite, ihre Ursachen und mögliche Maßnahmen</b>	<b>6</b>
3.1. Überversorgung mit Nährstoffen	7
3.1.1 Diffuse Einträge	8
3.1.2 Punktuelle Einträge	13
3.1.3 Früher höhere Belastung - Restaurierungsmaßnahmen	14
3.2 Veränderung des Chemismus	17
3.3 Fehlende Wandermöglichkeiten	17
3.4 Veränderungen der Ufer	18
3.5 Veränderungen der Seewasserstandsschwankungen	19
<b>4. Förderung von Maßnahmen zur Regeneration von Seen</b>	<b>19</b>
<b>5. Erstellung und Umsetzung von Sanierungskonzepten</b>	<b>21</b>
<b>6. Auswahl von Seen</b>	<b>21</b>
<b>7. AnsprechpartnerInnen</b>	<b>22</b>
<b>8. Literatur</b>	<b>23</b>

## **Mitglieder der Fach-Arbeitsgruppe Seenregeneration 2005**

<b>Elisabeth Wesseler</b>	<b>LANU, Leitung der Fach-AG</b>
Dieter Bähr	Leiter der Wasserbehörde Plön
Dr. Dieter Bohn	LSFV
Gerhard Hartmann	Kreis Segeberg, Gewässer und Landschaft
Dr. Henning Thiessen	LANU, Abt. Naturschutz
Klaus Rohwedder	MLUR
Michael Wittl	Wasserbehörde Rendsburg-Eckernförde
Peter Baumann	StUA Kiel
Sabine Reichle	WWF
Dirk Vowe	ALR Kiel, Abteilung Fischerei
Joachim Schmidt	Bauernverband
Andre Stoffer	WBV Ostholstein
Gudrun Plambeck	LANU

## 1. Einleitung

Die überwiegende Zahl der größeren schleswig-holsteinischen Seen erreicht zzt. nicht den guten ökologischen Zustand gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. 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. Es besteht daher dringender Handlungsbedarf zum Schutz und zur Regeneration vieler Seen des Landes, die sich – wie es die EU-Wasserrahmenrichtlinie fordert - wieder zu Lebensräumen für die ihnen entsprechenden Tiere und Pflanzen entwickeln sollen. Vorrangig werden Seen mit einer Fläche von mehr als 50 ha sowie solche in Schutzgebieten bearbeitet.



Die Erläuterungen zur „Regeneration von Seen“ sollen die Arbeitsgruppen in den Bearbeitungsgebieten bei der Bewirtschaftungsplanung unterstützen. Darüber hinaus richten sie sich auch an die interessierte Öffentlichkeit als Hintergrundpapier zur Erläuterung der Vorgehensweise Schleswig-Holsteins und sollen für den Compliance-Check der EU-Kommission dienen. Insbesondere unterstützen sie dabei,

- den Regenerationsbedarf von Seen zu ermitteln,
- Aktivitäten zur Regeneration von Seen vorschlagen zu können und
- Grundlagen für die grobe Abschätzung von Umfang und Aufwand für erforderliche Maßnahmen zu erhalten.

Die Hinweise wurden von einer Fach-Arbeitsgruppe aus Vertretern von Wasser- und Bodenverband, Bauernverband, Naturschutz, Kreisen, StUA, LANU und MLUR 2005 erarbeitet und 2008 und 2014 aktualisiert.

Parallel dazu wurden weitere Erläuterungen erarbeitet: 1. Ausweisung von erheblich veränderten Gewässern, 2. Regeneration von Fließgewässern, 4. Flächenbedarf und Umgang mit Flächen bei der Entwicklung von Fließgewässern und Seen, 5. Ermittlung von Vorranggewässern, 6. Reduzierung von Nährstoffeinträgen ins Grundwasser.

In der Vergangenheit wurden bereits

- „Empfehlungen zum integrierten Seenschutz“ (1999),
  - Sanierungskonzepte für mehrere Seen des Landes (z.B. Wittensee, Hemmelsdorfer See, Klüthsee) sowie
  - Empfehlungen zur Entlastung für zahlreiche Seen (siehe Berichte des LANU Reihe B)
- erarbeitet. Die Erläuterungen zur „Regeneration von Seen“ sollen neben den Möglichkeiten einer Sanierung vor allem das Vorgehen bei der Umsetzung von Maßnahmen darstellen und klären, wer Träger von Maßnahmen werden kann (Kapitel 5).

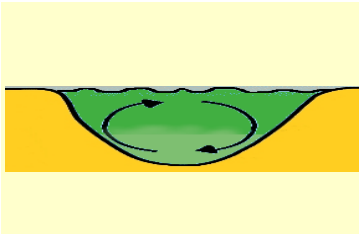
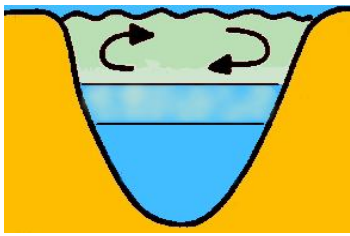
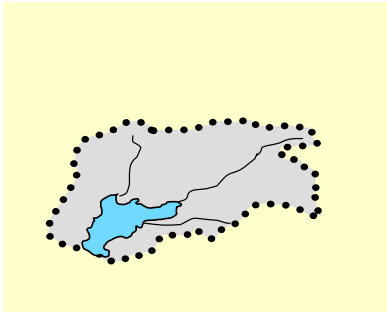
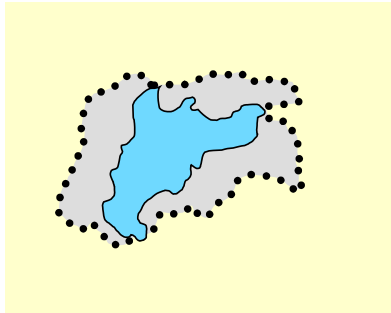
## 2. Definitionen

Als **Leitbild** dient der dem jeweiligen Seetyp entsprechende **Referenzzustand**. Er stellt einen aktuellen oder früheren Zustand dar, der durch sehr geringe Belastungen gekennzeichnet ist, ohne die Auswirkung bedeutender Industrialisierung, Urbanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft mit nur sehr geringfügigen Veränderungen der physikalisch-chemischen, hydromorphologischen und biologischen Bedingungen im See. Wenn – wie in Schleswig-Holstein - keine Referenzgewässer mehr vorhanden sind, werden die besten Gewässer für den Typ ermittelt, die – zumindest für einzelne biologische Qualitätskomponenten – nach Möglichkeit der Bewertungsstufe „gut“ oder besser entsprechen. (Tabelle 1).

Ein Beispiel für einen See des Typs 13 (tiefe Seen mit kleinem Einzugsgebiet), der diesem Leitbild nahe kommt, ist der im Kreis Plön gelegene Suhrer See.



Tabelle 1: Steckbrief-Auszug für den Referenzzustand von zwei in Schleswig-Holstein häufigen Seetypen.

Typ 11	Typ 13:
<b>Kalkreicher, ungeschichteter Tieflandsee mit großem Einzugsgebiet</b>	<b>Kalkreicher, geschichteter Tieflandsee mit kleinem Einzugsgebiet</b>
	
	
<p>Unterwasservegetation der</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seerosen-Gesellschaften (<i>Nymphaeion albae</i>),</li> <li>• Spiegellaichkraut-Gesellschaften (<i>Potamion lucentis</i>) und</li> <li>• Ausdauernden Armleuchteralgen-Gesellschaften (<i>Charion asperae</i>)</li> </ul>	<p>Unterwasservegetation der</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Graslackkraut-Gesellschaften (<i>Potamion graminei</i>) und verschiedener</li> <li>• Armleuchteralgen-Gesellschaften (<i>Charetea fragilis</i>)</li> </ul>
Trophiestufe: meso- bis schwach eutroph nach RIEDMÜLLER et al. (2013)	Trophiestufe oligo- bis mesotroph nach RIEDMÜLLER et al. (2013)
<p>Phosphorkonzentration:</p> <p>Frühjahr: 0,032 [mg/l P]</p> <p>Saisonmittel: 0,035 [mg/l P]</p>	<p>Phosphorkonzentration:</p> <p>Frühjahr: &lt; 0,017 [mg/l P]</p> <p>Saisonmittel: &lt; 0,022 [mg/l P]</p>
<p>Arenholzer See, Bordesholmer See, Bornhöveder See, Bothkamper See, Brahmsee, Drüsensee, Großer Eutiner See, Lanker See, Mözener See, Neversdorfer See,</p> <p>Passader See, Postsee, Schmalensee, Seedorfer See, Sibbersdorfer See, Stendorfer See, Südensee, Süseler See, Wardersee SE, Wardersee RD, Westensee</p>	<p>Behlendorfer See, Großensee, Großer Plöner See, Großer Pönitzer See, Schaalsee-Nordwestteil,</p> <p>Schluensee, Schöhsee, Selenter See, Stocksee, Suhrer See, Trammer See, Wittensee</p>

Für den sehr guten ökologischen Zustand nach Wasserrahmenrichtlinie sind vor allem von Bedeutung:

- Die potenziell natürliche Besiedlung eines Sees mit Unterwasservegetation, Fischen, Wirbellosen des Seegrundes und Phytoplankton (Mikroalgen),
- Der potenziell natürliche Stoffhaushalt, insbesondere hinsichtlich Sauerstoff, Salz- und Kalkgehalt und Nährstoffen sowie die Abwesenheit von Schadstoffen wie z.B. Pflanzenschutzmitteln,
- Der potenziell natürliche Wasserhaushalt, vor allem hinsichtlich des Seewasserstandes, der Abflüsse der Zu- und Abläufe sowie der Wasseraufenthaltszeit im See.

Das **Entwicklungsziel** als realistisches Leitbild beschreibt den gemäß WRRL angestrebten **guten ökologischen Zustand** eines Sees – unter Berücksichtigung der einschränkenden Randbedingungen. Aufgrund der möglichen Restriktionen ist davon auszugehen, dass die zu betrachtenden Seen zumeist nicht zu 100 % regeneriert werden können. Unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten sind eine Abschätzung über die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen und über die Zielerreichung vorzunehmen und entsprechende Prioritäten zu setzen. Unter Umständen sind für einige Seen eine Fristverlängerung oder verminderte Umweltziele gem. § 4 WRRL in Anspruch zu nehmen, soweit erkennbar ist, dass die Regeneration des Sees nicht bis zum Ende des jeweiligen Bewirtschaftungszeitraumes abgeschlossen werden kann.

Zur Veranschaulichung der Entwicklungsziele für die verschiedenen Seetypen können andere Seen herangezogen werden, die einen besseren ökologischen Zustand aufweisen, z.B. für den Typ 11 (flache Seen mit großem Einzugsgebiet) der Westensee oder für den Typ 13 (tiefe Seen mit großem Einzugsgebiet) Selenter See oder Suhrer See. Zur Erarbeitung von Entwicklungszielen für einzelne Seen sollten jeweils individuell die bestgeeigneten, möglichst nahegelegenen Seen ausgewählt werden.

Die **Sanierung** eines Sees umfasst Maßnahmen **in seinem Einzugsgebiet**, die zur Verbesserung des ökologischen Zustandes des Sees führen. Als Beispiele zur Minderung von Stoffeinträgen sind der verbesserte Stoffrückhalt in der Fläche, die Steigerung der Reinigungsleistung von Kläranlagen oder Maßnahmen an den Zuläufen zu nennen.

Die **Restaurierung** eines Sees umfasst Maßnahmen **in einem See** wie z.B. Biomanipulation, Uferzonenmanagement oder Tiefenwasserbehandlung.

**Vorrangseen** sind solche Seen, die geeignet sind, nach Durchführung von Sanierungsmaßnahmen mit vertretbarem Umfang den guten ökologischen Zustand (ggfs. auch geringere Umweltziele) mittelfristig zu erreichen. Bei der Auswahl von Vorrangseen wird auch die Lage in einem Schutzgebiet berücksichtigt.

### 3. Übersicht über Defizite, ihre Ursachen und mögliche Maßnahmen

Aufgrund ihrer verschiedenen Seetiefe und Einzugsgebietsgröße unterscheiden sich die Seen im naturnahen Zustand. So sind die Nährstoffeinträge in Seen mit großen Einzugsgebieten natürlicherweise größer als in solchen mit kleinen Einzugsgebieten. Die Auswirkungen von eingetragenen Stoffen sind wiederum in flachen Seen gravierender als in tiefen Seen. Zur Beschreibung ihres aktuellen Zustandes müssen die Defizite im Vergleich mit dem individuellen typabhängigen Entwicklungsziel beschrieben werden. In Tabelle 2 ist eine Übersicht der wichtigsten Defizite, ihrer Ursachen und möglicher Maßnahmen zusammengestellt:

Tabelle 2: Defizite, die die Tiere und Pflanzen von Seen beeinträchtigen, Ursachen und mögliche Maßnahmen

<b>Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften durch</b>		
<b>Defizit</b>	<b>Ursache</b>	<b>Maßnahme</b>
1. Überversorgung mit Nährstoffen durch	1. diffuse Einträge	Änderung/Optimierung der Flächennutzung zwecks Erhöhung des Stoffrückhaltes
		Technische Maßnahmen am Zulauf zwecks Erhöhung des Stoffrückhaltes
	2. punktuelle Einträge	Verbesserung der Abwasserreinigung ggfs. über den Stand der Technik heraus, Abwasserminimierung
		Anlage von Regenklärbecken mit nachgeschaltetem bewachsenen Bodenfilter
		Vermeidung von sonstigen Stoffeinträgen (z.B. Dünger aus angrenzenden Gärten, An-, Zufüttern von Fischen)
	3. früher höhere Belastung, Einzugsgebiet bereits weitgehend saniert	Restaurierungsmaßnahmen im See (z.B. Biomanipulation, techn. Maßnahmen) zwecks Beschleunigung der Erholung

<b>Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften durch</b>		
<b>Defizit</b>	<b>Ursache</b>	<b>Maßnahme</b>
2. grundlegende Veränderung des Chemismus	Anreicherung von Kalk in ursprünglich kalkarmen Seen	Erforderliche Maßnahmen unverhältnismäßig umfangreich, daher i.d.R. geringere Umweltziele
	Aussüßung durch Unterbrechung der Verbindung zwischen Strandseen und der Ostsee	Optimierung des Wasseraustausches Ostsee/See (Maximierung) bzw. der Abflussteuerung
3. Fehlende Wandermöglichkeiten	Unterbrechung der Durchgängigkeit zwischen See und Zu/Ablauf	Herstellung der Durchgängigkeit
4. Veränderungen der Ufer	Freizeitnutzung, Ufernutzung	Lenkung, Umweltpädagogik, Aufklärung
	Röhrichtrückgang ohne eine direkt erkennbare Ursache	Pilotprojekte, praxisorientierte Versuchsstrecken
5. Veränderungen der Seewasserstandsschwankungen	künstliche Steuerung z.B. zwecks Stromgewinnung	Steuerung optimieren mit dem Ziel, die natürliche Lebensraumvariabilität zu erhalten
		keine weitere Wasserstandsabsenkung (= Verschlechterung)
6. Veränderung der Fischartenzusammensetzung	Einseitiger Besatz, einseitige Befischung	Hege nach fischereilichem Hegeplan, ggfs. Reduzierung des Weißfischbestandes

### **3.1. Überversorgung mit Nährstoffen**

Defizite in der Zusammensetzung der verschiedenen Lebensgemeinschaften, die ausschlaggebend für die Bewertung nach den Vorgaben der WRRL sind, hängen in den meisten schleswig-holsteinischen Seen eng mit der Anreicherung von Nährstoffen (Eutrophierung) zusammen. Diese ist bedingt durch diffuse Einträge aus der Fläche und/oder durch punktuelle Einträge aus der Abwasserbeseitigung (Schmutz- und Niederschlagswasser). Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht hierbei der Phosphor, da er in den meisten Seen als limitierender Faktor für das Algenwachstum wirkt.

Maßnahmen zum Stoffrückhalt sollten an der Quelle, das heißt, bei der Abwasserreinigung und auf Flächen mit hohen Stoffverlusten ergriffen werden.



Die für die Regeneration erforderliche Steigerung des Nährstoffrückhaltes an Land wird vom LLUR für jeden See individuell abgeschätzt nach der Beziehung:

Tatsächlicher Phosphor-Eintrag (kg P pro Jahr)	-	Verträglicher* Phosphor-Eintrag (kg P pro Jahr)	=	Erforderliche Verminderung des Phosphor- eintrages durch zusätzlichen Rückhalt an Land (kg P pro Jahr)
--	---	---	---	--

\* abhängig vom Entwicklungsziel

### 3.1.1 Diffuse Einträge

#### 3.1.1.1 Änderung bzw. Optimierung der Flächennutzung zwecks Erhöhung des Stoffrückhaltes

Ergibt die Abschätzung, dass Stoffausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen eine erhebliche Bedeutung für den betrachteten See haben, werden Maßnahmen zur Verringerung des Stoffaustrages aus diesen Flächen erforderlich.



Dieses kann selbstverständlich nur im Einvernehmen mit dem jeweiligen Eigentümer erreicht werden. Daher sollte von allen Beteiligten angestrebt werden, notwendige und realisierbare Maßnahmen unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten einvernehmlich abzustimmen und festzulegen. Einschränkungen bei der landwirtschaftlichen Nutzung sind entsprechend auszugleichen.

Stoffverluste von Flächen in Abhängigkeit von der Nutzung sind in der Literatur zahlreich dokumentiert (FREDE & DABBERT 1998). Als Faustzahl wird nachfolgend näherungsweise herangezogen:

1 kg zusätzlicher P-Rückhalt	durch	Nutzungsänderung (Extensivierung) von 1 ha gewässernaher landwirtschaftlicher Nutzfläche
---------------------------------	-------	---

Es sind hinreichende Flächen innerhalb des See-Einzugsgebietes zu extensivieren bzw. ihre Nutzung entsprechend zu optimieren, damit der erforderliche zusätzliche Phosphor-Rückhalt erreicht wird. Um den Flächenbedarf möglichst gering zu halten, ist die angestrebte Nutzungsänderung auf Flächen zu konzentrieren, von denen besonders viel Phosphor in die

Gewässer gelangt. Diese befinden sich vorrangig in Gewässernähe oder in Hanglagen. In Abbildung 1 sind u.a. Räume zusammengestellt, aus denen entweder hohe Stoffeinträge erfolgen oder auf denen Stoffausträge aus angrenzenden Flächen zurückgehalten werden können. Bei konkreten Seesanierungs-Projekten können die besonders relevanten Flächen im Einzugsgebiet der Seen im Rahmen von Vorplanungen oder Machbarkeitsstudien ermittelt werden.

### **Seen**

**Talraum:** Fläche innerhalb der Höhenlinie des **mittleren Wasserstandes + 3 m**

**Uferstreifen:** Fläche von der Uferlinie bei mittlerem Wasserstand +100 m landwärts

Es gilt die jeweils größere Fläche\*.

**Niedermoorböden** mit Potenzial für Stoffrückhalt

**Hangflächen** mit hohem Erosionsrisiko

\*Sofern in Niederungsbereichen dabei unverhältnismäßig große Flächen entstehen, wird die Fläche eingegrenzt. Dies wird bei der Flächendarstellung durch das LANU bereits berücksichtigt.

### **Fließgewässer**

**Talraum:** Fläche innerhalb der **Höhenlinie des Mittelhochwassers + 1 m**

**In Niederungsgebieten:  $B = 100 \times \sqrt{MHQ}$  (Mäanderformel)**

B = Gesamtbreite des Entwicklungsraumes

MHQ = Abflussmenge bei mittlerem Hochwasser

Es gilt die jeweils kleinere Fläche.

Abbildung 1: Flächen an Binnengewässern in Schleswig-Holstein mit besonderer Bedeutung für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

Als **Entwicklungsmaßnahmen** für Flächen zwecks Stoffrückhalt kommen in Betracht:

- Nutzungsänderung auf gewässernahen Flächen
  - Umwandlung von Acker zu Grünland,
  - Umwandlung intensiv zu extensiv genutztem Grünland, mit entsprechenden Mahd- bzw. Beweidungskonzepten
  - Aufgabe/Umleitung von Drainagen und Gräben,
  - Verringerung der Düngung (Versorgungsklasse B statt C)
  - Waldbildung
  - Uferrandstreifen

- Erosionsschutz auf Hangflächen
  - Nutzungsänderung (s.o.)
  - Anlage von linienhaften oder punktförmigen Elementen (Knickwälle bzw. Mulden quer zum Hang, Rückhalteweiher)
  - Bei hinreichendem Gefälle: Auslaufen von Drainagen und Gräben über die Oberfläche der angrenzenden Seeniederungsflächen
  - Bodenschonendere Bewirtschaftungsweise

Weitere Ausführungen zur Erhöhung des Stoffrückhaltes in der Fläche sind in den Erläuterungen zu „Flächenbedarf und Umgang mit Flächen bei der Entwicklung von Fließgewässern und Seen“ enthalten ([www.wrrl.schleswig-holstein.de](http://www.wrrl.schleswig-holstein.de) / Fachinformationen / Daten & Dokumente). Die genannten Nutzungsänderungen können – je nach den Gegebenheiten vor Ort - entweder vom Flächeneigentümer vorgenommen und durch Entschädigungen vergütet oder nach Flächenerwerb durchgeführt werden. Um die Bereitschaft für eine Nutzungsänderung zu fördern, sollte im Einzugsgebiet eines Sees für seine Sanierung geworben und über die Zusammenhänge informiert werden. Darüber hinaus kann eine Beratung der einzelnen Landwirte zur Düngung bzw. zum Stoffrückhalt in der Fläche wie sie in Wasserschutzgebieten bereits erfolgreich durchgeführt wird, sinnvoll und notwendig sein.

**Kostenbeispiele:**

Bei Flächenerwerb (Ackerland):	25 - 30.000 € pro ha (und damit pro kg P) (einmalige Kosten)
Bei Entschädigung für Nutzungsänderung:	600 € pro ha (und damit pro kg Phosphor) jährlich

**Landwirtschaftliche Gewässerschutzberatung in Seeinzugsgebieten**

Die landwirtschaftliche Gewässerschutzberatung zur Umsetzung der EG-WRRL in Schleswig-Holstein wird seit dem Jahr 2011 auch erstmals in Einzugsgebieten von ausgewählten Seen zur Verbesserung ihres ökologischen Zustandes erprobt.

Da großflächige Extensivierungsmaßnahmen wegen eines hohen Flächendruckes für die intensive Landbewirtschaftung oft nicht möglich sind, wird mit einer intensiven landwirtschaftlichen Beratung, wie sie in Trinkwasserschutzgebieten durchgeführt wird, angestrebt, eine Reduzierung von Nährstoffausträgen zu erreichen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Optimierung der Phosphat-Düngung und dem Bewirtschaftungsmanagement.

Als Vorbereitung für eine betriebliche Beratung ist das Einzugsgebiet hinsichtlich der Nutzung, der Nährstoffquellen und möglicher Eintragspfade zu analysieren. Es sind die sensiblen Flächen zu ermitteln, die ein hohes Phosphoraustragsrisiko aufweisen. Dabei sind verschiedene Nährstoffpfade zu beachten. Phosphor gelangt oberirdisch über Erosion und Abschwemmung, aber auch unterirdisch über Dränagen und das oberflächennahe Grundwasser in die Seen bzw. ihre Zuläufe. Wenn nicht alle Betriebe in die Beratung einbezogen werden können, sind die Betriebe herauszufiltern, bei denen eine Beratung für den Seenschutz besonders effizient ist. Dazu zählen insbesondere Betriebe mit erosionsgefährdeten Flächen und einem hohen Aufkommen an organischen Nährstoffträgern.

Die Beratung selbst beinhaltet eine Unterstützung der Landwirte und Bewirtschafter in Fragen der Acker- und Grünlandnutzung wie z.B. der Optimierung von Art, Menge und Zeitpunkt der Düngung mit dem Fokus auf Phosphor; Vermeidung von Gülle-Düngung auf gewässernahen Flächen, Reduzierung des Bodenabtrags durch die Verbesserung der Fruchtfolgegestaltung; Optimierung hinsichtlich einer Minimalbodenbearbeitung, Förderung von Zwischenfruchtanbau, Untersaaten bei unterschiedlichen Kulturen, Mulchsaaten etc.. Aber auch die Entwicklung von weiteren Maßnahmen (neben den Agrarumweltmaßnahmen), die die Phosphoreinträge in die Seen reduzieren (z.B. Gewässerrandstreifen, Schließung von Dränagen etc.), sind vorgesehen. Die Teilnahme an einer solchen Beratung ist freiwillig.



Abbildung 2: Seen und ihre Einzugsgebiete in der zukünftigen Gebietskulisse der Gewässerschutzberatung zur Umsetzung der EG-WRRL (ab 2015)

Erste Pilotprojekte laufen zzt. am Bordesholmer See, am Langsee bei Süderfahrenstedt und am Selenter See. Ab 2015 ist eine Koordinierung der Grundwasserschutz- und der Seenschutzberatung geplant. Die vorläufige Beratungskulisse ist in Abbildung 2 dargestellt.

Neben dem Angebot der landwirtschaftlichen Beratung sollen folgende **Vereinbarungen bzw. gesetzliche Regelungen** die Verringerung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft über Auswaschung, Abschwemmung und Erosion in die Gewässer unterstützen:

Durch das **Dauergrünland-Umbruchverbot** wird verhindert, dass Dauergrünland auf Moor- und Anmoorböden, Flächen mit hoher oder sehr hoher Wassererosionsgefährdung, Überschwemmungs- und Wasserschutzgebiete sowie Gewässerrandstreifen in Acker umgewandelt wird. Für Moor- und Anmoorböden gilt zusätzlich, dass aus Gründen des Klima-, Natur- und Bodenschutzes die Erstanlage einer Entwässerung von Dauergrünland durch Drainagen oder die Anlage neuer Gräben verboten ist.

Im **Landeswassergesetz** sind **dauerhafte Gewässerrandstreifen** ohne Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie Pflugverbot auf einem Meter Breite festgelegt. Auf fünf Meter Breite ist der Umbruch von Dauergrünland verboten.

Im Rahmen der **Allianz für Gewässerschutz** haben der Bauernverband und das MELUR u.a. Empfehlungen für die Einrichtung von mindestens 10 m breiten Gewässerrandstreifen erarbeitet. Sie bilden den Rahmen, in dem sich Landwirtschaft und Wasserwirtschaft sowie die Wasser- und Bodenverbände für die Bereitstellung von breiten Gewässerrandstreifen einsetzen. Für die Seen sind außer den Seeufern auch die Randstreifen an den Seezuläufen – insbesondere an hängigen Flächen, die unmittelbar an Gewässer grenzen - von hoher Bedeutung.

### **3.1.1.2 Technische Maßnahmen am Zulauf zwecks Erhöhung des Stoffrückhaltes**

Wenn eine nährstoffrückhaltende Landbewirtschaftung im Einzugsgebiet nicht in erforderlichem Maß erreichbar ist beziehungsweise wenn die Restfrachten noch zu hoch sind, sind spezielle Maßnahmen zum Stoffrückhalt in der Nähe des Sees und seiner Zuläufe zu erwägen. Vor der Einmündung kleinerer Fließgewässer können durch Bodenfilter, Verrieselung über Niederungsflächen oder durch chemische Fällung im Nebenstrom dem Zulauf Nährstoffe entzogen werden. Wichtig ist es, bei derartigen Maßnahmen die Durchgängigkeit des Gewässernetzes für Fische und andere Tiere zu erhalten. Die investiven und jährlichen Betriebskosten sind bei diesen Methoden in der Regel hoch.

### **3.1.2 Punktuelle Einträge**

Die Bedeutung des Schmutzwassers als Nährstoffquelle für die schleswig-holsteinischen Seen ist stark zurückgegangen, da die **Abwasserbeseitigung** in den letzten 30 bis 40 Jahren deutlich verbessert wurde. Trotzdem gibt es noch immer einzelne Seen (5 – 10 Seen) wie zum Beispiel den Dobersdorfer See oder Hemmelsdorfer See, in die durch gereinigtes Abwasser Nährstoffe in relevanten Mengen eingetragen werden. Dort ist eine Reinigung des Schmutzwassers über die bisher gestellten Anforderungen hinaus erforderlich. Beispiele für die Optimierungsmöglichkeiten von Kläranlagen und deren Effekte sind in den „Empfehlungen zum integrierten Seenschutz“ (1998) zusammengestellt. Die Kosten für Maßnahmen an Kläranlagen bezogen auf den erreichten Stoffrückhalt sind in der Regel niedriger als bei flächenhaften Maßnahmen. Aufgrund der Förderrichtlinien des Landes ist allerdings eine Doppelförderung abwassertechnischer Maßnahmen ausgeschlossen. Da fast alle Kläranlagen in

Schleswig-Holstein bereits ausgebaut und durch das Land gefördert wurden, ist eine erneute Förderung nur dann möglich, wenn die Reinigungsleistung der Kläranlage entsprechend über den Stand der Technik hinaus gesteigert werden soll (siehe auch Kap. 4).

Durch die Einleitung von **Regenwasser von versiegelten Flächen** sind vor allem Seen in stärker besiedelten Gebieten betroffen wie z.B. der Große Eutiner See, der Große Segeberger See oder der Große Pönitzer See. Zur Reduzierung der Belastung ist auch hier an der Quelle anzusetzen. Gering verschmutztes Regenwasser sollte möglichst in der Fläche versickert werden. Dazu ist die weitere Versiegelung der Flächen zu vermeiden und bereits befestigte Flächen sollten, wo möglich, entsiegelt werden. Bei Einleitungen sowohl von gering als auch von normal verschmutztem Regenwasser im Einzugsgebiet von Seen kann eine Behandlung in Regenklärbecken die Stoffeinträge reduzieren. Für eine noch weitere Verringerung des Ammoniums und Phosphors sind nachgeschaltete Bodenfilter oder Pflanzenbeete denkbar.

Die Aufklärung von Personenkreisen wie Seeanliegern oder Anglern über den Beitrag **sonstiger Stoffeinträge**, z.B. der See nahen Kompostierung und Düngung in Gärten oder des An- und Zufütterns von Fischen, für den Stoffhaushalt eines Sees mit dem Ziel, diese Einträge zu minimieren, sollte bei Bedarf Teil von Sanierungsmaßnahmen sein.

Auch Stoffeinträge durch ein Massenvorkommen von Wasservögeln sind ggfs. in die Betrachtung des Stoffhaushaltes aufzunehmen. Auswertungen des LLUR haben ergeben, dass der Anteil des Nährstoffeintrages durch Vögel in die Seen in der Regel 3 % des Gesamteintrages nicht überschreitet.

### **3.1.3 Früher höhere Belastung - Restaurierungsmaßnahmen**

Technische Maßnahmen **in einem See** zur Stabilisierung oder Regeneration des Stoffhaushaltes wie Tiefenwasserableitung, Phosphor-Fällung, Biomanipulation, Entschlammung etc. sind höchstens in Einzelfällen und erst **nach** einer weitgehenden Sanierung des Einzugsgebietes und einer ausreichenden Reaktionszeit des Gewässers zu erwägen. Daher sind die genannten Restaurierungsmaßnahmen als Hilfe zur Selbstheilung der Natur zu verstehen. Sie sind verhältnismäßig teuer und stellen immer einen Eingriff in das Ökosystem dar.

Die **Tiefenwasserableitung** aus geschichteten Seen gehört zu den gut erprobten und unter entsprechenden Voraussetzungen ausgesprochen effektiven und vor allem im Betrieb kostengünstigen Methoden der Restaurierung von tiefen, im Sommer stabil geschichteten Seen durch eine Absenkung des trophiebestimmenden Nährstoffs Phosphor. Das Prinzip des be-

reits 1944 von einem Schweizer Biologen erstmals publizierten und in den 50er Jahren von OLSZEWSKI an einem See in Polen erstmals angewandte Verfahren besteht in einem gänzlichen oder teilweisen Ersatz des natürlichen Abflusses aus der Oberflächenlamelle des Sees durch das in der Schichtungsphase meist deutlich nährstoffreichere Tiefenwasser mittels entsprechender technischer Anlagen. Die Ableitung erfolgt in der Regel von der tiefsten Stelle im See zu einem Punkt im Seeablauf, der tiefer liegen muss als der Wasserspiegel, um gemäß des Prinzips der kommunizierenden Röhren eine Ableitung des Tiefenwassers ohne externe Energie (Pumpen) möglich zu machen. Ob eine solche Maßnahme zu einer nennenswerten Absenkung des Phosphorgehaltes und damit der Trophie des Sees führt und somit sinnvoll und zielführend ist, hängt ganz entscheidend davon ab, welche Menge an Phosphor auf diese Weise ausgetragen werden kann und in welchem Größenverhältnis diese Menge zu den verbleibenden Phosphoreintragsquellen steht. Diese Maßnahme wurde bisher in Schleswig-Holstein noch nicht umgesetzt, da bei den beiden Seen, für die sie geprüft wurde, die Voraussetzungen für einen effizienten Einsatz dieser Restaurierungsmethode nicht gegeben waren.

Eine weitere Restaurierungsmöglichkeit ist die **See-interne Phosphorfällung**. Als Fällmittel finden in Deutschland Aluminium- und Eisen(III)-Salze sowie Kalzium- und Lanthanverbindungen Verwendung. In Schleswig-Holstein wurden Ende 2009 der Blankensee und der Behlendorfer See mit Bentophos® „behandelt“ (Abbildung 4). Bentophos® besteht zu 95 % aus einem natürlichen Tonmineral (Bentonit) und zu 5% aus der seltenen Erde Lanthan. Durch ein Ionenaustauschverfahren werden Natriumionen im Wasser durch Lanthanionen ersetzt. Diese können Phosphat im Verhältnis 1:1 binden. Die Applikation erfolgt über das Ausprühen einer mit Seewasser zubereiteten Suspension des Materials. Dieses Gemisch sinkt dabei innerhalb von 2 Tagen vollständig auf den Seeboden ab. Während des Absinkens auf die Sedimentoberfläche binden die im Bentophos® eingelagerten Lanthan-Ionen den größten Teil des in der Wassersäule befindlichen gelösten Phosphors. Bentophos® bildet auf der Sedimentoberfläche einen geringmächtigen Niederschlag (weniger als 2 mm) und hat dort die Kapazität, weiteres, aus dem Sediment sich rücklösendes Phosphat nachhaltig zu binden, solange freie Lanthan-Ionen im Bentophos® vorhanden sind.





Abbildung 3: Phosphorfällung mit Benthophos® im Behlendorfer See 2009

Eine **Biomanipulation**, d.h. die gezielte Entnahme großer Mengen zooplanktonfressender Fische (Weißfische), kann sinnvoll sein, sofern sich in den Voruntersuchungen herausstellt, dass durch den Fraßdruck der Fische das Zooplankton<sup>ii</sup> so dezimiert wird, dass es das Wachstum der Mikroalgen nicht begrenzen kann. Eine solche Abfischung muss in der Regel wiederholt durchgeführt werden. Eine finanzielle Förderung setzt eine Bewertung des bisherigen und ggfs. die Anpassung des künftigen Fischerei-Management voraus. Es kann z. B. erforderlich werden, längerfristig dem See keine "Raubfische" zu entnehmen. Um die Akzeptanz derartiger Auflagen, die die anglerische Attraktivität des Gewässers und damit den Absatz von Erlaubnisscheinen beeinträchtigen können, zu fördern, ist die Aufklärung und Einbindung der Betroffenen wichtig. Des Weiteren ist ein Konzept zur Seenregeneration bzw. zum Seenmanagement zur langfristigen Stabilisierung der gewünschten Veränderung notwendig.

Voraussetzungen, unter denen eine Biomanipulation Erfolg versprechend sein kann, sind:

- Nährstoffreicher planktondominierter Flachsee mit einer internen Phosphorkonzentration von höchstens 0,1 mg/l P,

---

<sup>ii</sup> Schwebetiere wie Wasserflöhe, Ruderfußkrebse oder Rädertiere

- Unterschreiten der externen Phosphorgrenzbelastung: 0,6 – 2,0 g P pro m<sup>2</sup> Seefläche und Jahr (Flachseen) bzw. 0,5 g P pro m<sup>2</sup> und Jahr bei geschichteten Seen,
- „Ausreichende“ Entnahme der Zooplankton<sup>ii</sup>-fressenden Massenfische (auf < 50 kg/ha) bzw. Bodentier-fressenden Massenfische (auf < 25 kg/ha) bei gleichzeitiger Förderung der „Raubfische“.

Eine Biomanipulation mit dem Ziel der Etablierung einer stabilen Dominanz der Unterwasservegetation hat grundsätzlich nur bei relativ flachen Seen Aussicht auf Erfolg.

### **Kostenbeispiele:**

Schierensee: 2500 €, einmalige Entnahme von 4 t Brassens, 1 t Plötze entsprechend 40 kg P,

Mözener See: 2500 €, einmalige Entnahme von 20 t Brassens entsprechend 168 kg P.

## **3.2 Veränderung des Chemismus**

In sandigen Gebieten kann im Einzelfall wie z.B. dem Großensee bei Hamburg die Anreicherung von Kalk vor allem die Wasservegetation im See verändern. Da in einer landwirtschaftlich geprägten Landschaft die Kalkarmut eines Sees nicht wieder hergestellt werden kann, ohne großflächig die Landbewirtschaftung aufzugeben, sind hier geringere Umweltziele zu definieren bzw. die Umweltziele vergleichbarer kalkreicher Seen anzustreben.

Die Veränderung des Salzgehaltes in Strandseen, deren Wasseraustausch mit der Ostsee durch Bauwerke verringert wurde, beeinträchtigt die Lebensgemeinschaften dieser ursprünglich mehr oder weniger brackigen Gewässer. Hier ist im Rahmen der Regeneration der Seen das Einschwingen von Ostseewasser in die Strandseen durch Optimierung des Stauanlagenbetriebes zu maximieren unter Berücksichtigung der berechtigten Interessen der Seeanlieger und der voraussichtlich zukünftig steigenden Ostseewasserstände.

## **3.3 Fehlende Wandermöglichkeiten**

Das Vorkommen von Fischen (z.B. Aale) kann durch Wanderhindernisse in den Zu- oder Abläufen beeinträchtigt sein. Insbesondere in "Fluss-Seen-Systemen" wie dem Schwentine-System ist die Durchgängigkeit von großer Bedeutung, da Fische sowohl saisonal zwischen Fließgewässerstrecken und Seen wechseln (z. B. Quappen, Stinte u. a.), aufgrund ihrer Mo-

---

<sup>ii</sup> Schwebetiere wie Wasserflöhe, Ruderfußkrebse oder Rädertiere

bilität größere zusammenhängende Räume (mehrere Seen) nutzen (viele Weißfischarten, Hechte u. a.) und die Seen oftmals "Transitstrecken" für anadrome Wanderfische auf dem Weg zu ihren Laichplätzen sind.

Die Möglichkeiten der Wiederherstellung der Durchgängigkeit in den Fließgewässern z.B. durch Ersatz von Wehren durch Sohlgleiten sind in den Erläuterungen zur „Regeneration von Fließgewässern“ dargestellt ([www.wrrl.schleswig-holstein.de](http://www.wrrl.schleswig-holstein.de) / Fachinformationen / Daten & Dokumente). Die Fischwanderkarte gibt Auskunft zur Durchgängigkeit in den „Fluss-Seen-Systemen“.

### 3.4 Veränderungen der Ufer

Veränderungen der Ufer durch Nutzungen oder infolge Röhrichtrückgangs müssen an den betroffenen Seen wie dem Großen Segeberger See oder dem Großen Plöner See und anderen Schwentine-Seen bei der Erstellung von Regenerationskonzepten berücksichtigt werden.



Die Veränderungen werden meist durch ein Geflecht von Faktoren wie Eutrophierung, Freizeitnutzung, Gänsefraß etc. begünstigt, daher werden umfassende Konzepte, die die spezifischen Ursachen darstellen, benötigt (siehe z.B. SCHOENBERG et al. 2008, SCHOENBERG et al. 2009).

Die Durchführung von Pilotprojekten an einzelnen Seen wie dem Großen Plöner See (JENSEN 2004) können neue Erkenntnisse über die Ursachen und Möglichkeiten der Regeneration bringen. Daneben kann auch das Einrichten praxisorientierter Versuchsstrecken und die Erfahrungen der Anlieger mit den Veränderungen der Ufervegetation in den vergangenen Jahren weiterhelfen (siehe auch HOLSTEN et al. 2011).

### 3.5 Veränderungen der Seewasserstandsschwankungen

Der Schwankungsbereich des Seewasserstandes ist an fast allen Seen durch Wasserstandsabsenkungen und/oder Stauhaltungen verändert. Gravierend sind diese Veränderungen jedoch vor allem an einzelnen Seen wie z.B. dem Schaalsee. Bei diesen Seen sollte die Optimierung des Seewasserstandsmanagements in Richtung naturnäherer Verhältnisse Teil eines Sanierungskonzeptes sein.

## 4. Förderung von Maßnahmen zur Regeneration von Seen

Die Förderung der **Bereitstellung von Flächen** durch

- Vertragliche Vereinbarung zur dauerhaften Nutzungsaufgabe,
- Vertragliche Regelung der dauerhaften Nutzungsänderung (Extensivierung) oder
- Grunderwerb

ist auf der Grundlage der Richtlinie für die Förderung von wasserwirtschaftlichen und kulturbautechnischen Maßnahmen als Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ in der jeweils gültigen Fassung nach Ziff. 2.4 in Verbindung mit den Richtlinien zur naturnahen Fließgewässer- und Seenentwicklung sowie zur Niedermoorvernässung in der jeweils gültigen Fassung nach Ziff. 2 u. 5.2.1.4 möglich. Als förderungsfähig werden die Kosten für Flächenerwerb oder –bereitstellung (einschließlich Flächentausch) anerkannt, soweit sie für die naturnahe Fließgewässer- und Seenentwicklung erforderlich sind. Gefördert wird i.d.R. mit 90 % der als förderungsfähig anerkannten Kosten. In Ausnahmefällen, wenn die untere Wasserbehörde den Unterhaltungsträger zur Umsetzung der WRRL-Maßnahmen an Seen gem. § 55 Landeswassergesetz anhält und der so Verpflichtete bei der Regeneration von Seen keine Vorteile hat, kann das Land Zuwendungen bis 100 % gewähren. Gefördert werden nur Investitionen der Maßnahmenträger, kein daraus resultierender späterer Unterhaltungs- oder Pflegeaufwand.

Die **Anlage von linienhaften oder kleinflächigen strukturverbessernden Elementen**, z. B. punktuelle Anpflanzungen entlang der in den See einmündenden Gewässer, kann, soweit damit ein Stoffrückhalt in der Landschaft erzielt wird, nach den o.g. Richtlinien gefördert werden.

Die Anlage von **Regenklärbecken mit nachgeschaltetem Bodenfilter** kann, sofern Immissionsbetrachtungen ergeben, dass Niederschlagswasser von befestigten Flächen einen we-

sentlichen Beitrag zur Nährstoffanreicherung in einem See verursacht, nur mit der Abwasserabgabe entsprechend § 10 Abs. 3 Abwasserabgabegesetz verrechnet werden, wenn in der vorhandenen Einleiterlaubnis Schadstoffe oder Schadstoffgruppen begrenzt werden. Durch den Betrieb des neuen Regenklärbeckens mit nachgeschaltetem Bodenfilter muss dann eine Minderung der Fracht einer der bewerteten Schadstoffe und Schadstoffgruppen in dem zu behandelnden Abwasserstrom um mindestens 20 % sowie eine Minderung der Gesamtschadstofffracht beim Einleiten in das Gewässer zu erwarten sein. In der Praxis führt das i.d.R. nicht zur Umsetzung solcher Maßnahmen, da der Niederschlagswasseranteil nur ca. 12 % der angeschlossenen EW beträgt und der Verrechnungszeitraum maximal auf 3 Jahre begrenzt ist. Effektiver und kostengünstiger ist es, Regenwasser in der Fläche vor Ort zu versickern. Solche Maßnahmen regeln die Träger der Abwasserbeseitigungspflicht (Gemeinden, Zweckverbände) satzungsrechtlich. Dadurch ergeben sich Vorteile für die Träger, indem z.B. die vorhandenen Regenwasserkanalisationen entlastet werden bzw. nicht angepasst werden müssen.

**Technische Maßnahmen an einem Zulauf oder im See** wie Phosphorentzug, Sedimentbehandlung oder Biomanipulation können **im Einzelfall** unter Berücksichtigung der Vorteile des Maßnahmenträgers und Regelungen zur Übernahme der Folgekosten (z. B. Unterhaltungslasten für entsprechende Anlagen) nach den o.g. Richtlinien gefördert werden.

Die **Reinigung von Abwasser über die gesetzlichen Anforderungen hinaus** kann, sofern Immissionsbetrachtungen ergeben, dass Kläranlagen einen wesentlichen Nährstoffeintrag in einen See verursachen, nach der Richtlinie für die Förderung wasserwirtschaftlicher und kulturbautechnischer Maßnahmen als Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ in der jeweils gültigen Fassung nach Ziff. 2.3 gefördert werden. Gefördert werden nur Maßnahmen für Kläranlagen im ländlichen Raum bis zu einer Größe von 5.000 Einwohnerwerten bis maximal 70 % der als förderungsfähig anerkannten Kosten (z.B. Umschluss einer Kläranlage). Maßnahmen zur Verbesserung der Kläranlagenreinigungsleistung werden i.d.R. nur mit 25 % der als förderungsfähig anerkannten Kosten gefördert. Alternativ kann hier von der Möglichkeit zur Verrechnung der Investitionskosten mit der Abgabe nach dem Abwasserabgabegesetz Gebrauch gemacht werden.

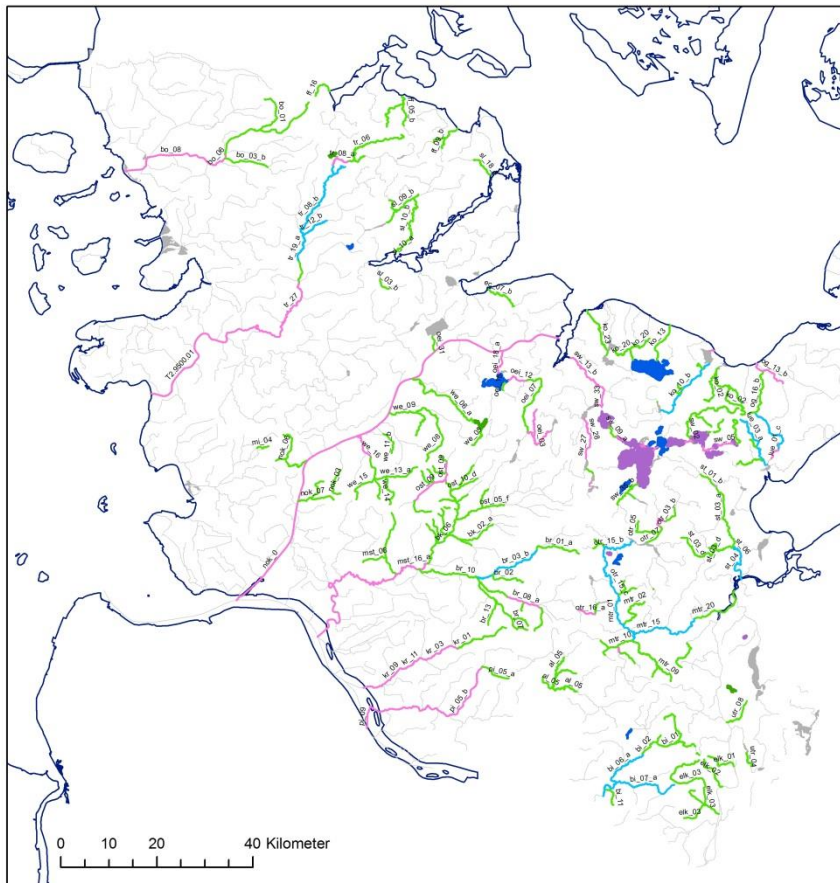
## 5. Erstellung und Umsetzung von Sanierungskonzepten

Für jeden See ist in Abhängigkeit von seiner Belastungssituation, seinen Belastungsquellen und seinem Entwicklungsziel eine individuelle Vorplanung oder Machbarkeitsstudie zu erarbeiten. Sie wird von einem örtlichen Träger (Wasser- und Bodenverband, Bearbeitungsgebiets-Verband, Gemeinde, Kreis o.ä.) mit maßgeblicher Unterstützung durch das LLUR und unter Beteiligung aller betroffenen TÖBs und Interessenverbände aufgestellt. Die Durchführung und Abstimmung der Maßnahmenplanung sollte in der Verantwortung des künftigen **Maßnahmenträgers** (WBV, BGV, Gemeinde, Kreis) liegen. Stehen solche Träger noch nicht zur Verfügung, kann die Planung auch durch andere Interessenverbände aufgestellt werden (siehe z.B. Amt Hüttener Berge am Wittensee). Die Umsetzung solcher Sanierungskonzepte kann durch eine spezielle See-Arbeitsgruppe begleitet werden, in der alle beteiligten Personenkreise vertreten sind.

**Vorplanungen / Machbarkeitsstudien** in See-Einzugsgebieten wurden bisher durchgeführt z.B. in den Einzugsgebieten des Behlendorfer See, des Bistensees, des Großen Segeberger Sees, des Gudower Sees, des Langsees bei Süderfahrenstedt, des Schaalsees, des Selter Sees, des Wittensees u.a.. Eine Auswahl der zugehörigen Berichte ist im Kapitel 8 zusammengestellt.

## 6. Auswahl von Seen

Das LLUR hat eine Liste mit Vorrangseen erarbeitet (Abbildung 4, Erläuterungen zur „Ermittlung von Vorranggewässern“ unter [www.wrrl.schleswig-holstein.de](http://www.wrrl.schleswig-holstein.de) / Fachinformationen / Daten & Dokumente). Die Auswahl und Priorisierung der Seen erfolgt nach fachlichen Gesichtspunkten wie Ausmaß der Degradation, Seetiefe oder Größe des Einzugsgebietes. Hieraus ergeben sich die Fähigkeit eines Sees, sich kurzfristig zu erholen, und die Größenordnung des Sanierungsumfanges.



Karte der Vorranggewässer  
Stand Mai 2014

- Fließgewässer**
-  Kategorie A
  -  Kategorie B
  -  Verbindungsgewässer
- Seen**
-  Kategorie A
  -  Kategorie B
  -  Naturschutz-/Verbindungsseen

Abbildung 4: Vorrangseen und –fließgewässer in Schleswig-Holstein

Weiteres Kriterium für die Priorisierung eines Sees für eine Seenregeneration zur Umsetzung der WRRL kann auch das Interesse vor Ort sein, das allerdings in der Regel durch eine stärkere Degradation der Seen, Badeverbote o.Ä. bedingt ist. Hier sind möglicherweise nur geringere Umweltziele zu erreichen und dementsprechend zu definieren.

## 7. AnsprechpartnerInnen

Elisabeth Wesseler, LLUR, Dez. Seen

Gudrun Plambeck, LLUR, Dez. Seen

Angelika König, LLUR, Dez. Seen

MitarbeiterInnen des LKN, Geschäftsbereich 4, Wasserwirtschaft,

## 8. Literatur

- AG Wittensee (2002): Handlungskonzept zur Regeneration des Wittensees.- 21 S., unveröff.
- Arbeitskreis Hemmeldorfer See (1998): Der Hemmeldorfer See – Ein Handlungskonzept zur Sanierung des Sees. 21 S., unveröff.
- Arbeitskreis Klüthsee (2000): Der Klüthsee. Ein Handlungskonzept zum Schutz des Sees.- 20 S., unveröff.
- BRACH, H., ARLINGHAUS, R., DÖRNER, H., KASPRZAK, P., KOSCHEL, R., SCHULZE, T., WYSUJACK, K. & T. MEHNER (2002): How to link biomanipulation and sustainable fisheries management – possibilities and constraints based on whole-lake experiments in Germany.- Symposium on Inland Fisheries Management and the Aquatic Environment. Windermere, UK, 12 – 15 June 2002
- BUCHHOLTZ, JÜRGEN (2005): Geowissenschaftliche Kartierung von Seeuferstreifen. Endbericht im Auftrag des LANU S-H, unveröffentlicht
- FREDE; H.-G. & DABBERT, S. (Hrsg.) (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft.- ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg, 451 S.
- HOLSTEN, B., SCHOENBERG, W. & JENSEN, K. (2011): Schutz und Entwicklung aquatischer Schilfröhrichte. Ein Leitfaden für die Praxis.- Hrsg. LLUR, Schriftenreihe LLUR SH – Gewässer , D 23
- JENSEN, K. (2004): Renaturierung degradierter Uferabschnitte an Seen der Holsteinischen Schweiz.- Förderantrag an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 61 S.
- KASTELL; S. (1994): Zur Relevanz der geographischen Dimension und des landschaftsökologischen Ansatzes bei der Kartierung der on-site- und off-site-Erscheinungen und – Wirkungen der Bodenerosion durch Wasser.- Dissertation Universität Rostock., FB Landeskultur und Umweltschutz
- LANU (1995 – 2006): Berichte zum Seenkurzprogramm und einzelnen Seen.- Berichtsreihe B (30 – 56)
- LANU (1999): Empfehlungen zum integrierten Seenschutz.- 40 S., Broschüre
- RIEDMÜLLER, U., MISCHKE, U., POTTGIESSER, T., BÖHMER, J., DENEKE, R., RITTERBUSCH, D., STELZER, D. & HOEHN, E. (2013): Steckbriefe der deutschen Seetypen. Begleittext und Steckbriefe, im Auftrag des Bundesumweltamtes
- SCHOENBERG, W., HOLSTEN, B. & K. JENSEN (2008): Renaturierung degradierter Uferabschnitte an Seen der Holsteinischen Schweiz – Maßnahmenplanung für Röhrichtschutz und –entwicklung am Großen Plöner See und am Großen Eutiner See. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU, 2008, unveröff.).
- SCHOENBERG, W., JENSEN, K. & B. HOLSTEN (2009): Renaturierung degradierter Uferabschnitte an Seen der Holsteinischen Schweiz – Maßnahmenplanung für Röhrichtschutz und entwicklung am Kleinen Plöner See, Trammer See, Dieksee und Kellersee. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig- Holstein (LLUR 2009, unveröff.).



## **Vorplanungen / Machbarkeitsstudien (Auswahl):**

- BBS (2013): Machbarkeitsstudie zu naturnahen Retentionsbecken am Kalbach. - Gutachten im Auftrag der Gemeinde Bordesholm, unveröff.
- BIOPLAN (2014): Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für eine Tiefenwasserableitung am Ihlsee. - Gutachten im Auftrag des LLUR, unveröff.
- BIOTA (2014): Vorplanung Retentionsbecken Wittensee.- Auftrag des Amtes Hüttener Berge, unveröff.
- GERIES (2011): Großer Segeberger See; Risikoanalyse zum diffusen Phosphateintrag aus landwirtschaftlichen Flächennutzungen im Einzugsgebiet ; Untersuchungen zur stofflichen Güte von Zuläufen. - Gutachten im Auftrag des Gewässerpflegeverbandes Am Oberlauf der Trave, unveröff.
- GIG (2011): Studie zur Wasser- und Nährstoffbilanz des Schaalsees. - Auftrag LLUR/LU-MV, unveröff.
- GWS-Nord (2014): Vorplanung im Einzugsgebiet des Langsees bei Süderfahrenstedt und seiner Zuläufe. - Auftrag des Wasser- und Bodenverbandes Angelner Auen, unveröff.
- IGLU (2013): Vorplanung zur Erarbeitung von geeigneten Maßnahmen an ausgewählten Uferabschnitten des Selenter Sees sowie im Einzugsbereich der beiden wichtigsten Seezuläufe, Weddelbek und Radbrooksau, hinsichtlich der Reduzierung von Nährstoffeinträgen.- Auftrag des GUV Selenter See, unveröff.
- INGUS (2014): Vorplanung zur Erarbeitung von geeigneten Maßnahmen im gewässernahen Bereich des Bistensees sowie im Einzugsgebiet der beiden wichtigsten Seezuläufe hinsichtlich der Reduzierung von Nährstoffeinträgen in die Gewässer.- Auftrag des Amtes Hüttener Berge, unveröff.
- KLS (2013): Vorplanung im Einzugsgebiet des Gudower Sees zur Ermittlung von Belastungsquellen und Entwicklung von Maßnahmen.- Auftrag der v. Bülow'schen Gutsverwaltung, Gudow, unveröff.
- STOFFER, A. (2010): Handlungsempfehlungen für die Sanierung von Seen im Sinne der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie.- Masterarbeit, Bauhaus-Universität Weimar.
- WOLTER, K.D. (in prep): Erarbeitung einer Konzeption zur Senkung der internen P-Rücklösung durch Steuerung der Sedimentprozesse im Bothkamper See.- Gutachten im Auftrag des LLUR.