



Bewertung von Seen mit Hilfe allgemeiner physikalisch-chemischer Parameter

Seetypspezifische Hintergrund- und Orientierungswerte
für die Parameter
Gesamtphosphor und Sichttiefe

Seenbewertung gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie
- Stand 6. März 2013 -

Erstellt und aktualisiert im Rahmen von LAWA-Projekten seit 2006
des Länderfinanzierungsprogramms "Wasser, Boden und Abfall" 2006-2010

Bearbeiter:

Dipl. Biol. Ursula Riedmüller, LBH Freiburg

Dr. Ute Mischke, IGB Berlin

Dipl. Biol. Eberhard Hoehn, LBH Freiburg

Fachliche Begleitung:

LAWA-Expertenkreis "Seen" unter der Leitung von Dr. Jochen Schaumburg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, und Gudrun Plambeck, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.

Inhalt:

1	Anlass und Einführung.....	2
2	Typisierung von Seen in Deutschland gemäß der Qualitätskomponente Phytoplankton	3
3	Hintergrund- und Orientierungswerte für Gesamtphosphor und Secchi-Sichttiefe im Freiwasser von Seen.....	5
4	Mögliche Gründe für das individuelle Abweichen von Seen von den seetypspezifischen Wertebereichen.....	7
5	Ausblick.....	8
6	Literatur.....	9

1 Anlass und Einführung

Die nationale Umsetzung der von der EU verabschiedeten Wasserrahmenrichtlinie (EU 2000) hat die Erreichung des "guten Zustands" der Oberflächengewässer (Binnen- und Übergangsgewässer) und des Grundwassers zum Ziel. Zum Schutz der Oberflächengewässer wurde 2011 die Oberflächengewässerverordnung ausgegeben (OGewV 2011), nach der sowohl der chemische Zustand (§ 6) als auch der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial (§ 5) zu bewerten sind. Für die Beschreibung des ökologischen Zustands sind die Einstufungs-relevanten biologischen und chemischen Qualitätskomponenten (QK) einzusetzen. Dabei können die sog. "unterstützenden QK", wie die "hydromorphologischen QK" und die "allgemeinen physikalisch-chemischen QK", zu Rate gezogen werden.

Für die letztgenannten wurden für Fließgewässer von der LAWA (2007) Hintergrund- und Orientierungswerte (H&O-Werte) erarbeitet. Für die Seen liegt von RIEDMÜLLER *et al.* (2010, 2012 überarbeiteter Entwurf für RaKon), unterstützt durch den LAWA Expertenkreis Seen, für den Parameter Gesamtphosphor im Freiwasser eine Bearbeitung vor.

In der vorliegenden Bearbeitung werden die H&O-Werte für Gesamtphosphor (TP) überarbeitet und die Parameterliste um die Kenngröße Sichttiefe erweitert. Die hier vorgestellten Werte gelten für das Freiwasser von Seen (Probenahmepunkt in der Regel an der tiefsten Stelle) und besitzen einen engen Bezug zum Trophiestatus und zu den Bewertungsmaßstäben hinsichtlich der biologischen QK Phytoplankton. Die Einhaltung der Orientierungswerte insbesondere hinsichtlich Gesamtphosphor kann auf die biologischen QK Fische, Makrophyten & Phytobenthos-Diatomeen und Makrozoobenthos eine positive Wirkung ausüben, muss jedoch nicht den "guten" Zustand für diese Biokomponenten herbeiführen, da die entsprechenden Bewertungsverfahren z.T. auf andere ökologisch wirksame Stressoren kalibriert sind.

Ob die H&O-Werte auch auf saure Seen mit pH-Werten kleiner 5,5 im Jahresmittel anwendbar sind, wurde bislang noch nicht eingehend geprüft.

Die vorliegenden H&O-Werte gelten gemäß ihrer Herleitung für natürliche Seen, deren Sondertypen sowie für künstliche und erheblich veränderte Seen in Deutschland.

2 Typisierung von Seen in Deutschland gemäß der Qualitätskomponente Phytoplankton

Die taxonomische Zusammensetzung und die absolute Biomasse des Phytoplanktons sind geeignet, den Trophiestatus anzuzeigen und das Ausmaß einer diesbezüglichen Degradation - der anthropogen bedingten Eutrophierung - festzustellen. Die Differenzierung der Seetypen basiert auf dem Vorkommen von unterschiedlichen Phytoplanktontaxa (z.B. in polymiktischen vs. geschichteten Seen), einer unterschiedlichen Produktivität (z.B. in Flachseen vs. tieferen Seen) und einer zu differenzierenden Lage des trophischen Referenzzustandes - der "Referenztrophie". Die Referenztrophie von Seen ist von zahlreichen Faktoren wie z.B. der Seetiefe, dem Volumen des Seewasserkörpers, der Einzugsgebietsgröße und der Beschaffenheit der Zuflüsse abhängig. Um bei der Ermittlung der Trophie im Referenzzustand den einzelnen Seen gerecht zu werden und angemessene Sanierungsziele zu formulieren, ist eine ausreichend differenzierte Typologie notwendig.

Ausgehend von der LAWA-Seetypologie waren weitere "Untertypen" notwendig: Z.B. bei den polymiktischen Tieflandseen des Typs 11 werden der weniger flache Typ 11.1 und der sehr flache Typ 11.2 unterschieden (s. Tabelle 1). In der Ökoregion Mittelgebirge sind die polymiktischen Seen des Typs 6 je nach Morphologie und relativer Einzugsgebietsgröße (\rightarrow Volumen-Tiefen-Quotient) in drei Untergruppen mit ansteigender Referenztrophie aufgeteilt (s. Tabelle 1).

Die Referenztrophie sowie die weiteren ökologischen Zustands-Klassengrenzen für die Phytoplankton-Seetypen wurden in LAWA-Projekten (NIXDORF *et al.* 2006, MISCHKE *et al.* 2008 bis 2010, HOEHN *et al.* 2009, RIEDMÜLLER & HOEHN 2011 und RIEDMÜLLER *et al.* 2013) mit Hilfe der Trophieklassifizierung von Seen (u.a. LAWA-Index 1999), von Referenzsee-Daten im ökoregionalen Bezug im In- und Ausland sowie von Expertenmeinungen in den Bundesländern ermittelt (Ankerpunkte der ökologischen Zustandsklassen für Phytoplankton s. RIEDMÜLLER *et al.* 2013).

Künstliche (AWB) und erheblich veränderte (HMWB) Seen (\rightarrow KEV-Seen) wie Talsperren, Bagger- und Tagebauseen, sowie Sondertypen natürlicher Seen (Moorseen, Strandseen) werden für die Bewertung dem ähnlichsten natürlichen Seetyp zugeordnet. Liegen die KEV-Seen im norddeutschen Tiefland, erhalten sie für die Bewertung das Suffix "k" für "künstlich", z.B. 10.1k.

Seen, welche in den Niederungen großer Stromtäler, z.B. von u.a. Rhein oder Elbe liegen (z.B. Baggerseen sowie Altarme und Altwasser, welche als Sondertypen natürlicher Seen gelten) und nach ILLIES (1978) in der Regel der Ökoregion "Zentrale Mittelgebirge" zugehörig sind, werden in vielen Fällen plausibler bewertet, wenn sie als Tieflandgewässer eingetypet werden. So ist z.B. ein Baggersee in der Oberrheinebene mit relativ kleinem oder ausschließlich unterirdischem Einzugsgebiet (Grundwasserzustrom) am besten als Seetyp 13k anzusprechen und zu bewerten.

Bei der Typisierung von polymiktischen Tieflandseen ist für die Anwendung der Typisierungskriterien die folgende Reihenfolge einzuhalten:

1. Besitzt ein polymiktischer Tieflandsee Flussee-Charakter mit einer Verweilzeit von 3 bis 30 Tagen, so ist dieser ungeachtet der mittleren Tiefe und des Volumenquotients (VQ) als Typ 12 einzustufen.
2. Ist die mittlere Tiefe eines polymiktischen Tieflandsees kleiner als 3 m, so ist dieser unabhängig vom VQ als Seetyp 11.2 anzusprechen, in der Regel besitzen die Flachseen ohnehin VQ-Werte über $1,5 \text{ m}^{-1}$.
3. Wenn Seen Verweilzeiten über 30 Tage und eine mittlere Tiefe $> 3 \text{ m}$ aufweisen, wird zur Unterscheidung der Typen 11.1 und 14 das VQ-Kriterium \leq oder $> 1,5$ herangezogen.

In Tabelle 1 sind sowohl die LAWA-Seetypen nach MATHES *et al.* (2002) als auch die Seetypen für die Phytoplanktonbewertung nach MISCHKE *et al.* (2008) und RIEDMÜLLER & HOEHN (2011) sowie Hilfskriterien (u.a. von SCHÖNFELDER 2006) zur typologischen Einstufung zusammengestellt. Des

Weiteren ist für jeden Phytoplankton-Seotyp die Referenztrophy in der Skala des Trophie-Index nach LAWA (1999) angegeben (s. Tabelle 2 und Tabelle 1). In Seenketten, für Altarme oder nur episodisch angebundene Altwasser größerer Flüsse oder z.B. bei unbekannter Einzugsgebietsgröße sind die Typisierungskriterien teilweise nicht anwendbar und es kann ggf. mit den in Tabelle 1 genannten Hilfskriterien eine plausible Typansprache gefunden werden.

Tabelle 1: Phytoplankton-Seotypen in Deutschland nach MISCHKE *et al.* (2008) und RIEDMÜLLER & HOEHN (2011), deren Bezug zur LAWA-Seentypologie nach MATHES *et al.* (2002), sowie Typisierungskriterien und Lage der Referenztrophy (Trophie-Index "sehr gut/gut"-Grenze) im Trophie-Klassifizierungssystem nach LAWA (u.a. 1999). Grün = zur Typeinstufung führende Kriterien, rot = Hilfskriterien.

Öko-region	Phytoplankton-Seotyp	enthält Seen des MATHES-Seotyps	Calcium-Gehalt	Schichtung	VQ (m ⁻¹)	VTQ (m ⁻²)	mittlere Tiefe (m)	Wasser-verweilzeit	Trophie-Index Referenz-trophie Obergrenze
AVA	1	1	Ca-reich	poly	alle VQ		≤ 3 m		1,25
VA	2+3	2,3		gesch	alle VQ		3-15 m		1,75
A	4	4		gesch	alle VQ		> 15 m		1,75
MG	5	5/7*	Ca-reich	gesch	> 1,5	> 0,18	< 8 m		1,75
	7	5/7*			≤ 1,5	≤ 0,18	> 8 m		1,50
	8	8/9*	Ca-arm		> 1,5	> 0,18	< 8 m		1,75
	9	8/9*		≤ 1,5	≤ 0,18	> 8 m		1,50	
	6.1	6	Ca-reich oder Ca-arm	poly	≤ 10	≤ 2	> 5 m	0,5-1 a	2,25
	6.2		10 – 20		2 – 6	2 – 5 m	0,1 – 0,5 a	2,50	
	6.3		> 20		> 6	< 2 m	3-30 d	2,75	
TL**	10.1 (k)	10	Ca-reich	gesch	VQ 1,5-15			1-10 a	2,00
	10.2 (k)	10			VQ > 15			0,1-1 a	2,25
	13 (k)	13			VQ ≤ 1,5			10-100 a	1,75
	11.1 (k)	11	poly	VQ > 1,5			> 30 d	2,50	
	11.2 (k)	11		VQ > 1,5		≤ 3 m	> 30 d	2,75	
	12 (k)	12		VQ > 1,5			3-30 d	3,00	
	14 (k)	14		VQ ≤ 1,5			< 10 a	2,25	

A = Alpen, VA = Voralpen, AVA = Alpen- und Voralpen, MG = Mittelgebirge, TL = Norddeutsches Tiefland, poly = polymiktisch, gesch = geschichtet, VQ (Volumenquotient) (m⁻¹) = Einzugsgebiet (km²) / Seevolumen (Mio m³), VTQ (Volumen-Tiefen-Quotient) (m⁻²) = VQ (m⁻¹) / mittlere Tiefe (m), a = Jahre, d = Tage.

* Seotypen 5, 7, 8 und 9 werden gemäß MATHES *et al.* (2002) nach VQ differenziert, RIEDMÜLLER & HOEHN (2011) differenzieren die MG-PP-Seotypen nach VTQ. Dies führt dazu, dass einige Seen wie z.B. die Aggertalsperre nach MATHES dem Typ 5, nach Phytoplankton jedoch dem Seotyp 7 zugeordnet werden. Ebenso wird der polymiktische Mittelgebirgstyp 6 für die Phytoplankton-Bewertung nach dem Kriterium VTQ in drei Untertypen mit steigender Referenztrophy aufgeteilt.

** KEV-Seen im Tiefland werden im PhytoSee-Phytoplankton-Bewertungsverfahren differenziert bewertet und bekommen zur Kennzeichnung das Suffix "k" nachgestellt, z.B. 13k für einen Baggersee im Tiefland mit relativ kleinem Einzugsgebiet.

Tabelle 2: Skala und Wertebereiche des Trophie-Index (u.a. LAWA 1999) und Zuordnung der Trophieklassen.

LAWA-Index	Trophieklasse	LAWA-Index weiter	Trophieklasse weiter
< 1,5	oligotroph	> 3,0 – 3,5	eutroph 2
> 1,5 – 2,0	mesotroph 1	> 3,5 – 4,0	polytroph 1
> 2,0 – 2,5	mesotroph 2	> 4,0 – 4,5	polytroph 2
> 2,5 – 3,0	eutroph 1	> 4,5	hypertroph

3 Hintergrund- und Orientierungswerte für Gesamtphosphor und Secchi-Sichttiefe in Seen

Auf Basis der in den Phytoplankton-Projekten entstandenen Seendatenbank, der darin enthaltenen Trophieparameter sowie der Phytoplankton-Bewertung (PSI) wurden für die Seentypen die Übergangsbereiche der Zustandsklassen "sehr gut" und "gut" sowie "gut" und "mäßig" abgeleitet. Die angewandten Methoden sind in RIEDMÜLLER *et al.* (2013) ausführlich dokumentiert. Zusätzlich wurden die überarbeitete Trophieklassifizierung von Seen (s. RIEDMÜLLER *et al.* 2013), Ziel- und Grenzwerte aus den Nachbarländern (u.a. CLAUSSEN *et al.* 2012, WOLFRAM & DONABAUM 2009) sowie die Expertenmeinungen im LAWA-Expertenkreis Seen zu Rate gezogen. Auf "Grenzwerte" zwischen den Zustandsklassen wurde bewusst verzichtet, da die Übergangsbereiche den beobachteten Auslenkungen in den Seentypen besser gerecht werden.

Die Grenzen der Übergangsbereiche sind wie folgt zu verstehen:

→ Obere Grenze: mindestens 50% der Seen/Seenjahre, welche diesen Wert einhalten, werden mit "gut" bewertet.

→ Untere Grenze: mindestens 75% der Seen/Seenjahre, welche diesen Wert einhalten, werden mit "gut" bewertet.

Die "H&O-Wertebereiche" der Parameter Gesamtphosphor und Sichttiefe beziehen sich auf die Kenngröße "Saisonmittelwert". Als Saison wird je nach Höhenlage und Witterung der Zeitraum von März/April bis Oktober/November verstanden.

Die Gesamtphosphorkonzentrationen können in der Regel aus der epilimnischen Mischprobe ermittelt werden. In Seen, die hinsichtlich Phytoplankton über die Sprungschicht hinaus beprobt werden (euphotische Tiefe), ist darauf zu achten, dass die TP-Mischprobe nicht die sauerstofffreie Zone oder Tiefenbereiche mit Phosphoranreicherungen (Sedimentrücklösung) miterfasst. Die Secchi-Sichttiefenmessung erfolgt mit einer Sichtscheibe optimal gemäß ISO 2027 (ISO-Standard ist noch in Entwicklung) oder LAWA-AQS-Merkblatt P-8/5 (2013, Entwurf). Für die Einstufung eines Seen-Jahrgangs sollten pro Parameter mindestens drei, besser sechs oder mehr plausible Messwerte in repräsentativer zeitlicher Verteilung in der Saison vorliegen.

Die Bewertungsergebnisse mittels H&O-Werten beziehen sich ausschließlich auf die Freiwasserzone von Seen.

*Anmerkungen zu Tabelle 3:

*In stark durch Huminstoffe geprägten Seen können höhere TP-Werte insbesondere durch degradierte Moore im Einzugsgebiet auftreten. Auch können eine durch die Braunfärbung bedingte Lichtlimitierung und ein erhöhter Gehalt an gelösten organischen Stoffen (DOC) fakultativ heterotrophe Phytoplanktonarten stark fördern. Unter diesen Bedingungen wird die P-Limitierung des Phytoplanktons unterlaufen und es können in Einzelfällen trotz niedriger TP-Konzentrationen höhere Phytoplanktonbiomassen auftreten. Die Sichttiefen können in diesen Seen durch die Braunfärbung verkürzt sein und nicht mehr in den angegebenen Normal-Bereichen liegen.

**Die Grenzbereiche gelten auch für die künstlichen und erheblich veränderten Seen sowie Sondertypen natürlicher Seen, im Tiefland also auch für die "k-Seentypen" (s. Tabelle 1).

***Im sehr flachen Tiefland-Seentyp 11.2 (mittlere Tiefe ≤ 3 m) können im Referenzzustand und in weitgehend unbelasteten Seen Phosphorrücklösungsprozesse zu deutlich höheren Konzentrationen führen.

****Flusseen (Wasserverweilzeit 3-30 Tage) mit hoher Retentionsleistung (z.B. am Beginn einer Seenkette) können im Referenzzustand sehr hohe Trophie-Zustände aufweisen, welche z.T. weit in den eutrophen Status hineinreichen. Die Gesamtphosphorkonzentrationen können in diesen Seen zwischen 40 und rund 100 $\mu\text{g/L}$ im Saisonmittel liegen.

Tabelle 3: Übergangsbereiche (Saisonmittelwerte) des "guten" ökologischen Zustands zur "sehr guten" und zur "mäßigen" Zustandsklasse für die Parameter Gesamtphosphor und Secchi-Sichttiefe bezogen auf die Phytoplankton-Seetypen. Sortierung nach Ökoregion, Schichtungstyp und Lage der Referenztophie.

Seetyp Phyto- plankton	LAWA Seetyp MATHES	Grenzbereiche Gesamtphosphor Saisonmittel ($\mu\text{g/L}$)		Grenzbereiche Sichttiefe Saisonmittel (m)	
		Grenze sehr gut/gut	Grenze gut/mäßig	Grenze sehr gut/gut	Grenze gut/mäßig
Alpen und Voralpen					
4 Alpen	4	6-8	9-12	7,0-4,5	4,5-3,0
2+3 Voralpen	2, 3	10-15	20-26	5,0-3,0	3,0-2,0
1 Alpen und Voralpen	1	(10-15)	(20-26)	(5,0-3,0)	(3,0-2,0)
Mittelgebirge					
7+9*	5, 7, 8, 9	8-12	14-20	6,0-4,5	4,5-3,0
5+8*	5, 7, 8, 9	9-14	18-25	5,5-4,0	4,0-3,0
6.1	6	18-25	30-45	3,5-2,3	2,3-1,6
6.2		25-35	35-50	3,0-2,0	2,0-1,5
6.3		30-40	45-70	2,5-1,6	1,6-1,2
Norddeutsches Tiefland**					
13	13	15-22	25-35	5,5-3,5	3,5-2,5
10.1	10	17-25	25-40	5,0-3,5	3,5-2,0
10.2		20-30	30-45	4,0-3,0	3,0-2,0
14	14	20-30	30-45	4,0-2,5	2,5-1,5
11.1	11	25-35	35-45	3,0-2,3	2,3-1,5
11.2***		28-35	35-55	3,0-2,0	2,0-1,3
12****	12	40-50	60-90	2,5-1,5	1,2-0,8

MATHES → MATHES *et al.* (2002)

Wertebereiche für Seetyp 1 in Klammern, da hier bislang nur wenige Seenjahrgänge zur Ableitung vorliegen.

4 Mögliche Gründe für das individuelle Abweichen von Seen von den seetypspezifischen Wertebereichen

Gesamtphosphor:

In den im Referenzzustand oligo- oder schwach mesotrophen Seetypen wie z.B. dem Alpenseen Typ 4 oder dem Tieflandtyp 13 (vgl. Trophie-Index Referenztrophy in Tabelle 3) sind die TP-Grenzbereiche der "sehr gut/gut"-Grenze relativ eng gefasst. In diesen Trophiebereichen besteht in der Regel eine enge Kopplung und zuverlässige Korrelation zwischen TP und realisierter Planktonbiomasse. Oberhalb von TP-Konzentrationen von rund 30 µg/L im Saisonmittel nimmt die Streuung stark zu und die Seen können z.T. unerwartet hohe oder sehr niedrige Biomassen ausbilden, da andere Faktoren wie u.a. Licht oder Stickstoff die Biomasseausprägung limitieren. Hieraus ergeben sich die weiter gefassten Grenzbereiche bei den im Grundzustand eutropheren Seetypen bzw. insgesamt bei den "gut/mäßig"-Grenzen.

Spezielle Bedingungen können eine ausgeprägte Individualität oder Saisonalität des Nährstoffhaushalts und der Trophiedynamik verursachen. Hierzu einige Beispiele:

- Durch Makrophyten dominierte oder beeinflusste Seen, deren Phytoplanktongesellschaft durch eine hohe Präsenz von Makrophyten teilweise gehemmt wird (u.a. Förderung von Zooplanktern und entsprechendem Fraß, Nährstoffkonkurrenz sowie allelopathische Effekte) und welche geringere Phytoplanktonbiomassen bei vergleichsweise hohen Gesamtphosphorwerten aufweisen.
- Seen, die aufgrund von Eutrophierungsprozessen in der Vergangenheit nährstoffbelastete Sedimente besitzen, aus denen zu Stagnationszeiten eine Phosphor-Rücklösung in den Wasserkörper stattfindet. In diesen Seen kann sich trotz bereits vollzogener Sanierung im Einzugsgebiet über viele Jahre eine relativ hohe Trophie halten, da der oft episodisch stattfindende interne Eintrag anhält. In diesen Fällen kann der TP-Orientierungswert erreicht oder unterschritten sein und die PSI-Bewertung zeigt aufgrund der anhaltend hohen Biomassen immer noch einen schlechteren Zustand an.
- Seen, die aufgrund ihrer Lage in Seenketten eine höhere Retentionsleistung vollbringen und natürlicherweise höhere Sedimentbelastungen aufweisen, welche schichtungs- und witterungsbedingt remobilisiert werden. Dies trifft z.B. auf Flach- und Flusseen zu, welche sich am Beginn einer Seenkette befinden (vgl. SCHÖNFELDER 2004) sowie auf Altarme größerer Ströme.
- Seen, deren Schichtungsverhalten labil ist und die witterungsbedingt bereits im Sommer durchmischen und auf diese Weise eine aus dem Sediment oder der Tiefenzone des Sees stammende Nährstoffhöhung in der Wassersäule erleiden. Diese Seen sind hinsichtlich ihres Seetyps oder besonderer Jahre differenziert zu betrachten. Ähnliche Vorgänge treten auch in Talsperren bei Stauzielabsenkungen auf. Oft treten nach einer vorzeitigen sommerlichen Durchmischung bei guter Witterung im Herbst nochmals Phytoplankton-Biomassemaxima auf, welche in ihrer Höhe mit der Frühjahrsblüte vergleichbar sind.
- Seen, deren Verweilzeit und Zuflussmengen sich im Verlauf eines Jahres stark verändern und die einen schwankenden Einzugsgebietseinfluss sowie stark schwankende Retentionszeiträume und -raten besitzen. Beispiele sind Flusseen, schnell durchflossene Talsperren und an Flüsse angebundene Altarme, Baggerseen oder Torfabbauseen.
- Seen mit gegliedertem Wasserkörper, deren typologische Einstufung sich nur auf ein Teilbecken des Sees bezieht und bei denen eine Repräsentativität des Messpunktes deshalb möglicherweise nur zum Teil gegeben ist.
- In der jüngeren Vergangenheit sanierte Seen, deren Nährstoffkonzentrationen stark zurückgegangen sind, deren Phytoplanktonbiozönose jedoch noch auf einem relativ hohen Trophie-Niveau verharrt und z.B. von für das Zooplankton schlecht fressbaren Algen bestimmt wird.

- Stark durch Huminstoffe geprägte Seen, in deren Einzugsgebiet degradierte Mooregebiete liegen, welche einen erhöhten Phosphorausstrag aufweisen.
- Seen, deren Nahrungsnetze durch einen hohen Weißfischanteil und eine dadurch stark dezimierte Zooplanktonbesiedlung gekennzeichnet sind und die deshalb im Verhältnis zur Phosphorkonzentration erhöhte Algenbiomassen aufweisen können. Des Weiteren kann aufgrund veränderter Selektionsbedingungen die Zusammensetzung der Algengesellschaft (z.B. Dominanz von fädigen nicht fressbaren Blaualgen) verändert sein. Solche Seen können unter Umständen den guten ökologischen Zustand für die Phytoplanktonbewertung nicht erreichen, obwohl die TP-Konzentrationen die Orientierungswerte des "guten" Zustands einhalten.

Sichttiefe

Die Secchi-Sichttiefe (ST), die mit einer Sichtscheibe gemessen wird, ist ein einfach zu bestimmendes Maß für die Durchsichtigkeit des Wassers. In vielen Seen besteht eine relativ gute Korrelation zur Phytoplanktonbiomasse (s. RIEDMÜLLER *et al.* 2013, Kap. 3.2.6). Diese Messmethode wird deshalb in der Regel zum Zweck der Trophie-Ermittlung eingesetzt. Die 2,5fache Tiefe der Secchi-Sichttiefe gilt als Untergrenze der trophogenen Zone, d.h. derjenigen Zone, in der das Phytoplankton wachsen kann (s. NIXDORF *et al.* 2010).

Größere Partikel wie Zooplankter oder größere Algenarten (z.B. *Gloeotrichia* oder *Ceratium*) beeinflussen die Sichttiefe nicht oder kaum. Dagegen können kleinere mineralische Partikel (z.B. aus Bodenerosion und Kiesbaggerung sowie Gletschertrübe) und gelöste Substanzen wie Humin- und Fulvosäuren oder Abwasser aus der Zellstoffherstellung die Sichttiefe erheblich beeinflussen und zu irreführenden Ergebnissen führen. Bei der Bewertung mit den H&O-Werten für die Sichttiefe zum Zwecke der Trophie-Ermittlung muss deshalb sicher gestellt werden, dass keine das Lichtklima störenden Inhaltsstoffe vorhanden sind.

Die Herleitung der ST-H&O-Werte erfolgte unter Ausschluss von Seen, welche die genannten Störungen aufweisen, wie z.B. oft trübe, an größere Fließgewässer angebundene Seen, noch genutzte Baggerseen, hydraulisch belastete, zum Hochwasserschutz genutzte Talsperren sowie Huminstoffgefärbte Seen im Mittelgebirge. Für diese Seen sind die H&O-Werte je nach Ausprägung nur eingeschränkt oder nicht gültig. Ein Anhaltspunkt für "zu kurze" Sichttiefen kann aus der Trophie-Klassifizierung abgeleitet werden. Bei großen Abweichungen des Sichttiefen-Index vom Chlorophyll a-Index und den Phosphor-Indices ist zu vermuten, dass die Sichttiefe nicht nur die Algenbürtige Trübung widerspiegelt und deshalb zur Trophie-Ermittlung nur begrenzt anwendbar ist.

5 Ausblick

Die Vorstellungen über Referenzzustände in den Seetypen und die entsprechenden H&O-Werte können sich im Zusammenhang mit neuen Seendaten und paläolimnologischen Erkenntnissen, Veränderungen in der Seentypologie sowie abweichenden Vorstellungen und Erkenntnissen in den europäischen Nachbarstaaten ändern und die Werte müssten dann ggf. angepasst werden.

Zur Seenbewertung mit den allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern besteht ein Erweiterungsbedarf für die in der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU 2000) genannten Kenngrößen Temperatur, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand und Nährstoffverhältnisse, hier insbesondere Stickstoff. Der LAWA-Seen-Expertenkreis hält bislang nicht alle in der WRRL vorgeschlagenen Parameter für die Seenbewertung für sinnvoll. Bisher werden die Kenngrößen Sichttiefe und die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff als geeignet angesehen. Für Stickstoff-Komponenten oder für den Parameter Gesamtstickstoff werden in einem Folgeprojekt (LAWA-Projekt-Nr. O 8.12) Hintergrund- und Orientierungswerte formuliert.

6 Literatur

- CLAUSSEN, U., MÜLLER, P., ARLE, J. (2012): WFD CIS ECOSTAT WG A Report "Comparison of Environmental Quality Objectives, Threshold values or Water Quality Targets Set for the Demands of the European Water Framework Directive". Stand 29.02.2012, 27 S.
- EUROPEAN UNION (EU) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/1.
- HOEHN, E., RIEDMÜLLER, U., LEBMANN, D. & NIXDORF, B. (2009): Ökologische Bewertung von künstlichen und erheblich veränderten Seen sowie Mittelgebirgsseen anhand der biologischen Komponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Bewertungsmodul für Mittelgebirgsseen und Verfahrensanpassungen für Baggerseen, pH-neutrale Tagebauseen, Talsperren und Sondertypen im Tiefland. Endbericht LAWA-Projekt-Nr.: O 3.06. 96 S. Download über www.gewaesserfragen.de.
- ILLIES, J. (1978): Limnofauna Europaea. – 2. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999): Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien. Kulturbuchverlag Berlin. 74 S.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2007): Background Levels and Benchmarks Regarding Physicochemical Components. Aus: LAWA AO Framework Concept Monitoring. Part B: Assessment Principles and Method Descriptions. Stand März 2007 – Verfasser: Dr. Frotscher-Hoof.
- LAWA-AQS-MERKBLATT P-8/5 (2013): Probenahme aus Seen. Entwurf Stand 28. Februar 2013.
- MATHES, J., G. PLAMBECK & J. SCHAUMBURG (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: NIXDORF, B. & R. DENEKE (Hrsg.), Ansätze und Probleme bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. BTU Cottbus *Aktuelle Reihe* 5/02: 15-24.
- MISCHKE, U., RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E. & NIXDORF, B. (2009): Abschlussbericht zum Feinabstimmungsprojekt zum deutschen Bewertungsverfahren für Phytoplankton in Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. LAWA O 9.08, 06.05.2009 IGB Berlin. 79 S.
- MISCHKE, U., RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E. & NIXDORF, B. (2008): Praxistest Phytoplankton in Seen. Endbericht zum LAWA-Projekt (O 5.05). Berlin, Freiburg, Bad Saarow im Februar 2008. Gewässerreport 10, BTU Cottbus *Aktuelle Reihe* 2/08: 7-146.
- MISCHKE, U., RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E., DENEKE, R. (2010): Anpassungen des Phytoplanktonverfahrens nach WRRL für stehende Gewässer im Rahmen der europäischen Interkalibrierung und zur Erhöhung der Bewertungssicherheit mit Ableitung von Handlungsoptionen. Überarbeiteter Endbericht zum LAWA-Projekt O 9.09. Stand 24.09.2010. 89 S.
- NIXDORF, B., HOEHN, E., RIEDMÜLLER, U., MISCHKE, U., SCHÖNFELDER, I. (2010): Probenahme und Analyse des Phytoplanktons in Seen und Flüssen zur ökologischen Bewertung gemäß der EU-WRRL. Handbuch Angewandte Limnologie – Methodische Grundlagen. III-4.3.1. Erg. Lfg. 4/10: 1-24.
- NIXDORF, B., U. MISCHKE, E. HOEHN, & U. RIEDMÜLLER (2006): Leitbildorientierte Bewertung von Seen anhand der Teilkomponente Phytoplankton im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Überarbeiteter Endbericht im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Stand März 2006. 189 S. und Anhänge mit Probenahme-Vorschrift.
- OGEWV (Oberflächengewässerverordnung) (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil 1 Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 25. Juli 2011, S. 1429.

- RIEDMÜLLER, U. & HOEHN, E. (2011): Praxistest und Verfahrensanpassung: Bewertungsverfahren Phytoplankton in natürlichen Mittelgebirgsseen, Talsperren, Baggerseen und pH-neutralen Tagebauseen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Abschlussbericht für das LAWA-Projekt-Nr. O 7.08. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2008-2010. 120 S.
- RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E., MISCHKE, U., DENEKE, R. (2013): Ökologische Bewertung von natürlichen, künstlichen und erheblich veränderten Seen mit der Biokomponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Abschlussbericht für das LAWA-Projekt-Nr. O 4.10. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2010. 146 S. zzgl. Anhänge.
- RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E. & MISCHKE, U. (2010): Bewertung von Seen mit Hilfe chemisch-physikalischer Parameter. Seetypspezifische Hintergrund- und Orientierungswerte für Gesamtphosphor. Im Auftrag und unter fachlicher Begleitung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – Expertenkreis Seen. 6 S.
- SCHÖNFELDER, I. (2004): Paläolimnologische Leitbildkonstruktion und biozönotisch basierte Bewertungsansätze für Flusseen am Beispiel der Diatomeen. Abschlussbericht im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel. 54 S. zzgl. Anhang.
- SCHÖNFELDER, J. (2006): Arbeitspapier "Referenzzustände der diatomeenbasierten Seetypen Norddeutschlands nach trophischen Kriterien" (Jörg Schönfelder, 2006). 1 S.
- WOLFRAM, G., DONABAUM, K. (2009): Leitfaden zur typspezifischen Bewertung gemäß WRR. Allgemein physikalisch-chemische Parameter in Seen. Hrsg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. Lebensministerium.at, ISBN 978-3-85174-069-1. 52 S.