

Biologische Trophieindikation mit Phytoplankton – Stärken und Schwächen von Indikatortaxa

Ursula Riedmüller¹, Eberhard Hoehn², Ute Mischke³, Brigitte Nixdorf⁴ & Dieter Leßmann⁴

¹ BNÖ Titisee, Erlenweg 13, 79822 Titisee-Neustadt, BNOE@gewaesserfragen.de, ² LBH Freiburg, Glümerstr. 2a, 79102 Freiburg, LBH@gewaesserfragen.de ³ Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Müggelseedamm 310, 12587 Berlin, mischke@igb-berlin.de, ⁴ BTU-Cottbus, Lehrstuhl Gewässerschutz, PF 101344, 03013 Cottbus, e-mail: lessmann@tu-cottbus.de, b.nixdorf@t-online.de.

Keywords: Phytoplankton, EU-Wasserrahmenrichtlinie, biologische Indikation, Trophieklassifikation und –bewertung von Seen

Einleitung

In von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser getragenen (Länderfinanzierungsprogramm Wasser und Boden) und fachlich unterstützten Projekten konnte in den letzten Jahren zur nationalen Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie ein Verfahren entwickelt werden, mit welchem in den Ökoregionen Norddeutsches Tiefland und Alpen natürliche Seen mit Phytoplankton bewertet werden können. Aus dem Verfahrensentwurf von Nixdorf et al. (2006) wurde die wasserwirtschaftliche Praxistauglichkeit in einem Praxistest weiter erhöht (Mischke et al. 2008). Eine Erweiterung auf die Ökoregion Mittelgebirge sowie künstliche und erheblich veränderte Seen sowie Sondertypen natürlicher Seen erfuhr das Verfahren mit Anpassungen und Weiterentwicklungen durch Hoehn et al. (2009). Somit stehen für alle deutschen Seentypen nach der Seentypologie von Mathes et al. (2002) bereits mehrfach modifizierte Module zur ökologischen Zustandsbewertung mit Phytoplankton zur Verfügung.

Der Beitrag befasst sich mit einem Teilmetric des Verfahrens, dem **Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI)**, welcher sowohl zur Trophieklassifizierung als auch in Bezug zur Referenzsituation zur Trophiebewertung von Seen herangezogen werden kann. Diesem auf der Artenzusammensetzung der Phytoplanktonbiozönose basierende Index liegen typspezifische bzw. für die Ökoregionen und Gewässerarten angepasste Indikatorlisten zugrunde (Tab. 2).

Datengrundlage und Stand des Verfahrens

Mit dem neuen Auswertetool zur EU-WRRL-konformen Seenbewertung mit Phytoplankton in der Version 4.0 können alle natürlichen Seentypen sowie künstliche (Baggerseen, Tagebauseen und Teiche) oder erheblich veränderte Seen (Talsperren, u.a. nachträglich eingetieftes Altwasser) und Sondertypen natürlicher Seen – z.B. Altarme und Altwasser – bewertet werden. (Download von www.gewaesserfragen.de oder von <http://www.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke> möglich). Als Datenbasis stehen derzeit zur Auswertung und Verfahrensvalidierung qualifizierte Phytoplanktondaten von rund 950 Seen – mit über 20.000 Probenahmen und insgesamt fast 410.000 Taxonbefunden – zur Verfügung. In einem Steckbrief des Verfahrens (Tab. 1) werden die Einzelmetrics und die

weiteren "Submetrics" sowie deren Verschneidung im Gesamtindex PSI (Phyto-See-Index) beschrieben.

Tab. 1: Steckbrief des deutschen Bewertungsverfahrens für Seen mit Phytoplankton.

Member State	Germany			
Metric	Metric für	"Submetrics"	Mittelwertbildung	Kurzbeschreibung
multimetrischer Index (ja /nein)	ja			
1	Biomasse	- Chl a Saisonmittel - BV Saisonmittel - Chl a Maximum	arithmetischer Mittelwert	verschiedene Kenngrößen desselben Aspekts
2	Artenzusammensetzung niedriges taxonomisches Niveau (Klasse/Ordnung)	- Cyanobakterien - Dinophyceae - Chloro- und Cryptophyceae	arithmetischer Mittelwert	verschiedene Kenngrößen desselben Aspekts
3	Artenzusammensetzung hohes taxonomisches Niveau (Art/Gattung) Bewertung PTSI	- spezifisches Biovolumen: in "Abundanzklassen" von 1-7 transformiert - Stenökio/Habitattreue: Werte 1-4 - Trophieankerwert: Werte von 0-5.	gewichteter Mittelwert auf Basis eines Probenbefundes, Jahreswert durch arithmetische Mittelung	Biovolumen und "Indikatorqualität"-gewichtung
Aggregation der Metrics	Gesamtindex		gewichteter Mittelwert	seetypspezifische Wichtungsfaktoren*
		*sind auf Basis von Korrelationsanalysen mit Kalibrationskenngrößen (Gesamtposphor, LAWA-Index) abgeleitet		

Mit dem PTSI kann im ersten Schritt der Berechnung eine Trophieklassifikation auf Basis einer Phytoplanktonprobe erfolgen. Der Index wurde auf den Wertebereich des deutschen LAWA-Index (Indexwerte von 0,5 bis etwa 5, LAWA 1999) kalibriert bzw. transformiert. Die genaue Berechnung kann u.a. Mischke et al. (2008) entnommen werden.

Tab. 2: Indikatorlisten zur Errechnung des PTSI – einem auf Phytoplanktontaxa basierenden Trophieindex für Seen.

See(sub-)typen (u.a. nach Mathes et al. 2002)	Indikatorliste für	Abkürzung	Anzahl Indikatortaxa	Anzahl taxonomische Einheiten	Anzahl der Doppel- oder Mehrfachtaxa/ Gattungen
1, 2, 3 und 4	natürliche Seen, AWB und HMWB der Ökoregion Alpen	AVA	132	213	25
10 und 13	geschichtete natürliche Seen des norddeutschen Tieflands	Tgesch	115	173	21
11, 12 und 14	polymiktische natürliche Seen des norddt. Tieflands	Tpoly	111	193	27
5, 6, 7, 8, 9	natürliche Seen, AWB und HMWB im Mittelgebirge, in der Regel über 200 m ü NN.	MG	121	190	19
10.1k, 10.2k und 13k*	geschichtete AWB, HMWB und Sondertypen des norddt. und oberreinischen Tieflands	TgeschAWB	137	195	21
11.1k, 11.2k, 12k und 14k*	polymiktische AWB, HMWB u. Sondertypen des norddeutschen und oberrh. Tieflands	TpolyAWB	113	162	14

Im Folgenden soll anhand von Anwendungsbeispielen von Seen des Alpenraumes und der norddeutschen Tiefebene die Trophieklassifikation mit dem PTSI veranschaulicht und die Stärken und

Schwächen dieses Index gezeigt und diskutiert werden. Für die Trophieklassifikation mit dem PTSI stehen beim derzeitigen Stand insgesamt sechs Indikatorlisten zur Verfügung. Deren Umfang und Anwendungsbereiche sind in Tab. 2 kurz beschrieben. Die Notwendigkeit der "doppelten" Listen im Tiefland – natürliche versus vorwiegend künstliche Seen (k-AWB-Typen) - ergibt sich aus der unterschiedlichen Struktur - AWB-Datensatz enthält mit Bagger- und Tagebauseen viel mehr oligotrophe Gewässer - und Datenqualität - in AWB-Datensatz meist bessere taxonomische Auflösung - in den Seengruppen.

Fallbeispiele der Trophieklassifikation mit dem PTSI

Zur Beschreibung der Funktionsweise des PTSI wurden aus dem Datensatz der alpinen geschichteten Seen drei Beispiele ausgewählt: 1. Der Königssee im Jahr 2008, der mit einer mittleren Tiefe von 100 m und einem ultra-oligotrophen Trophiestatus eine Besonderheit im deutschen Seendatensatz darstellt. 2. Der schwach mesotrophe Ammersee 2008 und 3. der Abtsdorfer See 2005, der bei nahezu gleicher LAWA-Trophie (s. Tab. 3) eine deutlich andere Artenzusammensetzung als der Ammersee aufweist. Ein weiteres Fallbeispiel kommt aus dem Tieflanddatensatz: 4. Der polymiktische, polytrophe Mözener See in Schleswig-Holstein im Jahr 2007.

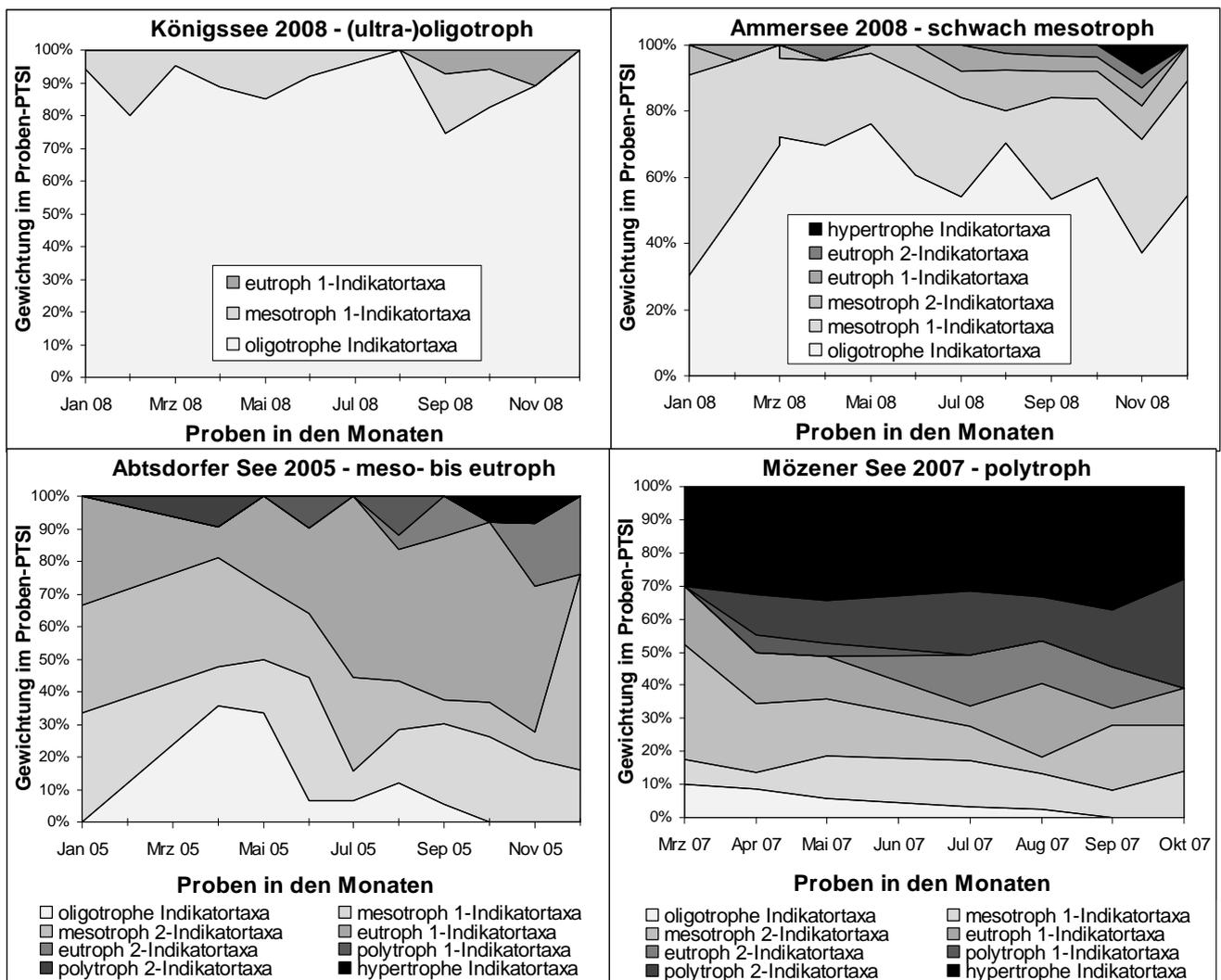


Abb. 1: Trophieklassifizierung mit dem PTSI – Fallbeispiele Ökoregion Alpen: Königssee 2008, Ammersee 2008 und Abtsdorfer See 2005 sowie Norddeutsches Tiefland: Mözener See 2007.

Ergebnisse und Fazit der Trophieklassifikation mit dem PTSI

Oligotrophe Trophiesituationen werden meist eindeutig durch typische Taxa angezeigt (s. Beispiel Königssee in Abb. 1). Es können wenige meso- bis eutroph eingestufte Indikatortaxa vorkommen, dies jedoch meist nur zeitweise oder in geringer Häufigkeit. Bereits im schwach mesotrophen Ammersee (LAWA-Index von 1,8 im Jahr 2008) treten neben den dominanten oligo- und mesotraphenten Indikatorarten eu- bis hypertraphente Taxa auf. Deren Biomasse ist jedoch gering und sie erhalten deshalb im PTSI nur eine geringe Gewichtung, was zu plausiblen Ergebnissen führt (s. Tab. 3).

Tab. 3: Trophische Kenngrößen, Gesamtphosphorgehalt und Trophieindices der vier Beispielseen.

Gewässerjahr	Gewässertyp	Chl a-Saisonmittel (µg/l)	Chl a-Maximum (µg/l)	BV-Saisonmittel (mm ³ /L)	TP-Saisonmittel (µg/l)	LAWA-Index	PTSI-Klassifikation
Königssee 2008	Alpensee, mittl. Tiefe 100 m	2,0	3,0	0,4	5,2	1,1	1,0
Ammersee 2008	Alpensee, mittl. Tiefe 38 m	3,9	5,0	1,0	9,9	1,8	1,5
Abtsdorfer See 2005	Voralpensee, mittl. Tiefe 11 m	2,3	4,6	4,4	34,0	1,8	2,5
Mözener See 2007	polymiktischer norddt. Tieflandsee, mittl. Tiefe 3,7 m	96	164	17	173	4,0	3,5

Im Abtsdorfer See, dessen LAWA-Index von 1,8 (s. Tab. 3) identisch mit dem des Ammersees ist, tritt eine grundlegend andere Artenzusammensetzung auf (vergl. in Abb. 1). Bedingt durch den höheren Nährstoffstatus, welcher sich in der Gesamtphosphorkonzentrationen (s. Tab. 3) zeigt, werden die oligo- und mesotraphenten Arten zurückgedrängt und es wurde ein Mosaik von oligo- bis hypertroph eingestuften Taxa gefunden. Während der LAWA-Index aufgrund von geringen Chlorophyll a-Konzentrationen noch den schwach mesotrophen Trophiezustand anzeigt (s. Tab. 3), reagiert der PTSI sehr eindeutig auf die erhöhten TP-Gehalte und klassifiziert den Abtsdorfer See plausibel in den Übergangsbereich von der meso- zur eutrophen Trophieklasse.

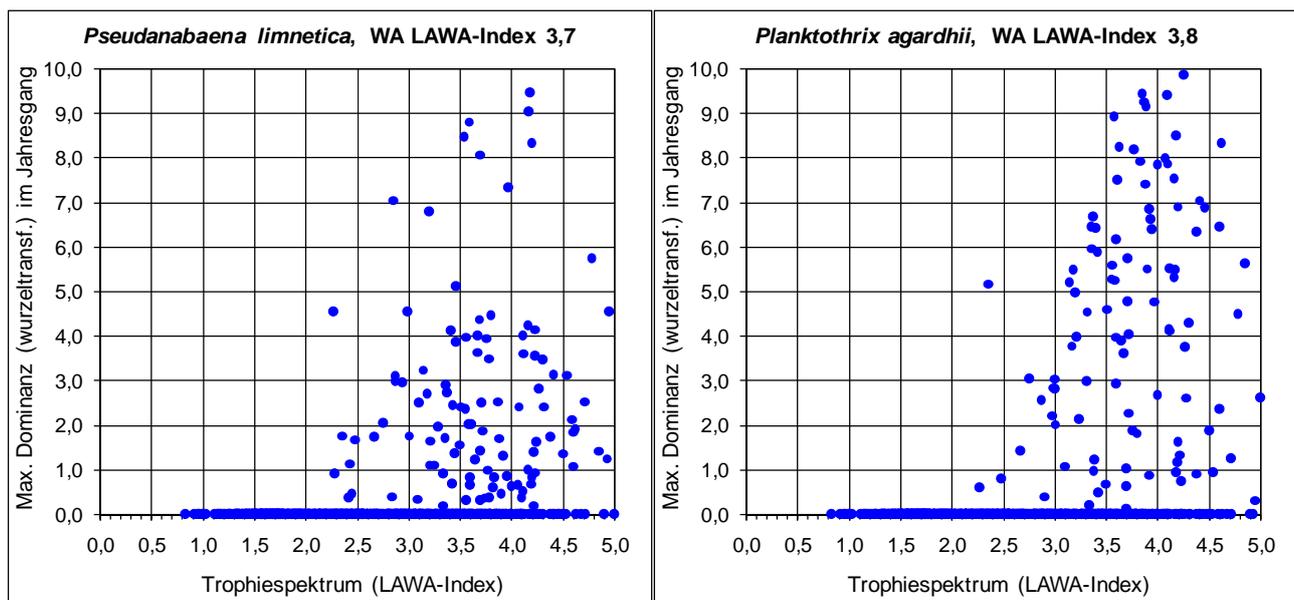


Abb. 2: Vorkommen von Beispieltaxa im Trophiespektrum des LAWA-Index in polymiktischen Seen des norddeutschen Tieflands. (WA = weighted average des LAWA-Index des Taxons).

Im polytrophen Mözener See treten neben den erwarteten poly-bis hypertraphenten Taxa auch oligotroph- bis eutroph eingestufte Taxa auf. In der Summe bewirken die letztgenannten Taxa einen zu optimistisch ausfallenden PTSI. Der PTSI indiziert hier eine Trophiestufe besser als der LAWA-Index. Diese Beobachtung konnte bei der Validierung des Verfahrens insbesondere bei eutrophen Flachseen im Tiefland häufiger gemacht werden. Für die tendenziell etwas zu niedrige Einstufung sind folgende Ursachen gefunden worden: 1. Einige lediglich meso- bis eutroph eingestufte Taxa (Trophiewerte 2,5 bis 3,5, s. Mischke et al. 2008) streuen stark im Trophiespektrum und weisen ggf. eine zu geringe Spezifität genau für diesen Trophiestatus auf. Typisches Beispiel ist *Asterionella formosa*. 2. Indikatortaxa, die zwischen stark eutrophen und poly- oder hypertrophen Trophiestatus differenzieren, gibt es nicht, d.h. die Indikation kann in diesem Trophiebereich nicht so treffsicher sein. Taxa mit starker Streuung im "eutrophen" Block sind z.B. *Planktothrix agardhii* und *Pseudanabaena limnetica* (s. Abb. 2).

Zusammenfassung

Die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons indiziert in den meisten Fällen zuverlässig Nährstoffbelastungszustände. Der PTSI stellt eine sinnvolle Ergänzung zum LAWA-Index dar. Oligotrophe Zustände werden sehr eindeutig von typischen Indikatortaxa angezeigt. In schwach mesotrophen Seen treten vereinzelt aber meist mit geringer Biomasse eutraphente Taxa auf. Bereits in stark mesotrophen Seen findet sich eine Mischung von oligo- bis eutraphenten Indikatortaxa. In stark eutrophen bis hypertrophen Seen kann die Trophieindikation ungenauer ausfallen, da es keine Taxa gibt, die spezifisch nur in eutrophen oder nur in poly- bis hypertrophen Situationen vorkommen. Im Bewertungsverfahren werden die beschriebenen Stärken und Schwächen der Indikatortaxa seetypspezifisch in Gewichtungsfaktoren zur Errechnung des Gesamtindex PSI berücksichtigt.

Danksagung

Die Projekte wurde mit Mitteln des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2006-2009 gefördert. Dank gilt allen Daten gebenden Stellen in den Bundesländern, den Talsperrenverbänden und Gemeinden. Wir danken für die gute Zusammenarbeit mit dem LAWA-Expertenkreis „Seen“ mit den Obleuten Gudrun Plambeck & Jochen Schaumburg.

Literatur

- Hoehn, E., Riedmüller, U., Leßmann, D. & Nixdorf, B. (2009): Ökologische Bewertung von künstlichen Seen (Baggerseen und pH-neutrale Tagebauseen) sowie erheblich veränderten Gewässern (Talsperren) anhand der biologischen Komponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Endbericht LAWA-Projekt-Nr: O 3.06, 98 S..
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999): Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien. 74 S..
- 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. (2008): Praxistest Phytoplankton in Seen. Endbericht zum LAWA-Projekt (O 5.05). Berlin, Freiburg, Bad Saarow, Februar, 2008. Gewässerreport 10, BTU Cottbus Aktuelle Reihe 2/08: 7-146.
- Nixdorf, B., Mischke, U., Hoehn, E., Riedmüller, U. (2006): Leitbildorientierte Bewertung von Seen anhand der Teilkomponente Phytoplankton im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Überarb. Endbericht zum LAWA – Projekt OK 5.90. Stand März 2006. 152 S. zzgl. Anhang.