

Bewertung der natürlichen Seen Deutschlands anhand des Phytoplanktons

Ursula Riedmüller¹, Eberhard Hoehn¹, Brigitte Nixdorf² & Ute Mischke³

¹LBH, Glümerstr. 2a, D-79102 Freiburg, E-Mail Hoehn: lbh@gmx.de, E-Mail Riedmüller bnoe@gewässerfragen.de

²Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Gewässerschutz, Forschungsstation Bad Saarow, Seestr. 45, 15526 Bad Saarow, E-Mail: b.nixdorf@t-online.de

³Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Müggelseedamm 310, D-12587 Berlin. E-Mail: mischke@igb-berlin.de

Keywords: Seebewertung, Phytoplankton, EU-Wasserrahmenrichtlinie, biologische Trophieindikation, Methodenstandards

Einleitung

Im Rahmen der nationalen Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie wurde für die Komponente Phytoplankton in natürlichen Seen ein biologisch begründetes Bewertungsverfahren entwickelt. Das Phytoplankton kann in Seen in erster Linie als Anzeiger für die Belastung „Eutrophierung“ dienen (Järnefelt 1952, Heinonen 1980, Hörnström 1981, Brettum 1989). In der im Vorfeld durchgeführten Literaturstudie von Knopf et al. (2001) wurde zu rund 300 Phytoplanktontaxa Angaben zu typischem Verhalten im trophischen Spektrum gefunden. Für etwa 250 Taxa beschrieben die Autoren eine Vorliebe für bestimmte Trophiezustände. Fußend auf dieser Erkenntnis wurde davon ausgegangen, dass neben der absolut erreichten Biomasse des Phytoplanktons auch die taxonomische Zusammensetzung zu einer Trophiebewertung von Seen herangezogen werden kann.

Das Bewertungssystem sollte im Sinne einer zuverlässigen Indikation auf mehreren Kenngrößen basieren und die verschiedenen Seentypen berücksichtigen. Folgende Bewertungsmetriks zur Ermittlung der ökologischen Zustandsklasse gemäß EU-WRRL wurden entwickelt: 1. Biomassemetrik (Gesamtbiovolumen/Probe bzw. Saisonmittel). 2. "Algenklassen"-Metrik (Biovolumina und relative Verhältnisse der Algengruppen). 3. **Phytoplanktontaxa-Seen-Index** (PTSI, Vorkommen und Dominanz von Phytoplanktontaxa). Darüber hinaus wird im bundesweiten Praxistest des Verfahrens (Projektzeitraum 2005/2006) u.a. die Integration des **DI-Prof** (**D**iatomeen-**I**ndex **P**rofundal), als zusätzliche Bewertungsgröße geprüft. Dieser wurde von Schönfelder (2004) für natürliche Seen des Tieflands entwickelt. Die Metriks 1 und 2 wurden von der Arbeitsgruppe Prof. Brigitte Nixdorf und Dr. Ute Mischke erarbeitet. Der Metrik 3 "PTSI" wurde von LBH Freiburg entwickelt und die Ergebnisse sollen in diesem Vortrag und Bericht im besonderen vorgestellt werden.

Datengrundlage

Die Basis der Auswertungen stellte eine plausibilisierte Datenbank dar, welche mit Phytoplanktondaten aus früheren Seenuntersuchungsprogrammen der Landesämter in Deutschland sowie mit Daten von neun österreichischen Seen des Kärntner Instituts für Seenforschung zusammen gestellt wurde. Sie umfasst derzeit rd. 180.000 Phytoplanktonbefunde in 8.900 Proben und 904 Seenjahren

sowie die trophischen Begleitparameter Sichttiefe, Gesamtphosphor und Chlorophyll a. Die Daten stammen aus insgesamt 288 unterschiedenen Wasserkörpern in 250 Seen. Neuerhebungen waren nicht Bestandteil des Projektes. Die Seentypen des Mittelgebirges sind derzeit wegen Datenmangel nicht in Bearbeitung. Neben standardisierten Vorgaben zu Probenahme und Zählstrategie in Gelände und Labor wurde erstmalig für Deutschland eine taxonomisch vereinheitlichte operative Taxaliste für das Phytoplankton der Fließgewässer und natürlicher Seen zusammen gestellt. Diese Liste enthält u.a. das Mindestbestimmbarkeitsniveau für die WRRL-konforme Bewertung sowie eine Kennzeichnung der bisher für Seen ermittelten Indikatortaxa zur Trophieindikation, im Sinne einer besonderen Berücksichtigung am Mikroskop.

Empirische Ermittlung von Indikatortaxa im Phytoplankton

Korrespondenzanalysen ergaben unterschiedliche Planktonbiozönosen in den Ökoregionen Alpen und Voralpen (im weiteren Text mit AVA abgekürzt) sowie im Norddeutschen Tiefland (im weiteren Text mit TL abgekürzt). Darüber hinaus wurde aus ökologischen Erwägungen vorausgesetzt, das sich die Biozönosen in geschichteten und polymiktischen Seen unterscheiden. Demzufolge wurden für drei Kalibrationsdatensätze AVA, geschichtete Seen des Tieflandes (TLgesch) und ungeschichtete Seen des Tieflandes (TLunge) unterschiedliche Indikatorlisten angestrebt. Die getrennte Behandlung der polymiktischen Voralpenseen konnte aufgrund zu geringer Anzahl an Seenbeispielen in der Datenbank nicht durchgeführt werden.

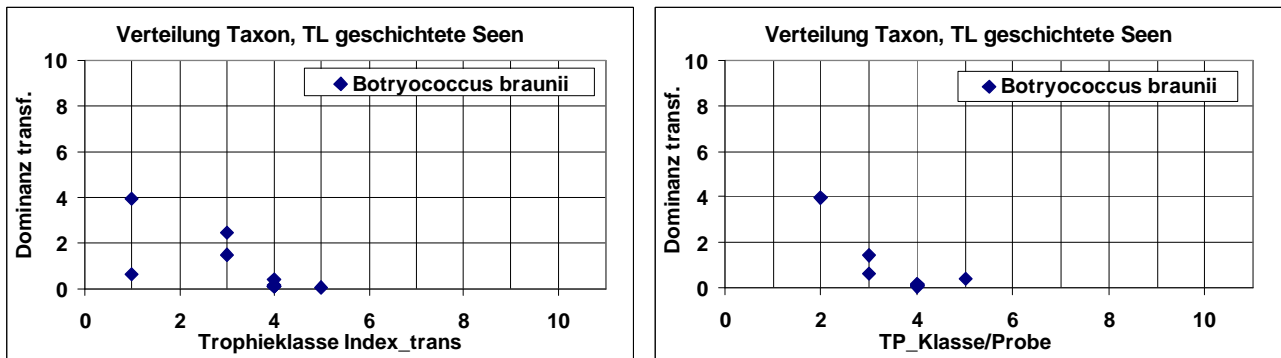
Mit Hilfe verschiedener Darstellungen der Taxonverteilung im Trophiespektrum war die Identifizierung von Indikatortaxa möglich. Als Trophiegradienten kamen die Kenngrößen LAWA-Index als modifizierte Größe Index-trans und der Gesamtphosphor am Probenahmetag und im Saisonmittel als transformierte Indexgröße zur Anwendung. Sowohl Index-trans als auch die transformierten TP-Werte orientieren sich an den in der LAWA (1999) vorgeschlagenen Umrechnungstabellen und Transformationen. Sie nehmen Werte von 0,5-5 ein und sind mit dem LAWA-Index hinsichtlich ihrer Größenordnung direkt vergleichbar.

Zur Berechnung der Stetigkeit von Taxa in einem bestimmten Trophieniveau mussten Trophieklassen bzw. Gruppen von Seenjahren gleicher Trophie gebildet werden. Die Untersuchungsjahre wurden hierzu auf Basis ihres Index-trans in eine von zehn Trophieklassen eingeteilt (s. Abb. 1). In der Ökoregion AVA wurde angepasst an die vorliegende Stichprobe der mesotrophe und in der Ökoregion TL der eutrophe Bereich differenzierter betrachtet. Jeder Probenbefund einer Art ging als Dominanz ihres Biovolumens oder angelehnt an Brettum (1989) als Dominanz*Stetigkeit in die Darstellungen und Berechnungen ein. Die Dominanz wurde aufgrund der besseren Darstellbarkeit und Verständlichkeit mit der Quadratwurzel transformiert. Für einige Abbildungstypen (s. Bsp. in Abb. 1) wurde nur die maximale Dominanz einer Art im betrachteten Seenjahr verwendet.

Für jedes Taxon wurden steckbriefartig drei Abbildungen zur Trophiepräferenz sowie eine Abbildung zur Saisonalität des Vorkommens für jede Ökoregion bzw. Schichtungstypgruppe zusammengestellt (Bsp. für Taxonverteilung im Trophiespektrum s. Abb. 1). Im Falle einer charakteristischen Verteilung eines Taxons im Trophiespektrum, erfolgte die Vergabe von 20 Punkten in die Trophieklassen. Diese sollte sowohl die Trophiepräferenz als auch die auftretende Streuung so gut wie möglich erfassen.

Durch gewichtete Mittelwertbildung wurden aus den Punkteverteilungen numerische Trophieschwerpunkte (im weiteren als TSP abgekürzt) errechnet, welche wiederum die mathematische Dimension des in Deutschland verbreiteten LAWA-Index und deshalb gute Verständlichkeit besitzen (s. Tab. 1).

Die Standardabweichung der gewichteten Mittelwertbildung wurde als Maß für die Standorttreue verwendet und daraus sog. Stenökiefaktoren abgeleitet (Wertebereich 1-4, 1=geringe und 4=starke Bindung an TSP) (s. Tab. 1).



Trophieklasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bezeichnung LAWA (1999)	o	m1	m2	e1	e2/1	e2/2	p1/1	p1/2	p2	h
<i>Botryococcus braunii</i>	8	6	3	2	1					

Abb. 1: Beispielabbildungen des Taxonsteckbriefs sowie Punktevergabe für die Phytoplanktontaxa im Trophiespektrum der geschichteten Seen des Tieflandes.

Sowohl die Punkteverteilungen als auch die TSP-Werte wurden einer intensiven Prüfung anhand von Literaturdaten, insbesondere bereits bestehenden trophischen Einstufungen durch verschiedene Autoren und anhand weiterer Berechnungen und Abbildungen unterzogen. Für den Kalibrationsdatensatz AVA konnten 111, für den Datensatz TLgesch 123 und den Datensatz der polymiktischen Seen des Tieflandes TLunge 96 Indikatortaxa vorgeschlagen werden.

Tab. 1: Tabellenauszug aus der Indikatorliste für die geschichteten Tieflandseen. Trophieklassen und –grenzen sind an der LAWA-Klassifizierung (1999) orientiert. TSP= Trophieschwerpunkte; TAW=Trophieankerwerte.

Indikatortaxon TLgesch/ Trophieklassen													Stenökiefaktor
Bezeichnung LAWA (1999)	o	m1	m2	e1	e2/1	e2/2	p1/1	p1/2	p2	h			
(Klassenmitten LAWA-Index)	1,00	1,75	2,25	2,75	3,13	3,38	3,63	3,88	4,25	4,75			
<i>Ankyra judayi</i>		6	6	6	2						2,3	2,0	2
<i>Ankyra lanceolata</i>		2	8	8	2						2,5	2,4	3
<i>Aphanizomenon gracile</i>	1	3	4	5	5	1	1				2,6	2,6	1
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>				1	2	3	5	5	4		3,7	4,6	3
<i>Aphanocapsa incerta</i>		2	8	7	2	1					2,5	2,4	3
<i>Aphanothece clathrata</i>	4	5	4	4	2	1					2,1	1,6	1
<i>Aulacoseira islandica</i>		2	2	10	3	2	1				2,8	2,9	2
<i>Bitrichia chodatii</i>	7	7	4	2							1,7	1,0	1
<i>Botryococcus braunii</i>	8	6	3	2	1						1,7	1,0	1

Die Anwendung der Indikatorlisten sowie die Berechnung des PTSI erfolgt auf der Basis eines Probenbefundes nach der Formel:

$$PTSI = \frac{\sum (Abundanzklasse_i \cdot TAW_i \cdot Stenökiefaktor_i)}{\sum (Abundanzklasse_i \cdot Stenökiefaktor_i)}$$

- PTSI = Phytoplankton-Taxa-Seen-Index pro Probe
 Abundanzklasse_i = Abundanzklasse des i-tes Taxons in der Probe, Biovolumenklassen nach Tab. 2.
 TAW_i = Trophieankerwert des i-ten Indikatortaxons
 Stenökiefaktor_i = Stenökiefaktor des i-ten Indikatortaxons

Tab. 2: Klassenbildung des Biovolumens eines Indikatortaxons zur Verrechnung im PTSI.

Klassen Biovolumen (mm ³ /l)	Abundanzklasse
< 0,0001	1
0,0001-0,001	2
0,001-0,01	3
0,01-0,1	4
0,1-1	5
1-10	6
> 10	7

Einer gültigen Probenbewertung sollten mindestens 4 Indikatortaxa zugrunde liegen. Zur Bewertung eines Untersuchungsjahres erfolgt eine arithmetische Mittelung der Probenergebnisse, wobei mindestens drei gültige Indices pro Jahr zur Verfügung stehen sollten.

Tab. 3: Ermittlung der ökologischen Zustandsklasse mit dem Ergebnis des PTSI.

Zustandsklassen/ Typisierungskriterium	Seen- Subtyp	Referenztrophie/ sehr gut	gut	mäßig	unbefried.	schlecht
Alpen und Voralpen		1	2	3	4	5
Voralpen, polymiktisch	1	< 2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	> 3,5
Alpen, geschichtet	4	< 1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	> 3,0
Voralpen, geschichtet	2+3	< 2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	> 3,5
Norddeutsches Tiefland		1	2	3	4	5
geschichtet u. VQ 1,5 – 15	10.1	< 2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	> 4,0
geschichtet u. VQ >15	10.2	< 3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	> 4,5
geschichtet u. VQ < 1,5	13	< 2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	> 3,5
polymiktisch, VQ > 1,5 u. mittlere Tiefe > 3 m	11.1	< 3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	> 4,5
polymiktisch, VQ > 1,5 u. mittlere Tiefe = 3 m	11.2	< 3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	> 5,0
Flussseen polymiktisch	12	< 3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	> 4,5
polymiktisch u. VQ < 1,5	14	< 2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	> 4,0

Der PTSI kann theoretisch Werte von 0,5-5,2 einnehmen. Er liegt in einem analogen Wertebereich zum LAWA-Index (1999) und kann somit als gut verständliche Größe zusätzliche Informationen auf Basis der biologischen Verhältnisse vermitteln.

Der PTSI stellt zunächst lediglich eine biologisch ermittelte Kenngröße zur Beschreibung der Trophie dar. Erst der Vergleich mit dem potentiell natürlichen Trophiezustand oder der Referenztrophie (s. Tab. 3) ermöglicht die Aussage über eine Degradation des Gewässers und schließlich die Bewertung. Im Projekt wurden für die verschiedenen Seentypen Referenzzustände vorgeschlagen (Tab. 3). Werden diese Referenzbereiche sowie der gute Zustand eingehalten, ergibt sich gemäß EU-WRRL kein Handlungsbedarf zur Verbesserung der Gewässersituation. Liegen die Werte in den Zustandsklassen 3-5, d.h. mäßig bis schlecht, ist ein Sanierungsbedarf indiziert.

Im Gesamtgefüge der Seenbewertung mit Phytoplankton wird der PTSI mit den beiden weiteren Metriks "Gesamtbiovolumen im Saisonmittel" und "Dominanz von Algenklassen" seentypspezifisch gewichtet und verrechnet.

Zusammenfassung und Ausblick

Das empirisch entwickelte Bewertungsverfahren für die natürlichen Seen Deutschlands anhand des Phytoplanktons beruht im ersten Entwurf auf der Berücksichtigung der drei biologisch ermittelbaren Metriks "Biomasse", "Algenklassen" und "PTSI" (**Phytoplankton**taxa-**Seen**-**Index**). Thema der vorliegenden Publikation ist die Entwicklung und Anwendungsbeschreibung des PTSI, welcher eine Trophie-Einschätzung und Bewertung von Seen auf Basis von Indikatorarten zulässt.

Der Endbericht zu diesem Projekt, in dem das gesamte Verfahren beschrieben ist und in dem u.a. die Indikatorlisten, Bewertungstabellen und -beispiele enthalten sind, wird nach Prüfung und Freigabe durch den Projektgeber voraussichtlich ab März 2006 über die Universität Cottbus sowie über die oben genannten Autoren verfügbar sein. In dem derzeit ebenfalls laufenden Praxistest soll das Bewertungsverfahren geprüft und an neuen Datensätzen validiert und optimiert werden..

Danksagung

Der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser sei für die Förderung des Projektes gedankt. Ebenso herzlichen Dank an den (LAWA-) Expertenkreis Seen, welcher die fachliche Begleitung auf eine sehr freundlich motivierende und kompetente Weise durchführt.

Literatur

- Brettum, P. (1989): Alger som indikatorer på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton.-NIVA, Postbox 33, Blindern, Oslo, deutsche Übersetzung von Bodo Maier.
- Hörnström, E. (1981): Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. *Limnologica* 13: 249-361. Brettum, P., 1989. Alger som indikatorer på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton.-NIVA, Postbox 33, Blindern, Oslo.
- Järnefelt, H. (1952): Plankton als Indikator der Trophiegruppen der Seen. *Ann. Acad. Scient. Fenn. A IV*, Biol. 18: 1-29.
- Knopf, K., Hoehn, E., Mischke, U. & B. Nixdorf (2000): Klassifizierungsverfahren von Seen anhand des Phytoplanktons. Teil I der Literaturstudie über „Ökologische Gewässerbewertung – Phytoplankton“ im Auftrag der ATV/DVWK und LAWAG-AG „Stehende Gewässer“, 100 S.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999): Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien. Kulturbuchverlag, Berlin. 74 S
- Mathes, J., Plambeck, G. & 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. Aktuelle Reihe BTU Cottbus, Sonderband.