

Bewertung der Phytoplanktonstruktur stehender Gewässer gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Der modifizierte Brettum Index

Martin Dokulil & Katrin Teubner¹

¹ Institut für Limnologie, Österreichische Akademie der Wissenschaften, A-5310 Mondsee, Mondseestrasse 9; e-mail: martin.dokulil@oeaw.ac.at, katrin.teubner@oeaw.ac.at

Keywords: WRRL, Wasserqualität, biologische Beurteilung, Alpenseen, Österreich

Einleitung

Die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (EU), kurz WRRL ist am 23.12.2000 in Kraft getreten. Sie fordert für alle Oberflächengewässer mit einem Einzugsgebiet >10 km² die Erreichung eines ‚guten ökologischen Zustandes‘ binnen 15 Jahren.

Vorgangsweise und Datenbasis

In einem Vorprojekt (Dokulil 2003) wurde der Index nach Brettum (1989) in seiner Originalversion und unter Verwendung der norwegischen Taxongewichte auf einen Datensatz aus Österreich angewendet. Aus den Ergebnissen ließ sich die grundsätzliche Tauglichkeit des Index ableiten. Es galt daher in einem nächsten Schritt, die Indexwerte der Arten aus den Brettum-Listen durch Vergleich mit den in Österreich vorliegenden Daten zu überprüfen und für nicht aufgeführte Taxa zu erweitern (Kalibration), an die Qualitätsstufen der ÖNORM M6231 (2001) anzupassen und den siebenstufigen Index auf die fünfstufige Skale der WRRL zu reduzieren. Zugleich musste ein abgestuftes Berechnungsschema erarbeitet werden, welches letztlich eine einfache Berechnung der Abweichung vom Referenzzustand (Ecological Quality Ratio, EQR) nach REFCOND (2003) ermöglichen soll.

Zur Berechnung, Erweiterung und Absicherung der Indexwerte nach Brettum wurden mehrjährige Datensätze aus 20 österreichischen Seen ausgewählt wobei die Konzentration an Gesamtphosphor als Bezugssystem (Trophie-Klassifizierung) gewählt wurde. Der Neusiedlersee wurde, trotz guter Datenlage, als Sondertyp vorläufig nicht mitberücksichtigt. Viele Seen in Österreich sind wiederum in sehr gutem Zustand. Im Bereich 40-60 µg TP L⁻¹ liegen nur einige wenige Daten vor, im Bereich >60 µg TP überhaupt keine. Um zu einer ausgewogeneren Beurteilung zu kommen, wurden neun Seen aus Deutschland (Region Berlin-Brandenburg) mit in die Analyse einbezogen. So konnte sichergestellt werden, dass auch höhere trophische Niveaus in die Analyse einfließen. Diese Datenbasis ermöglicht zugleich eine länderübergreifende Auswertung und schlägt so gewissermaßen eine Brücke nach Norden zu Brettum.

Insgesamt standen 29 Seen mit 2429 Probestimmen und 167 Planktonarten zur Verfügung, was zusammen mit den Messwerten für Gesamtphosphor (TP) eine Datenmatrix mit 408 072 Einträgen ergibt.

Alle Auswertungen wurden auf der Basis vorhandener quantitativer Phytoplanktonanalysen aus den Jahren 1976-2003 durchgeführt. Diese werden auf ihre Vollständigkeit und Verwendbarkeit zur Beurteilung des Zustands der Seen im Sinne der WRRL nach der ÖNORM M6231 überprüft. In mehreren Fällen mussten taxonomische Kompromisse bzw. Zusammenlegungen zu größeren Gruppen in Kauf genommen werden. Selten vorkommende oder nur vereinzelt auftretende Arten wurden vor der Analyse ausgeschieden.

Das Material umfasst im wesentlichen Proben aus verschiedenen Tiefenstufen, die über das Epilimnion gemittelt wurden sowie in einigen Fällen Mischproben der euphotischen Zone. Die Untersuchungsergebnisse stammen aus Proben, welche zu allen Jahreszeiten, oft sogar monatlich oder vierzehntägig gesammelt wurden. Die Anzahl der Analyseresultate pro See variiert von 25 über 12 bis hinunter zu 6 mal pro Jahr. Die Anzahl der analysierten Jahre pro See liegt zwischen 1 und 22.

Auswertung des Datensatzes

Bei der Benutzung von Phytoplankton-Analysen zur Bestimmung der Wasserqualität sind Ergebnisse in drei Stufen zu begutachten:

1. Das maximale, gemessene Totalvolumen und das Durchschnittsvolumen während der Vegetationsperiode für einen See.
2. Das gesamte Volumen für jede Gruppe oder Klasse von Algen (z.B. Blaualgen, Grünalgen, Kieselalgen usw.) und deren prozentueller Anteil am Gesamtvolumen des Phytoplanktons.
3. Die Menge der einzelnen Arten, und besonders guter Indikatorarten, im Verhältnis zum gesamten Biovolumen des Phytoplanktons.

Die zusammenfassende Auswertung der Resultate aller drei Stufen ist ausschlaggebend für die endgültige Einschätzung der Wassergüte (Brettum 1989).

Biovolumen

Gesamtvolumen und Durchschnittsvolumen des Phytoplanktons sind in erster Linie bei der Einschätzung des Trophieniveaus bzw. Wachstumspotentials eines Sees von Interesse. Im allgemeinen sind das Biovolumen des Phytoplanktons und seine Zusammensetzung bessere Indikatoren für den Trophiegrad als z.B. Phosphor, da es sich dabei um das Endergebnis aller Umwelteinflüsse im Wasser handelt, auch jener Faktoren, die nicht erfasst wurden. In Abbildung 1 ist die Korrelation der maximalen zu den mittleren Biovolumina des Phytoplanktons im Jahr dargestellt ($r^2=0.88$, $p < 0.001$, $n = 239$). Daraus lässt sich eine hohe Übereinstimmung der beiden Parameter ablesen.

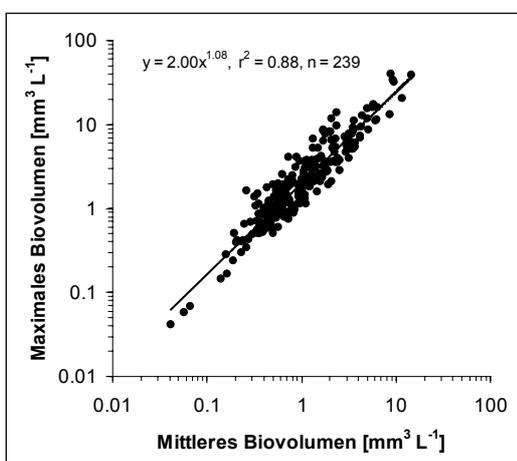
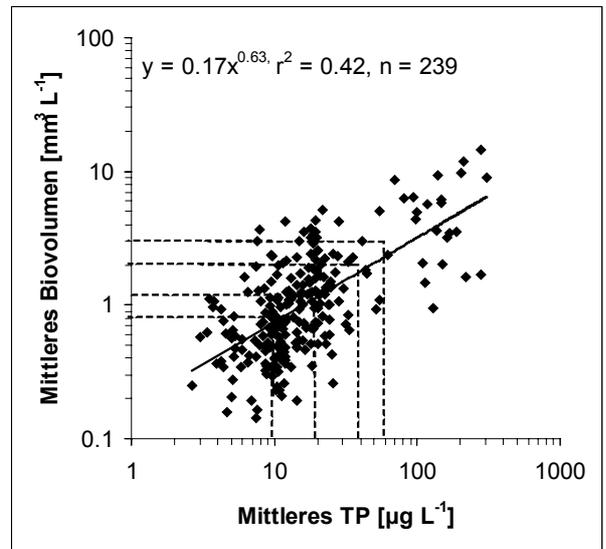


Abb. 1: Korrelation des maximalen zum mittleren Biovolumen, beide in $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ für 29 Seen. Doppeltlogarithmische Darstellung. Die Gleichung, das Bestimmtheitsmaß und die Anzahl der Wertepaare ist in der Graphik angegeben.

Aus der Abhängigkeit der mittleren jährlichen Biovolumina vom Gesamtphosphor (Abbildung 2) lassen sich Grenzwerte für die Biovolumina der trophischen Ebenen ableiten (Tabelle 1).

Abb. 2: Abhängigkeit des mittleren Biovolumens von der mittleren Gesamtphosphorkonzentration (TP) für 29 Seen. Doppeltlogarithmische Darstellung. Die Gleichung, das Bestimmtheitsmaß, die Anzahl der Wertepaare sowie die Grenzwerte (strichlierte Linien) sind in der Graphik angegeben.



Tab. 1: Grenzwerte des Gesamt-Biovolumens für die trophischen Intervalle.

Jahresmittel [m m ³ L ⁻¹]	Trophisches Niveau
< 0.8	oligotroph
0.8 - 1.2	mesotroph
1.2 - 2.0	schwach-eutroph
2.0 - 3.0	stark-eutroph
> 3.0	hypertroph

Für das Biovolumen des Phytoplanktons im Mondsee und zwei typische Zeitperioden lässt sich eine gute Übereinstimmung der berechneten mit der tatsächlichen Qualitätsstufe feststellen (Abb. 3).

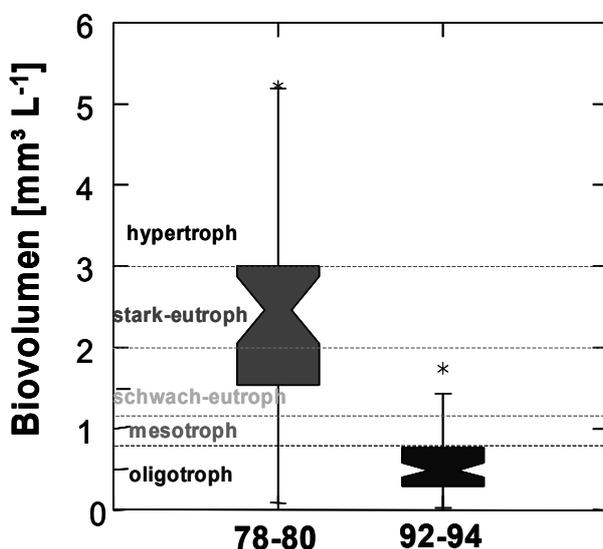


Abb. 2: Abhängigkeit des mittleren Biovolumens in mm³ L⁻¹ von der mittleren Gesamtphosphorkonzentration (TP) für 29 Seen.

Doppeltlogarithmische Darstellung. Die Gleichung, das Bestimmtheitsmaß, die Anzahl der Wertepaare sowie die Grenzwerte (strichlierte Linien) sind in der Graphik angegeben.

Algengruppen als Indikatoren

Eine Gruppe von Organismen enthält, selbst wenn sie aus sich in vielerlei Hinsicht nahestehenden Arten besteht, Arten mit zum Teil sehr unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen und weist daher unterschiedliche Reaktionen auf Veränderungen ein und desselben Parameters auf. Aus diesem Grund kann eine Einschätzung der Gewässerqualität, welche von der gesamten Mengenvariation der Gruppen ausgeht, in vielen Fällen weniger aussagekräftig sein als Ergebnisse, welche auf den einzelnen Arten aus diesen Gruppen fußen. Trotz dieser Einschränkungen sagt die Gruppenzusammensetzung, und nicht zuletzt die Dominanz oder das ganz oder teilweise Fehlen einzelner Gruppen im Phytoplankton einiges über die Wasserqualität aus. In Tabelle 2 werden die Dominanzverhältnisse als prozentueller Anteil am Gesamtvolumen des Phytoplanktons dargestellt.

Tab. 2: Dominanzverhältnisse der Algengruppen in Relation zum Gesamt-Biovolumen des Phytoplanktons. Fett bzw. Kursiv hervorgehoben sind alle Anteile >90%.

Taxon. Einheit	Biovolumen [mm ³ L ⁻¹]				
	<0.8	0.8-1.2	1.2-2.0	2.0-3.0	>3.0
Chrysophyceen	100	88	91	80	10
Cryptophyceen	100	58	56	56	42
Dinophyceen	100	90	58	48	47
Chlorophyceen	72	94	100	86	65
Euglenophyceen	48	34	25	100	30
Cyanophyceen	33	59	65	81	100
Bacillariophyceen	83	89	86	86	100

Oligotrophe Gewässer sind durch die Gruppen der Chrysophyceen, Cryptophyceen und Dinophyceen charakterisiert. Die Dinophyceen und Chlorophyceen beherrschen den mesotrophen Bereich. Der stark eutrophe Bereich wird durch Euglenophyceen charakterisiert. Im Bereich höchster Biomassen und daher hoher Trophie dominieren die Cyanobakterien und die Diatomeen (Kieselalgen). Letztere zeigen allerdings eine Verteilung mit relativ großen Prozentanteilen am gesamten Phytoplankton über die ganze Skala von oligotrophen bis zu hypertrophen Gewässern und haben daher als Gruppe betrachtet wenig Indikatorwert.

Ähnliche Muster lassen sich auch für die Verteilung im Phosphorgradienten und saisonal im Jahr darstellen (hier nicht wiedergegeben).

Der Indikatorwert der einzelnen Arten

Die Indexwerte der Arten aus der Brettum-Studie wurden durch Vergleich mit den vorliegenden Daten überprüft und für die in Österreich vorkommenden Arten ergänzt, erweitert und abgesichert. Aus den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Taxa im P-Gradienten wurde eine fünf-stufige Wichtungstabelle abgeleitet und zur Berechnung der Indices herangezogen. Dabei traten einige taxonomische Probleme auf. So sind vor allem die kleinen zentrischen Diatomeen bei der mikroskopischen Analyse schwer bis gar nicht bis zur Art bestimmbar. Sie wurden daher häufig als Sammelgruppe bzw. in Größenklassen erfasst, was zu Ungenauigkeiten in der Einstufung über den Plankton-Index führt, wenn diese Gruppe stark dominiert. Trotzdem ergab sich insgesamt für die 29 Seen und alle vorhandenen Untersuchungsjahre eine befriedigende Übereinstimmung mit den tatsächlichen Gegebenheiten, bzw. mit den Phosphorkonzentrationen. Das daraus abgeleitete, durch Berechnung des relativen Abstandes abgestufte Bewertungsschema ermöglicht eine richtige

Bewertung des Gewässerzustandes und die Ableitung von ökologischen Qualitätsverhältnissen zum Referenzzustand (EQR nach REFCOND 2003). Dieses Schema befindet sich zur Zeit in der Überprüfungsphase mit unabhängigen Datensätzen und wird deshalb hier nicht im Detail dargestellt.

Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

Die ausgearbeiteten Einstufungen der Phytoplanktonarten für Österreich führen zusammen mit der vorgeschlagenen Klassifizierung nach Brettum (1989) in den meisten Fällen zu richtigen ökologischen Bewertungen. Abweichungen vom Referenzzustand können richtig wiedergegeben werden, sofern der typspezifische Referenzzustand richtig eingeschätzt wird.

Nach Abschluss der Testphase, soll daraus ein multimetrischer Index unter Verwendung von Gesamt-Biovolumen, Index aus Algengruppen, Index aus den einzelnen Taxa, Index aus funktionellen Algengruppen (Padisák et al. 2005) und eventuell Chlorophyll-a entwickelt werden.

Danksagung

Wir möchten uns beim Österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft für den Auftrag ‚Bewertung des ökologischen Zustandes stehender Gewässer gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie‘, die Finanzierung und die technische Unterstützung herzlich bedanken. Des weiteren gilt unser Dank dem Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Scharfling, dem Kärntner Institut für Seenforschung, Klagenfurt, dem Amt der Salzburger Landesregierung Abt. 13, Ref. 13/04 Gewässerschutz, Salzburg, dem Technisches Büro für Ökologie Donabaum & Wolfram OEG, Wien, sowie der Systema Bio- und Management Consulting GmbH, Wien, für die großzügige Datenverfügbarkeit und die gute Zusammenarbeit.

Literatur

- Brettum, P. (1989): Algen als Indikatoren der Wasserqualität in norwegischen Binnengewässern. NIVA, Trondheim, (in Norwegisch; Deutsche Übersetzung B.G. Meier), 112 S.
- Dokulil, M.T., Hg. (2003): Typspezifische Referenzbedingungen für die integrierende Bewertung des ökologischen Zustandes stehender Gewässer Österreichs gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Phase 2. Projektabschlussbericht, BMLFUW, Wien, 94 S.
- ÖNORM M6231, 2001. Richtlinie für die ökologische Untersuchung und Bewertung von stehenden Gewässern. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 58 S.
- REFCOND (2003): Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. – Final version 7.0, 302003-02-14, 89 pp.