

HANDBUCH PHYTO-SEE-INDEX

VERFAHRENSBESCHREIBUNG FÜR DIE BEWERTUNG VON SEEN

**AKTUALISIERUNG DER BISHER GÜLTIGEN VERSION (MISCHKE ET AL. 2008)
GEMÄß DEN ERGEBNISSEN DER PROJEKTE DES LÄNDERFINANZIERUNGS-
PROGRAMMES O 3.06, O 7.08, O 9.08, O 9.09, O 4.10**

- **STAND DEZEMBER 2014**
- **IN ABSTIMMUNG MIT DEM LAWA-EXPERTENKREIS FÜR SEEN**

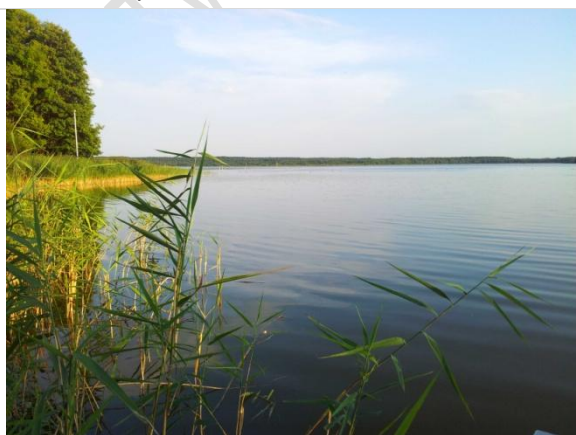
**AUTOREN: UTE MISCHKE, URSEL RIEDMÜLLER, EBERHARD HOEHN,
BRIGITTE NIXDORF**



Pilsensee © Bayer. LfU



Blankensee © U. Mischke



Großer Labussee © MLUR, Seenprogramm M-V



Baggersee Otterstädter Altrhein © Jürgen Böhmer



ENTWURF 16.12.2014 - PhytoSee 6.0



VERFAHRENSBESCHREIBUNG FÜR DIE BEWERTUNG VON SEEN MIT DEM PHYTO-SEE-INDEX

1 INHALTSVERZEICHNIS

2	Basis des Verfahrens und dessen Entwicklungsgeschichte.....	1
2.1	Bewertungssystem und Kenngrößen – eine Übersicht	3
2.1.1	Allgemeine Bedeutung des Seetyps für die Ermittlung des Phyto-See-Index.....	3
2.1.2	Kenngrößen zur Ermittlung des Phyto-See-Index.....	5
2.1.3	Einheiten des Phyto-See-Index und Umrechnung in den EQR	6
2.2	Vorgaben für Probenahme, Analyse bei der Datenerhebung und Bestimmung des Seetyps	7
2.2.1	Datenanforderung und Aufbereitung.....	7
2.2.2	Erforderliche photometrische Analyseergebnisse zur Chlorophyll a-Bestimmung.....	8
2.2.3	Anforderungen an die mikroskopischen Analyseergebnisse	8
2.2.4	Erforderliche Erhebungsdaten für die Index-Berechnung	8
2.2.5	Bestimmung des Gewässertyps	9
2.2.6	allgemeine Strategie zur Bewertung von stark veränderten und künstlichen Seen (HMWB & AWB)	13
3	Schritt-für-Schritt-Berechnung des deutschen Phyto-See-Index.....	14
3.1	Metric „Biomasse“	14
3.1.1	Gesamtbiobiovolume des Phytoplanktons in Seen.....	14
3.1.2	Metric „Chlorophyll a Saisonmittel“	16
3.1.3	Metric „Chlorophyll a Maximum-Wert“	18
3.2	Metric „Algenklassen“	20
3.3	Bewertung nach Indikatortaxa (Phytoplankton-Taxa-Seen-Index = PTSI)	25
3.4	Fakultativer Diatomeen-Index, DI-PROF ermittelt aus Profundalproben für natürliche Tieflandseen	28
3.5	Biodiversitäts-Metric nach Leßmann & Nixdorf (2009) für saure Bergbauseen	30
3.5.1	Berechnung des Shannon-Index und der Evenness	31
3.5.2	Abgrenzung vom höchsten und guten ökologischen Potential mittels der Biodiversitäts-Indices ..	31
3.6	Berechnung der Gesamtbewertung des PSI (Phyto-See-Index).....	32
3.6.1	Mindestanforderungen an die Eingangsdaten zur gesicherten Bewertung mittels PSI.....	33
4	PhytoSee – das Auswertungsprogramm zur Berechnung des Phyto-See-Index.....	34
4.1	Technische Voraussetzungen und allgemeine Hinweise zur Benutzung	35
4.1.1	Löschen und anfügen von Daten in Access-Tabellen.....	36
4.1.2	Unterscheidung von Feldeigenschaften.....	37
4.1.3	Primärschlüssel und deren hierarchische Struktur im PhytoSee-Tool.....	37
4.2	Tabellarische Anordnung der Erhebungsdaten in einer Formatvorlage.....	39
4.2.1	Wie listet man die Daten für die Eingangstabelle „Gewässername_SeeNr“?	40
4.2.2	Wie listet man die Daten für die Eingangstabelle „Probendaten_See“?.....	41
4.2.3	Wie listet man die Daten für die Eingangstabelle Taxon_BV_Seen“ oder alternativ für die „Aufsummierungshilfe“?	42
4.3	Import der in Excel vorbereiteten Eingangstabellen nach PhytoSee	46
4.3.1	Gewässerimport.....	47
4.3.2	Probenimport.....	47
4.3.3	Taxadatenimport.....	48



4.3.4	Löschen von unvollständig importierten Datenpaketen	48
4.3.5	Eingabe des extern berechneten DiProf-Index in den Phyto-See-Index.....	48
4.4	Berechnung des Phyto-See-Index und Ausgabe der Bewertungsergebnisse	49
4.4.1	Prüfen der Vollständigkeit der Bewertungsergebnisse innerhalb des PhytoSee-Tools	49
4.4.2	Ausgabe der Bewertungsergebnisse	49
5	Literatur:	51
5.1	National Geltende Normen, Verordnungen und Beschlüsse des Europäischen Parlaments und des Rates	51
5.2	Zitierte Literatur	52
5.3	Berichte zu Anwenderstudie.....	54
6	Tabellenverzeichnis	55
7	Anhang I bis II	57



VERFAHRENSBESCHREIBUNG FÜR DIE BEWERTUNG VON SEEN MIT DEM PHYTO-SEE-INDEX

2 BASIS DES VERFAHRENS UND DESSEN

ENTWICKLUNGSGESCHICHTE

Die Biomasse und die Zusammensetzung der freischwebenden Algen, des sogenannten Phytoplanktons, sind in Seen ohne starke menschliche Nutzung limitiert und bestimmt durch den Mangel an Nährstoffen. Die anthropogen verursachte übermäßige Zufuhr an Nährstoffen (Phosphor, Stickstoff) durch Düngemitelesatz und durch Abwässer verursacht die Eutrophierung der Binnengewässer, die mit der Erhöhung des Trophiezustandes von oligotroph nach hypertroph einhergeht. Mit zunehmender Trophie nimmt die gesamte Biomasse des Phytoplanktons zu und die Zusammensetzung verändert sich erheblich (z.B. Blaualgenblüten). Diese Sensitivität des Phytoplanktons auf die Belastung der Umwelt durch Eutrophierung wird im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL, 2000, EU 2008) zur Bestimmung des ökologischen Zustandes von Seen europaweit genutzt.

In Deutschland wird seit 2008 eine einheitliche Methode zur Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL angewendet: Der Phyto-See-Index ist in Mischke & Nixdorf (2008) ausführlich dokumentiert, und baut auf den Ergebnisse aus Vorarbeiten von Nixdorf et al. (2005a, 2005b, 2006) auf. Im Rahmen der europäischen Abstimmung der biologischen Verfahren, der sogenannten Interkalibrierung, wurde die englische Fassung dieser Verfahrensbeschreibung genutzt (Mischke et al. 2008b). Mittlerweile ist das Verfahren von der EU anerkannt bzw. „interkalibriert“, d.h. unter anderem, dass das Verfahren vergleichbar streng wie solche anderer Staaten aus der gleichen Ökoregion bewertet (s. Birk et al. 2013). Die europäische Kommission hat die Festlegung der Werte für die Einstufungen des Überwachungssystems des jeweiligen Mitgliedstaats, hier dem Phyto-See-Index als Ergebnis der Interkalibrierung im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht (Europäische Kommission (2008); Europäische Kommission (2013)).

Der Phyto-See-Index wurde seither in fünf Projekten¹ weiterentwickelt, die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA; <http://www.lawa.de/>) unterstützt und gefördert wurden:

- Verfahrensvorschlag für Mittelgebirgsseen, HMWB & AWB (LAWA O 3.06; Hoehn et al. 2009)
- Feinabstimmungsprojekt für den Phyto-See-Index (LAWA O 9.08; Mischke et al. 2009)
- Anpassungsprojekt für den Phyto-See-Index (LAWA O 9.09; Mischke et al. 2010)
- Praxistest und Verfahrensanpassung für HMWB & AWB & Mittelgebirgsseen (LAWA O 7.08; Riedmüller & Hoehn 2011)
- Ökologische Bewertung von natürlichen Seen und HMWB & AWB mit Phytoplankton (LAWA O 4.10; Riedmüller et al. 2012; Endfassung: Riedmüller et al. Mai 2013a)

Vor Inkrafttreten der EU-Wasserrahmenrichtlinie wurden in Deutschland natürliche Seen (LAWA 1999), Talsperren (LAWA 2001) und Baggerseen (LAWA 2003) mit den sog. LAWA-Richtlinien hinsichtlich ihrer

¹Die Berichte kann man sich unter folgender Adresse im Internet herunterladen: <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/> unter Rubrik „Vorhaben“ und „Vorhaben des Ausschusses Oberflächengewässer und Küstengewässer (AO)“



trophischen Belastung in acht Klassen von oligo- bis hypertroph klassifiziert. Der Trophie-Index basiert auf Klassifikationsformeln für die Parameter Chlorophyll a^2 , Sichttiefe und Gesamtphosphor (Saisonmittel- und Frühjahrswert), die bereits in der weltweiten OECD-Studie von 1982 als die am besten geeigneten Trophieparameter ermittelt wurden. Die trophische Klassifikation erfolgt spezifisch für Seegruppen, womit im Wesentlichen deren unterschiedliche Produktivität berücksichtigt wird. Um die bisherigen und teils vorläufigen 3 LAWA-Richtlinien (1999, 2001, 2003) zusammenzuführen, erfolgte eine durch Riedmüller & Hoehn (2011) erneute Ermittlung von Seegruppen mit ähnlichem, trophischen Verhalten. Dies erfolgte mit einem großen Kalibrationsdatensatz von 1693 Seen oder Seenbecken, die in 2.369 Jahren hinsichtlich der erforderlichen Parameter hinreichend häufig untersucht ($> 2x$ pro Jahr) wurden. Der überarbeitete Trophie-Index nach LAWA (Riedmüller et al. 2013b) klassifiziert für sechs neu definierte Seegruppen: für natürliche, künstliche und stark veränderte Seen teils zusammen in einer Gruppe, jedoch für die geschichteten Kleinseen separat.

Der Phyto-See-Index operiert in Trophiestufen von oligotroph nach polytroph (s. Tabelle 1), geht aber über die Trophie-Klassifizierung des Trophie-Index nach LAWA hinaus: Er bewertet nicht nur die Biomasse, sondern auch die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons und das Ausmaß von Algenblüten, wie es nach EU-WRRL gefordert wird. Zudem basiert der Phyto-See-Index allein auf biologischen Parametern, also ohne Phosphorkonzentration und Sichttiefe, und vergleicht den ökologischen Ist-Zustand mit einem vorab ermittelten, und innerhalb einer Ökoregion europaweit abgestimmten Referenzzustand (Poikane et al. 2009, Järvinen et al. 2013).

Die vorliegende Verfahrensbeschreibung enthält alle Änderungen, die mit dem LAWA-Expertenkreis für Seen bis November 2014 abgestimmt wurden, und folgende Überarbeitungsbereiche betreffen:

- 1) Es erfolgte eine erhebliche Verfahrenserweiterung für Seen im Mittelgebirge sowie für künstliche und stark veränderte Seen (AWB und HMWB), worunter unter anderem die Talsperren und die Baggerseen fallen. Nach einem ersten Verfahrensentwurf (Hoehn et al. 2009) wurden die Bewertungsgrenzen sowie die Seetypologie nach den Ergebnissen eines Praxistestes der Bundesländer stark überarbeitet (Riedmüller & Hoehn 2011).
- 2) a) Es wurden die Grenzwerte für die Kenngröße „Biomasse“ an die Grenzwerte für die Trophiestufen des neuen Trophie-Index nach LAWA (2013; Riedmüller et al. 2013b) angepasst
- 2 b) Wie im Trophie-Index nach LAWA wurden alle Saisonmittel im PSI auf ein direktes Mittel aus den Termindaten umgestellt, und nicht mehr wie bisher über den Umweg von Monatsmitteln. Dies betrifft auch den PTSI-Jahreswert.
- 3) Für die Tieflandseen wurden alle Bewertungsroutinen umfassend überarbeitet, die auf Kenngrößen der Algenklassen basieren. Dies erfolgte nach Überprüfung mit einem seit 2006 stark erweiterten Datensatz.
- 5) Für den Sondertyp der stark sauren Tagebaurestseen wurde ein Biodiversitäts-Index (Leßmann & Nixdorf 2009) als neue Kenngröße im Phyto-See-Index aufgenommen.
- 6) In dem optionalen Modul PhytoLoss können Indices für die Grazing-Effektstärke des Zooplanktons errechnet werden, die eine erweiterte Interpretation und Hinweise auf Handlungsoptionen zulassen.
- 7) Zur PhytoSee 6.0 wird in der Zip-Datei ein Handbuch zur Qualitätssicherung des Untersuchungsverfahrens „Phytoplankton zur Bestimmung des Phyto-See-Index“ zur Verfügung gestellt (in Zukunft Kapitel 5)

² Die Chlorophyll a -Konzentration einer Wasserprobe ist relativ einfach spektralphotometrisch zu messen und korreliert zur Biomasse des Phytoplanktons, da alle Arten dieses Pigment zur Photosynthese nutzen. Deshalb wird Chlorophyll a häufig als Surrogat für die Biomasse des Phytoplanktons verwendet, obwohl der Chlorophyll a -Gehalt in der Biomasse bei den Arten unterschiedlich ist und von den Lichtbedingungen abhängt.



Das Verfahren PhytoLoss wird in Deneke et al. (2014) in einer Kurzanleitung sowie in einer umfassenden Verfahrensanleitung beschrieben werden. Mittels des Berechnungs-Moduls PhytoLoss (Version 1.2) als Bestandteil des Bewertungsprogrammes PhytoSee 6.0 (und der zukünftigen Updates) werden die Indices für die Grazing-Effektstärke des Zooplanktons berechnet, und eine erweiterte Interpretation der Bewertung mit dem Phyto-See-Index ermöglicht.

Die vorliegende Verfahrensbeschreibung hebt die Änderungen gegenüber dem bisherigen Phyto-See-Index (Mischke et al. 2008) nicht im Einzelnen hervor (s. bitte dazu die Berichte der o.g. LAWA-Projekte), sondern dient als Vorlage für ein zukünftiges, aktualisiertes Handbuch zum Bewertungsverfahren für Seen mittels Phytoplankton.

Weitere erforderliche Bestandteile des Phyto-See-Index sind:

- I) die Beschreibung und Festlegung der Probenahme in Seen (Nixdorf et al. 2009), die vorzugsweise mindestens monatlich von April bis Oktober erfolgen sollte,
- II) die Seensteckbriefe mit dem Begleitbrief zur Typzuordnung der Seen (Riedmüller et al. 2013d),
- III) die operative Taxaliste des Phytoplanktons (HTL; Mischke & Kusber Mai 2009) und
- IV) eine Bewertungssoftware zur automatisierten Berechnung des Phyto-See-Index (PhytoSee 5.0 mit ggf. Aktualisierungen im Jahr 2013, Mischke et al. 2013).

2.1 BEWERTUNGSSYSTEM UND KENNGRÖßEN – EINE ÜBERSICHT

Das deutsche Bewertungssystem von Seen mittels Phytoplankton unterscheidet ökologisch relevante Seetypen und führt zu einem multi-metrischen Indexwert, dem Phyto-See-Index (PSI). Dieser stuft das zu bewertende Gewässer in eine der fünf nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu beschreibenden ökologischen Zustandsklassen ein. Da mit dem Bewertungssystem die Belastung durch Eutrophierung reflektiert werden soll, ist eine vorherige trophische Zuordnung des Sees entlang einer Klassifikation mittels eines Trophie-Index nötig.

2.1.1 ALLGEMEINE BEDEUTUNG DES SEETYP S FÜR DIE ERMITTLUNG DES PHYTO-SEE-INDEX

Die Bewertung eines Sees ist stark abhängig davon, welchem Seetyp er zugeordnet wird. Mit der Zuordnung zum Seetyp wird der Trophiestatus im anthropogen gering beeinflussten Zustand, dem Referenzzustand, bestimmt, der nach den Erfordernissen der EU-WRRL der Leitwert bzw. oberer Ankerpunkt für die Bewertung darstellt. Außerdem sind je nach Seetyp unterschiedliche Bewertungsparameter als sensitiv für die Eutrophierung detektiert worden und für den hier beschriebenen Phyto-See-Index definiert.

Tabelle 1 Wertebereiche für dem Trophie-Index und für die Klassifizierungs-Indices des Phyto-See-Index-Verfahrens, Zuordnung zu einer Trophieklasse und Abkürzungen nach LAWA (1999) und Riedmüller et al. (2013b) für den Trophie-Index nach LAWA

Klassifizierungs-/Trophie-Index	Trophieklasse	Abkürzung
0,5-1,5	oligotroph	oligo
> 1,5 – 2,0	mesotroph 1	meso 1
> 2,0 – 2,5	mesotroph 2	meso 2
> 2,5 – 3,0	eutroph 1	eu 1
> 3,0 – 3,5	eutroph 2	eu 2



> 3,5 – 4,0	polytroph 1	poly 1
> 4,0 – 4,5	polytroph 2	poly 2
> 4,5	hypertroph	hyper

In den o.g. Vorgängerstudien wurden die nationale Typologie der natürlichen Seen für die Phytoplanktonbewertung (Tabelle 4 Seetypen) basierend auf Mathes et al. (2002) und zusätzlich die damit verbundenen Vorstellungen zur Referenztrophy erarbeitet, die auch im europäischen Rahmen für weit verbreitete Seetypen abgestimmt wurden (Poikane et al. 2010; Järvinen et al. 2013). In Tabelle 2 kann man entnehmen, dass manche Seetypen im Referenzzustand oligotroph sind, während für andere ein eutropher Zustand als Referenz angenommen wird. Neu definiert sind die Referenzzustände und die Seen-Typologie der Mittelgebirgsseen für den aktualisierten Phyto-See-Index sowie für die Flusseen im Tiefland (Seetyp 12).

Tabelle 2 Lage der Referenztrophy der deutschen Phytoplankton-Seetypen (s. Tabelle 4 Kriterien der Seetypen) in der Dimension des Trophie-Index (Einstufung Trophieklassen s. Tabelle 1). Seetypen nach Mischke et al. (2008) und Riedmüller & Hoehn (2011). Sortierung in den Ökoregionen nach Lage der Referenztrophy

Phyto-plankton-Subtyp	trophischer Referenzwert zur Berechnung der ÖQ	trophischer Referenz-zustand Obergrenze	sehr gut/ gut H/G-Grenze ÖQ 1,5	gut/ mäßig G/M-Grenze ÖQ 2,5	mäßig/ unbefriedigend M/P-Grenze ÖQ 3,5	unbefriedigend/ schlecht P/B-Grenze ÖQ 4,5
Alpen und Voralpen						
4	0,75	oligo	1,25	1,75	2,25	2,75
2+3	1,25	meso 1	1,75	2,25	2,75	3,25
1	1,25	meso 1	1,75	2,25	2,75	3,25
Mittelgebirge						
7 und 9	1,00	oligo	1,50	2,00	2,50	3,00
5 und 8	1,25	meso 1	1,75	2,25	2,75	3,25
6.1	1,75	meso 2	2,25	2,75	3,25	3,75
6.2	2,00	meso 2	2,50	3,00	3,50	4,00
6.3	2,25	eu 1	2,75	3,25	3,75	4,25
Norddeutsches Tiefland*						
13	1,25	meso 1	1,75	2,25	2,75	3,25
10.1	1,50	meso 1	2,00	2,50	3,00	3,50
10.2	1,75	meso 2	2,25	2,75	3,25	3,75
14	1,75	meso 2	2,25	2,75	3,25	3,75
11.1	2,00	meso 2	2,50	3,00	3,50	4,00
11.2	2,25	eu 1	2,75	3,25	3,75	4,25
12	2,50	eu 2	3,00	3,50	4,00	4,50

* AWB und HMWB-Seen und Sondertypen im Norddeutschen Tiefland erhalten hinter der Seetypnummer das Suffix "k"



2.1.2 KENNGRÖßEN ZUR ERMITTLUNG DES PHYTO-SEE-INDEX

Im Phyto-See-Index werden ein oder mehrere Bewertungsparameter in 3-4 biologischen Kenngrößen als Index genutzt, den sogenannten Metrics. Der Phyto-See-Index besteht obligat aus den drei Metrics „Biomasse“, „Algenklassen“ und „Phytoplankton-Taxa-Seen-Index“ (PTSI). Eine Sondergruppe sind stark geogen versauerte Seen, bei deren Bewertung ein Biodiversitätsindex anstelle des PTSI eingesetzt wird und zusätzlich der Metric „Algenklassen“ entfällt. Als optionale Zusatzgröße zur Bewertung der taxonomischen Zusammensetzung steht der Metric „DI-PROF“ in natürlichen Tieflandseen zur Verfügung, der Schalenreste der planktischen Diatomeen in der Sedimentauflage für eine trophische Bewertung nutzt.

Die Metrics wurden für die Belastungsgröße „Eutrophierung“ entlang einer allgemeingültigen, trophischen Einstufung geeicht, um danach eine ökologische Zustandsklasse zu bestimmen, die den Abstand zum Zustand der Referenz berücksichtigt. Dies erfolgt mit angepassten Bewertungsfunktionen direkt für die Bewertungsparameter oder für die Metrics, wobei ein Bewertungswert zwischen 0,5 und 5,5 ausgegeben wird, der graduell auch innerhalb der Zustandsklassen bewertet. Der resultierende Bewertungswert kann einer der 5 ökologischen Zustandsklassen zugeordnet werden (s. Tabelle 3). Als Skala für die Umweltbelastung wurde für die Eichung neben der Gesamtposphorkonzentration (TP) der Ist-Wert des deutschen Trophie-Index nach LAWA (1999), sowie das Gesamtbiovolumen besonders bei Datensätzen mit TP größer 150 µg/L genutzt. Eine Dokumentation der Auswahl und Herleitung der Metrics finden sich in den eingangs gelisteten Forschungsberichten.

Die Metrics sind aus mehreren aus der Erfassung des Phytoplanktons ableitbaren Bewertungsparametern zusammengesetzt. Die Bewertungsparameter basieren auf Messwerten gemäß einem definierten Messverfahren für eine Gewässerprobe, wie zum Beispiel die Chlorophyll a- Konzentration nach DIN oder die nach dem Utermöhl-Verfahren ermittelte Anzahl an Zellen einer Art (umgerechnet in Taxabiovolumen). Je nach Bewertungsparameter wird entweder das Jahresmittel (PTSI), das Saisonmittel für die Periode März bis November und nur vereinzelt als Spätsommermittel für die Periode Juli bis Oktober arithmetisch aus den Monatswerten gebildet. Folgende Bewertungsparameter werden für die Metrics genutzt und werden hier nur zur Übersicht aufgeführt, während sich alle Bewertungsdetails in den nachfolgenden Kapiteln der Schritt-für-Schritt-Anleitung finden:

1) Metric „Biomasse“:

Der Metric „Biomasse“ ist das Mittelweltergebnis aus den Einzelbewertungen folgender drei Parameter:

- a) Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons aus dem Epilimnion oder bei Klarwasserseen der euphotischen Zone des Sees (Saisonmittel)
- b) Chlorophyll a-Konzentration (Saisonmittel)
- c) Chlorophyll a Maximum-Wert, falls dieser um 25% größer als der Saisonmittelwert ist.

2) Metric „Algenklassen“:

Aufsummierte Biovolumina der Cyanobacteria, der Chlorophyceae und /oder der Dinophyceae und der Cryptophyceae oder ihr Prozentanteil am Gesamtbiovolumen (Chrysophyceae, Dinophyceae) werden je nach Seetyp als Saisonmittel oder als Spätsommermittel verrechnet. Die trophische Abweichung von der Referenzsituation wird berücksichtigt, indem der Bewertungsparameter in eine je nach Seetyp angepasste Bewertungszahl mittels einer Bewertungsfunktion transformiert wird. Nach arithmetischer Mittelwertbildung der Bewertungs-



zahlen aller 2-4 anzuwendenden Bewertungsparameter liegt der Algenklassen-Bewertungswert zwischen 0,5 und 5,5.

3) Metric PTSI (Phytoplankton-Taxa-Seen-Index):

Die Bewertung gemäß EU-WRRL mithilfe des PTSI erfolgt auf Basis des PTSI-Jahreswertes, der eine trophische Einstufung von Seen anhand der Artenzusammensetzung vornimmt (oligotroph bis hypertroph). Hierzu wird der PTSI-Jahreswert mit dem trophischen Referenzwert des entsprechenden Seetyps verglichen und die Differenz berechnet. Eine Abweichung um mehr als 0,5 Index-Einheiten führt zu einer Herabstufung um eine ökologische Zustandsklasse, um mehr als eine Index-Einheit zu einer Herabstufung um 2 Zustandsklassen, usw. (Tabelle 3). In Anlehnung an die so definierten Zustandsklassen, wird durch eine PTSI-Bewertungsfunktion ein PTSI-Bewertungswert zwischen 0,5 und 5,5 berechnet.

Für den Metric PTSI wurden sechs verschiedene Indikatorlisten definiert (s. Kap.3.3), die jede mehr als 150 trophisch eingestufte Indikatortaxa enthalten. Für jedes Indikatortaxon sind ein Trophieankerwert (TAW) und ein Gewichtungsfaktor (GW) angegeben, welcher die Stenökie als Maß für die „Treue“ des Taxons im Trophieschwerpunkt beschreibt. Alle in einer Wasserprobe gemessenen Biovolumina von Indikatortaxa werden zuvor einer Abundanzklasse zugeordnet, bevor sie zur Indexermittlung mit dem Taxon entsprechenden TAW und GW verrechnet werden. Der PTSI wird zunächst für jede Probe einzeln berechnet. Den PTSI-Jahreswert erhält man durch arithmetische Mittelwertbildung.

4) Optionale Zusatzgröße: DI-PROF (Diatomeen-Profundal-Index nach Schönfelder 2006):

Für natürliche Seen im norddeutschen Tiefland (Seetypen 10 – 14) können die drei Metrics des PSI um den Metric „DI-PROF“ ergänzt werden, insbesondere dann, wenn für den PTSI zu wenige Indikatorarten nachgewiesen wurden.

Es werden die Dominanzwerte aus den Schalenpräparaten von planktischen Diatomeen-Indikatortaxa ermittelt, die aus dem Profundal entnommen wurden. Diese Werte werden danach mit taxonspezifischen Trophie-, Index- und Gewichtungswerten verrechnet. Bewertet wird in 2 Schritten: 1. Eine trophische Klassifizierung auf Basis aller nachgewiesenen DI-PROF- Indikatortaxa, die in einer Profundalprobe eines Seesediments gefunden wurden 2. Ein Vergleich der trophischen Klassifizierung mit dem Seetyp-spezifischen Referenzwert der Trophie (Schönfelder 2006). Die Abweichung von der Referenzsituation wird numerisch in einer DI-PROF-Bewertungszahl (auch DI-PROF-Note) zwischen 0,5 und 5,5 wider gegeben.

5) Biodiversitätsindex nach Leßmann & Nixdorf (2009):

Bei einer stofflichen Belastung durch Versauerung des geogenen Untergrundes, wie bei den extrem sauren Tageauseen, wird ein Biodiversitäts-Index anstelle der Artenliste eingesetzt: Es werden der Shannon-Index und als Zusatzgröße der Evenness-Index aus der Anzahl an Taxa und deren Dominanzverteilung errechnet.

Eine relativ hohe Biodiversität wird für ein gutes ökologisches Potenzial angenommen, welche bei zunehmender Versauerung und Eutrophierung sinkt. Die Bewertung erfolgt durch Vergleich des ermittelten Shannon-Index mit vorab definierten Klassengrenzen und gibt die ökologische Zustandsklasse als ganze Zahl aus (keine graduelle Abstufung innerhalb der Zustandsklasse).

2.1.3 EINHEITEN DES PHYTO-SEE-INDEX UND UMRECHNUNG IN DEN EQR








Die Ergebnisse aller Metrics mit Ausnahme des Biodiversitäts-Index und die des Gesamtindex PSI liegen im Wertebereich von 0,5 bis 5,5, wobei der Wert 0,5 den bestmöglichen und der Wert 5,5 den schlechtesten Zustand anzeigt. Die Werte liegen im Bereich der ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5 und können gemäß WRRL als „ökologische Qualität“ (EQ = ecological quality) verstanden werden.

Da die Klassenweite in allen 5 Zustandsklassen gleich breit (äquidistant) ist, können die Phyto-See-Index- Werte (PSI) durch folgende Formel in einen normierten EQR (ecological quality ratio) umgewandelt werden:

$$\text{EQR} = -0,2 \times \text{PSI} + 1,1$$

In Tabelle 3 sind die Bereiche der Index-Werte des deutschen Phyto-See-Index aufgelistet, die den fünf Zustandsklassen nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000) und den normierten ökologischen Qualitätsverhältnissen (EQR) gleichzusetzen sind.

Tabelle 3 Indexwerte (PSI) und Zustandsklassen zur Herleitung der ökologischen Qualitätsverhältnisse (EQR).

PSI (EQ)	Zustandsklasse	normierter EQR	Kennfarben
0,5–1,5	1 = sehr gut (H = high)	0,81–1,0	
1,51–2,5	2 = gut (G = good)	0,61–0,8	
2,51–3,5	3 = mäßig (M = moderate)	0,41–0,6	
3,51–4,5	4 = unbefriedigend (P = poor)	0,21–0,4	
4,51–5,5	5 = schlecht (B = bad)	0,0–0,2	

Die Verrechnung der Metrics zum Phyto-See-Index erfolgt über Gewichtungsfaktoren (s. Kap. Xxx).

Für natürliche Seen wird mit dem Phyto-See-Index der ökologische Zustand bestimmt, und für HMWB und AWB Seen wird gemäß der WRRL der Abstand zum guten ökologischen Potenzial bestimmt (s. Kap. 2.2.6).

2.2 VORGABEN FÜR PROBENAHME, ANALYSE BEI DER DATENERHEBUNG UND BESTIMMUNG DES SEETYPIS

Die deutsche Bewertungsmethode für die Bewertung von Seen mittels Phytoplankton fordert und beschreibt detailliert Methodenvorgaben (Nixdorf et al. 2008, 2010) für die Datenerhebung bei der

- 1) Probenahme
- 2) Probenkonservierung und -lagerung
- 3) mikroskopischen Analyse (nach Utermöhl 1958; CEN 2006) und Zählstrategie. Es wird eine Bestimmungstiefe und eine Kodierung der biologischen Befunde nach der harmonisierten Taxaliste des Phytoplanktons vorgegeben.

Die Methodenvorgaben sind bei der Datenerhebung genau zu beachten.

2.2.1 DATENANFORDERUNG UND AUFBEREITUNG

In diesem Kapitel sind die einzuhaltenden Anforderungen an die Daten und ihre Aufbereitung (Mittelwertbildung, Verrechnung zu einem Bewertungswert etc.) zusammengefasst. Für Details zur Probenahme und für die Einzelheiten bei der mikroskopischen Analyse muss die Vorschrift in Nixdorf et al. (2010) beachtet werden.



2.2.2 ERFORDERLICHE PHOTOMETRISCHE ANALYSEERGEBNISSE ZUR CHLOROPHYLL A-BESTIMMUNG

Es werden je Untersuchungsjahr 6 Proben zur Messung der Chlorophyll a-Konzentration (nach DIN), zeitgleich aus derselben Mischprobe wie die Phytoplanktonproben (s. Kap. 2.2.3) entnommen. Die Mischprobe stammt entweder aus dem Epilimnion oder bei Klarwasserseen aus der euphotischen Zone des Sees. Es müssen mindestens 4 Proben aus der Periode Mai bis September stammen.

2.2.3 ANFORDERUNGEN AN DIE MIKROSKOPISCHEN ANALYSEERGEBNISSE

Als Ausgangsbasis werden mindestens 6 Lugol-fixierten Proben je Untersuchungsjahr aus dem Epilimnion oder bei Klarwasserseen aus der euphotischen Zone eines Sees benötigt. Die mikroskopische Analyse der Lugol-fixierten Proben folgt der Utermöhl-Methode mit der Auszählung von mindestens zwei Transektstreifen des Bodens einer Sedimentationskammer mit einem Durchmesser von 25–25,5 mm bei starker Vergrößerung und einer Auszählung mindestens einer halben Kammer mit einer schwachen Vergrößerung, um eine ausreichende Stichprobe zu erfassen. Sie sollte von mindestens 10 dominanten Taxa je Probe quantitative Zählwerte mit vorgegebener Objektzahl ergeben, die gemeinsam mit den Zählwerten der nicht-dominanten Taxa in Biovolumenwerte umgerechnet werden müssen.

Für die Bestimmung von weiteren, wichtigen Indikatortaxa wird die zusätzliche Präparation von Diatomeenschalen aus den 6 pelagischen Proben empfohlen. Werden diese nicht durchgeführt, steigt das Risiko, zu wenige Indikatortaxa für den Metric PTSI zu ermitteln und damit einen ungültigen Phyto-See-Index zu erhalten. Besonders in den oligotrophen und schwach mesotrophen Seen wird das Phytoplankton häufig von zentrischen Diatomeen (Bacillariophyceae) dominiert, die aber mit der Utermöhl-Methode nicht sicher auf Artniveau bestimmt werden können. Während sich für Seen der Alpen und des Alpenvorlandes zumeist die Präparation von Diatomeenschalen aus den pelagischen und nicht Lugol-fixierten Zusatz-Proben etabliert hat, wird für Tieflandseen häufig zusätzlich einmalig eine Profundalprobe entnommen, aus der ebenfalls eine Präparation von Diatomeenschalen erfolgt, um den Metric DiProf nach Schönfelder (2006) zu bestimmen.

Alle biologischen Befunde müssen nach der harmonisierten Taxaliste des Phytoplanktons kodiert sein (Mischke & Kusber 2009 modifiziert durch Erweiterung um wenige Arten, s. Anhang I). Alternativ ermöglicht das Auswertungsprogramm PhytoSee auch die automatisierte Übersetzung von Taxa, die mit den DV-Nummern der Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (nach Mauch et al. 2003 aktualisiert nach Internet-Version Sept 2011) kodiert sind.

Die quantitativen Befundelisten sollten mindestens das Biovolumen des Taxons enthalten. Die für das Bewertungsverfahren erforderliche Bestimmungstiefe wird in der harmonisierten Taxaliste gesondert ausgewiesen.

2.2.4 ERFORDERLICHE ERHEBUNGSDATEN FÜR DIE INDEX-BERECHNUNG

Die Metrics des Phyto-See-Index benötigen teils Parameterwerte, die direkt aus den Erhebungsdaten stammen und teils aus ihnen berechnet werden.

Sofern die Erhebungsdaten entsprechend einer Formatvorlage gelistet und digital vorliegen, können alle weiteren Berechnungen durch das Access-basierte Auswertungsprogramm PhytoSee automatisiert ausgeführt und das Ergebnis in eine Export-Tabelle exportiert werden. Für den Datenimport in das Auswertungsprogramm PhytoSee müssen die Erhebungsdaten in einem bestimmten Format in drei Tabellen angeordnet werden. Die Details sind in einer Formatvorlage beschrieben, die gemeinsam mit dem Auswertungsprogramm PhytoSee verfügbar sind.



Die erforderliche Anordnung und Formatierung der Erhebungsdaten, Beschreibung der Pflichtfelder sowie die Anleitung zur Verwendung des PhytoSee-Tools findet sich in Kapitel 4.

Pflichtfelder sind eine Messstellen-Identifikationscode, der Messstellename und die Zuordnung zu einem Seetyp für die Phytoplankton-Bewertung. Die Taxa-Befunde benötigen eine Probennummer, den Taxa-Identifikationscode, das Taxabiovolumen und die dazu verknüpfte Probenliste muss neben der Probennummer das Datum der Beprobung und die Chlorophyll a –Konzentration je Messstellen-Identifikationscode enthalten. Fakultativ können weitere Einträge in die nicht pflichtmäßig erforderlichen Felder der Formatvorlage eingegeben werden, die die Interpretation der Bewertung mittels des Phyto-See-Index erleichtern. Dazu gehören die Gesamtposphorkonzentrationen und die Secchi-Sichttiefe. Seen mit speziellen Bedingungen oder Sondertypen sollten im Feld „Gewässerart_Sondertyp“ informativ gekennzeichnet werden (s. Kap. 2.2.5.1).

Im Falle mehrerer zu einem See oder Wasserkörper zusammengehörenden Messstellen, die mit einem vom Messstellename abweichenden See-Identifikationscode und Seenamen gekennzeichnet wurden, wird nach der erfolgten Bewertung der Messstellen pro Jahr ein Mittelwert aus den Phyto-See-Indices gebildet. Eine Zuordnung mehrerer Messstellen zu einem gemeinsamen Wasserkörper sollte nur dann erfolgen, wenn alle Messstellen dem gleichen Seetyp angehören. Andernfalls sollte der See in zwei Wasserkörper unterteilt werden, z.B. bei zwei Becken eines Sees, wovon einer thermisch sommerlich geschichtet, und der andere polymiktisch ist. Die Ausweisung der Wasserkörper obliegt den zuständigen Fachbehörden in den Bundesländern.

Das Ergebnis des fakultativen Indexwertes DI-PROF (Schönfelder 2006) für natürliche Tieflandseen kann in einer weiteren Tabelle eingetragen und in den Phyto-See-Index einberechnet werden. Die Einbindung des DI-PROF-Index-Wertes empfiehlt sich, wenn zu wenige Indikatortaxa für den PTSI in natürlichen Tieflandseen ermittelt wurden und synchron eine DI-PROF-Untersuchung vorliegt. Zur Berechnung eines DI-PROF-Ergebnisses steht neben einer Excel-Vorlage (Ilka Schönfelder unveröffentlicht) ein einfaches Auswertungsprogramm in Access zur Verfügung (DI-PROF_Berech_kl.mdb). Die Dominanzwerte der Taxa müssen dazu mit den DV-Nummern der Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands kodiert sein (DV-Codierung nach Mauch et al. 2003; Version März 07 Internet).

2.2.5 BESTIMMUNG DES GEWÄSSERTYPS

Voraussetzungen für die Anwendung des Bewertungsverfahrens mittels Phytoplankton sind:

- Der See ist größer als 50 ha (WRRL relevante Seen), wobei gilt, dass Kleinseen 5 – 50ha nach den bisherigen Erfahrungen teilweise mit dem Phyto-See-Index plausibel bewertet werden können, aber eine Kennzeichnung als „Kleiner See (< 50ha)“ verpflichtend ist
- Der See kein Marschengewässer ist oder aus anderen Gründen hohe Salzgehalte aufweist
- die korrekte Zuordnung zu einem der definierten Seetypen.

Die WRRL verlangt eine Typisierung der Seen in Gewässertypen nach geographischen (Ökoregion), physikalischen (mittlere Seetiefe, Seevolumen) und chemischen (Alkalinität, Wasserfärbung) Kriterien, die durch zusätzliche nationale Kriterien in Deutschland erweitert wurden.

Die Typisierung für das vorliegende Verfahren lehnt sich grundsätzlich an die Typisierung der deutschen Seen nach LAWA (Mathes et al. 2002) an. Davon abweichend werden jedoch einige Seetypen zusammengefasst oder zusätzliche Subtypen unterschieden, die in den Steckbriefen für Seen (Riedmüller et al. 2013d) beschrieben sind.



Zum Beispiel werden die Seetypen für Mittelgebirgsseen 5, 7, 8 und 9 gemäß Mathes et al. (2002) nach dem Volumenquotienten (VQ) differenziert, während sie für die Bewertung mittels Phytoplankton nach dem Volumen-Tiefen-Quotient (VTQ³) differenziert werden (Riedmüller & Hoehn 2011).

Tabelle 4 Phytoplankton-Seetypen in Deutschland sowie deren Zugehörigkeit zu den Seetypen nach Mathes et al. (2002). Grün = zur Typeinstufung führende Kriterien, rot = Hilfskriterien

Phyto-plankton-Subtyp	Seetyp MATHES	Öko-region	Calcium Gehalt	Schicht- ung	VQ- Grenzen (m²/m³→ m ⁻¹)	VTQ- Grenzen (m ⁻²)	mittlere Tiefe	τ	
1	1	AVA	Ca-reich	poly	alle VQ		≤ 3 m		
2+3	2,3	VA		gesch				3-15 m	
4	4	A						> 15 m	
5	5/7*	MG	Ca-reich	gesch	> 1,5	> 0,18	< 8 m		
7	5/7*				< 1,5	≤ 0,18	> 8 m		
8	8/9*		Ca-arm	gesch	> 1,5	> 0,18	< 8 m		
9	8/9*				< 1,5	≤ 0,18	> 8 m		
6.1	6		Ca-reich oder Ca-arm	poly	< 10	≤ 2	> 5 m	0,5-1 a	
6.2					10 – 20	2 – 6	2 – 5 m	0,1 – 0,5 a	
6.3					> 20	> 6	< 2 m	3-30 d	
10.1	10	TL**	Ca-reich	gesch	1,5-15			1-10 a	
10.2					> 15			0,1-1 a	
13	13			poly	≤ 1,5			10-100 a	
11.1	11		> 1,5				> 30 d		
11.2			> 1,5			≤ 3 m	> 30 d		
12	12		> 1,5				3-30 d		
14	14		≤ 1,5				< 10 a		

poly = polymiktisch, gesch = geschichtet, VQ (Volumenquotient) = Einzugsgebiet / Seevolumen, VTQ (Volumen-Tiefen-Quotient) = VQ/mittlere Tiefe, a = Jahr; τ = mittlere theoretische Wasserverweilzeit in Tagen (d)

Tabelle 5 Namen für die Phytoplankton-Seetypen einschließlich der Sub-Typen

Sub-Typ PP	Namen der Phytoplankton-Subtypen für Seen gemäß der Seensteckbriefe (Riedmüller et al. 2013d)
1	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenvorlandseen, calciumreich, polymiktisch
2+3	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenvorlandseen, calciumreich, geschichtet
4	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenseen, calciumreich, geschichtet
5	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet, geschichtet
7	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet, geschichtet
6.1	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, relativ kleines Einzugsgebiet, polymiktisch
6.2	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, mäßig großes Einzugsgebiet, polymiktisch
6.3	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, relativ großes Einzugsgebiet, polymiktisch
8	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumarm, relativ großes

³VTQ (1/m²) = EZG (m²)/(Seevolumen (m³) x mittlere Tiefe (m))



	Einzugsgebiet, geschichtet
9	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumarm, relativ kleines Einzugsgebiet, geschichtet
10.1	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet, geschichtet
10.2	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, sehr großes Einzugsgebiet, geschichtet
13	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet, geschichtet
11.1	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet, polymiktisch, Verweilzeit > 30 d, mittlere Tiefe > 3 m
11.2	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet, polymiktisch, Verweilzeit > 30 d, mittlere Tiefe ≤ 3 m
12	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet, polymiktisch, Verweilzeit 3-30 d
14	Natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet, polymiktisch

Die Namen für die See-Subtypen Phytoplankton (Tabelle 5) werden im Bewertungstool PhytoSee ab Version 5.1 übernommen, und sind gegenüber der Version PhytoSee 5.0 leicht modifiziert.

Für die Zuordnung zu einem Seetyp sind die in der Tabelle 5 aufgeführten morphometrischen und hydrologischen Parameter eines Sees erforderlich, für die Seennamen vergeben wurden (Tabelle 5). Eine wichtige Rolle für die Seetypzuordnung spielen die Ökoregion in der ein See liegt, ob er im Sommer thermisch geschichtet oder überwiegend polymiktisch ist, die Seetiefe, ob er calciumreich ist, die relative Größe des Einzugsgebietes im Verhältnis zum Seevolumen bzw. der mittleren Tiefe (VQ und VTQ) und aus dem Oberflächenabfluss und dem Seevolumen berechnete theoretische Wasserverweilzeit.

Bei der Typisierung von polymiktischen Tieflandseen ist zusätzlich 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 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 m aufweisen, wird zur Unterscheidung der Typen 11.1 und 14 das VQ-Kriterium \leq oder $> 1,5$ herangezogen.

Ein Seetyp kann eine große Anzahl von deutschen Seen umfassen (s. Seen-Steckbriefe Riedmüller et al. 2013d), deren individuellen Referenzbedingungen durch den vereinfachten und singulären trophischen Referenzbereich dieses Verfahrens nicht abgedeckt werden kann.

Besonders im Norddeutschen Tiefland sind nur noch wenige Referenzgewässer erhalten, sodass durch paläolimnologischen Untersuchungen der Seesedimente versucht wird, den trophischen Referenzzustand einzelner Seen zu rekonstruieren. Dies erfolgt zum Beispiel mittels der Zusammensetzung von Diatomeenarten, deren Kieselschalen im Sediment erhalten geblieben sind, als Bohrkern entnommen werden, und die durch TP-Diatomeen-Transferfunktionen Rückschlüsse auf die Nährstoffsituation in der Vergangenheit zulassen (z.B. Hübener 2006, 2009; Hofmann & Schaumburg 2005a,b,c; Voigt 1996). Paläolimnologischen Erkenntnissen haben für polymiktische Seen die hier vorgestellten Annahmen teilweise bestätigt (siehe Kapitel 4.1.5 in Mischke et al. 2010; Bericht zu LAWA O 9.08), teils sind die rekonstruierten TP-Konzentrationen höher als im aktuellen Papier zu Hintergrund- und Orientierungswerten von TP angenommen (Riedmüller et al. 2013c).

Die Vorstellungen über die Referenzzustände in den Seetypen (Tabelle 2 Referenzzustände) können sich im Zusammenhang mit neu erhobenen Seendaten und paläolimnologischen Erkenntnissen, Veränderungen in der



Seentypologie sowie abweichenden Vorstellungen und Erkenntnissen in den europäischen Nachbarstaaten ändern und müssten dann ggf. angepasst werden.

2.2.5.1 SPEZIELLE BEDINGUNGEN UND SONDERTYPEN

Bei aktuellen Phytoplanktonuntersuchungen können spezielle Bedingungen in einem See eine ausgeprägte Individualität des Nährstoffhaushalts und der Trophiedynamik verursachen, oder eine eindeutige Zuordnung zu einem Seetyp erschweren.

Einige Beispiele sind in Riedmüller et al. (2013c) für die Gültigkeit der seetyp-spezifischen Hintergrund- und Orientierungswerte für Gesamtphosphor erläutert. Hier werden diese ohne Erklärung der zugrunde liegenden Prozesse, aber mit Wirkungsrichtung für den Phyto-See-Index im Vergleich zur Gesamtphosphorkonzentration (TP) im Folgenden gelistet:

	Spezielle Bedingung oder Sondertyp	Wirkung auf Phyto-See-Index (PSI)⁴
A	Durch Makrophyten dominierte Seen ⁵	PSI fällt besser aus als TP erwarten lässt.
B	Seen mit nährstoffbelasteten Sediment aufgrund einer Eutrophierung in der Vergangenheit	PSI fällt schlechter aus als TP erwarten lässt
C	Seen, die aufgrund ihrer Lage in Seenketten eine höhere Retentionsleistung vollbringen	PSI fällt besser aus als TP erwarten lässt
D	Seen, deren Schichtungsverhalten labil ist	PSI fällt je nach Seetyp-Zuordnung anders aus
E	Seen, deren Verweilzeit und Zuflussmenge sich im Verlauf eines Jahres stark verändern	PSI fällt je nach Seetyp-Zuordnung anders aus
F	Seen mit stark gegliedertem Wasserkörper	PSI stark unterschiedlich an den Messstellen, Aufteilung in mehrere Wasserkörper prüfen
G	Stark durch Huminstoffe geprägte Seen oder/und mit degradierten Mooren im Einzugsgebiet	PSI fällt besser aus als TP erwarten lässt. Gewässerart als „dystropher See“ kennzeichnen
H	Marschengewässer	PSI für taxonomische Zusammensetzung nicht angepasst. Als Sondertyp kennzeichnen
I	Kürzlich sanierte Seen, die noch von schlecht fressbaren Algen, wie Blaualgen geprägt sind.	PSI fällt schlechter aus als TP erwarten lässt
J	Seen mit hohem Weißfischanteil und dezimierter Zooplanktonbesiedlung	PSI fällt schlechter aus als TP erwarten lässt

Liegen für einen See eine oder mehrere dieser speziellen Bedingungen vor (A - J), sollte die Bewertung mit dem Phyto-See-Index besonders im Zusammenhang mit den vorherrschenden Nährstoffkonzentrationen im limnologischen Kontext diskutiert werden, und der See als Sondertyp im Feld „Gewässerart_Sondertyp“ gekennzeichnet werden. Der Umgang mit erheblich veränderten Gewässern (HMWB) und künstlichen Seen (AWB) ist im nächsten Kapitel erläutert.

Zu G: Im Tiefland kommen in Deutschland nur 6 stark huminstoff- geprägte natürliche Seen größer 50ha vor, sodass dieser Seetyp nicht definiert wurde. Gilt die Bedingung, sollte der See als „dystropher See“ und ggf. zusätzlich als „Niedermoorsee“ und/oder „Kleiner See (< 50ha)“ gekennzeichnet werden. In den calciumarmen,

⁴) bei Bewertung nach ähnlichstem definierten Seesubtyp Phytoplankton

⁵) Makrophyten-Dominanz ist ein Bestandteil der Definition des Referenzzustandes in vielen Seetypen



geschichteten Mittelgebirgsseen der Seetypen 8 und 9 sind 1 natürlicher huminstoff-geprägter See (Titisee) und mehr als 20 huminstoff-geprägte Talsperren identifiziert und sollten als „Braunwassersee“ im Feld „Gewässerart_Sondertyp“ zur Plausibilisierung des Phyto-See-Index gekennzeichnet werden.

Zu H, I: Zur Identifizierung eines stark veränderten Grazing-Effektes von Zooplankton auf das Phytoplankton wurde das Modul PhytoLoss entwickelt (s. Deneke et al. 2013).

2.2.6 ALLGEMEINE STRATEGIE ZUR BEWERTUNG VON STARK VERÄNDERTEN UND KÜNSTLICHEN SEEN (HMWB & AWB)

Zusätzlich zum Seetyp muss für eine Bewertung von Seen bekannt sein, ob es sich um ein natürliches oder um ein erheblich verändertes Gewässer (HMWB) handelt z.B. nach Ausbaggerung oder Aufstau oder sogar um einen künstlichen See (AWB). Die Zuordnung eines Untersuchungssees zu einem Seetyp und die Ausweisung als HMWB oder AWB erfolgt durch die zuständigen Fachbehörden der Bundesländer. In der Tieflandregion werden die als HMWB und AWB ausgewiesenen Seen im PTSI mit einer separaten Indikatorliste bewertet und bekommen zur Kennzeichnung das Suffix "k" nachgestellt, z.B. 13k für einen Baggersee mit relativ kleinem Einzugsgebiet. Die Bewertung des ökologischen Potenzials von künstlichen und erheblich veränderten Seen wurde in einem gesonderten Papier der Länderarbeitsgemeinschaft erarbeitet (LAWA-Expertenkreis Seen, 2013).

Demnach sollen HMWB und AWB bei zu hohem Nährstoffeintrag (Eutrophierung) analog zu den natürlichen Seen mittels der Biokomponente Phytoplankton bewertet werden, wobei eine angepasste Indikatorliste für den PTSI bei den Tieflandseen genutzt wird, die das Suffix "k" (z.B. 13k) als Seetyp-Kennzeichnung haben.

Bei einer stofflichen Belastung durch Versauerung des geogenen Untergrundes ist die Anwendbarkeit der verfahrensspezifischen Indikatorartenlisten für Phytoplankton eingeschränkt, so dass hier ein Biodiversitätsindex anstelle des Metrics „PTSI“ und „Algenklassen“ eingesetzt wird (nach Leßmann & Nixdorf 2009). Hinsichtlich des Metrics „Biomasse“ entspricht das Verfahren dem für neutrale Seen, allerdings wird nur der Parameter „Gesamtbiovolumen“ genutzt, was eine Bewertung der stofflichen Belastung (insb. Nährstoffe) bei geogen versauertem Untergrund ermöglicht. Das Suffix "s" (z.B. 13s) wird zur Seetyp-Kennzeichnung genutzt.

Starke Wasserstandsschwankungen können zu einer veränderten trophischen Situation (oder Trophieausprägung) führen, und sind deshalb als nutzungsbedingte Beeinträchtigung als „physikalische Veränderung“ bei der Bewertung zu berücksichtigen. Dies gilt auch für einen Wechsel des Schichtungsverhaltens von Talsperren, der durch einen starken hypolimnischen Wasserabfluss bedingt ist. Die Beachtung der nutzungsbedingten Beeinträchtigung erfolgt über eine mildere Bewertung. Die Erfahrungen zeigen, dass hierbei kein Standardverfahren angewendet werden kann, sondern die Potenziale des Sees laut LAWA-Expertenkreis Seen (2013) individuell festzulegen sind. Parameter für die Bewertung stark veränderter und künstlicher Seen sind in der vorliegenden Verfahrensanleitung durch den Zusatz „HMWB & AWB“ gekennzeichnet.



3 SCHRITT-FÜR-SCHRITT-BERECHNUNG DES DEUTSCHEN PHYTO-SEE-INDEX

Ausgehend von den mikroskopischen (quantitativen Befundelisten) und den photometrischen Analyseergebnissen (Chlorophyll a-Konzentration nach DIN) aus 6 Einzelproben wird der Phyto-See-Index des Untersuchungs-gewässers anhand der 3 Metrics ‚Biomasse‘, ‚Algenklassen‘ und ‚PTSI‘ errechnet. Fakultativ kann zusätzlich der Metric DI-PROF anhand der Dominanzwerte von Kieselalgenschalen planktischer Diatomeen-Taxa in einer Profundalprobe berechnet werden.

Die Bewertung muss immer unter Beachtung des vorliegenden Seetyps erfolgen (s. Kap. 2.2.5). Die Zuordnung zu einem Seetyp erfolgt nach Angaben der zuständigen Fachbehörde des zugehörigen Bundeslandes oder nach den Kriterien in Tabelle 4.

Alle nachfolgenden Berechnungsschritte sowie alle Indices werden im Auswertungstool PhytoSee Version 5.0 und den folgenden Versionen automatisch berechnet, sofern die erforderlichen Untersuchungsdaten entsprechend der Formatvorlage in Tabellen zum Import in PhytoSee aufbereitet wurden (s. Kapitel 2.2).

Die nachfolgende Schritt-für-Schritt-Berechnung des Phyto-See-Index dient der Dokumentation der Verfahrenserweiterung und der Modifikationen, die seit der letzten Dokumentation durchgeführt wurden (Mischke et al. 2008).

3.1 METRIC „BIOMASSE“

Für den Metric „Biomasse“ werden aus den folgenden Parametern Einzelindices berechnet:

- „Gesamtbiovolumen“ Saisonmittel (Y1),
- „Chlorophyll a Saisonmittel“ (Y2) und
- „Chlorophyll a Maximum-Wert“ der Saison (Y3)

Die Einzelindices werden arithmetisch gemittelt (Mittelwert aus Y1, Y2, Y3, s. unten).

3.1.1 GESAMTBIOVOLUMEN DES PHYTOPLANKTONS IN SEEN

Um den Saisonmittelwert für den Parameter zu erhalten, müssen die Ausgangsdaten schrittweise in folgender Reihenfolge aufsummiert und gemittelt werden:

- a) Summe Taxonbiovolumina pro Probe: Alle Taxonbiovolumina werden für jeden Beprobungstermin und Messort unter Ausschluss von heterotrophen Organismen aufsummiert. Alle heterotrophen Taxa sind in der harmonisierten Taxaliste (kurz HTL) gekennzeichnet und können herausgefiltert werden.
- b) Saison-Mittelwert aus den Werten der Beprobungsterminen Periode März–November

Dieser Saison-Mittelwert des Gesamtbiovolumens (x) wird durch eine Seetyp-spezifische Formel (s. Berechnungsfunktion in Tabelle 6) in den Bewertungswert des Parameters (Y1) umgerechnet. Zusätzlich werden in Tabelle 6 informativ die Klassengrenzen der Zustandsklassen angegeben.



Tabelle 6 Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Gesamtbiovolumen und seine seetypspezifischen Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1 angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 6a – 6e)

Seetyp	1 und 2+3	4
Stand: 13.06.2007	Alpenvorlandsee	Alpensee
Tabelle 6a	Natürliche und HMWB & AWB-Seen	
Parameter	Gesamtbiovolumen (mm ³ /l)	
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,5499 \cdot \ln(x) + 1,508$	$Y1 = 1,5499 \cdot \ln(x) + 2,508$
H / G	0,99	0,52
G / M	1,9	1
M / P	3,62	1,9
P / B	6,89	3,6

Seetyp	5 und 8	7, 7s und 9
Stand: 23.11.2011	Geschichtete Mittelgebirgsseen	Geschichtete Mittelgebirgsseen
Tabelle 6b	Natürliche und HMWB & AWB-Seen	
Parameter	Gesamtbiovolumen (mm ³ /l)	
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,6841 \cdot \ln(x) + 1,4139$	$Y1 = 1,6793 \cdot \ln(x) + 1,9635$
H / G	1,1	0,8
G / M	1,9	1,4
M / P	3,5	2,5
P / B	6,2	4,5

Seetyp	6.1	6.2	6.3
Stand: 23.11.2011	polymiktische Mittelgebirgsseen		
Tabelle 6c	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Gesamtbiovolumen (mm ³ /l)		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,9958 \cdot \ln(x) + 0,1454$	$Y1 = 1,9958 \cdot \ln(x) - 0,3546$	$Y1 = 1,9958 \cdot \ln(x) - 0,8546$
H / G	1,9	2,5	3,3
G / M	3,4	4,2	5,4
M / P	5,5	6,9	8,9
P / B	8,6	11,4	14,6



Fortsetzung Tabelle 6: Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Gesamtbiovolumen und seetyp-spezifische Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1, angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 6d – 6e)

Seetyp	11.1 und 11.1k	11.2 und 11.2k	14, 14k, 10.2 und 10.2k
Stand: 07.01.2013	polymiktische Tieflandseen und geschichtete TL-Seen mit großem VQ		
Tabelle 6d	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Gesamtbiovolumen (mm³/l)		
Bewertungs-funktion	Y1 = 1,7906*Ln(x) - 0,2384	Y1 = 1,7906*Ln(x) - 0,738	Y1 = 1,7906*Ln(x) + 0,2616
H / G	2,64	3,49	2,00
G / M	4,61	6,10	3,49
M / P	8,07	10,67	6,10
P / B	14,1	18,64	10,67

Seetyp	12 und 12k	10.1, 10.1k und 10.1s	13, 13k und 13s
Stand: 07.01.2013	Flusseen im Tiefland	geschichtete Tieflandseen	
Tabelle 6e	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Gesamtbiovolumen (mm³/l)		
Bewertungs-funktion	Y1 = 1,7906*Ln(x) – 1,2384	Y1 = 1,7906*Ln(x) + 0,7616	Y1 = 1,7906*Ln(x) + 1,2616
H / G	4,61	1,51	1,14
G / M	8,07	2,64	2,00
M / P	14,10	4,61	3,49
P / B	24,65	8,07	6,10

Bewertungswerte kleiner als 0,5 werden gleich Wert 0,5 und Bewertungswerte größer als 5,5 werden gleich dem Wert 5,5 gesetzt. Das Suffix „k“ (z.B. 13k) wird zur Seetyp-Kennzeichnung von künstlichen und erheblich veränderten Seen genutzt und das Suffix "s" (z.B. 13s) für die Kennzeichnung von sauren Bergbauseen

3.1.2 METRIC „CHLOROPHYLL A SAISONMITTEL“

Um den Saisonmittelwert für diesen Parameter zu erhalten, müssen die Ausgangsdaten schrittweise in folgender Reihenfolge gemittelt werden:

- Mittelwert aus mehreren Beprobungen, wenn sie zum gleichen Termin gehören (Tagessmittelwert).
- Saison-Mittelwert aus dem Tagessmittelwerten von der Periode März–November

Dieses Saisonmittel des Chlorophyll a (x) wird durch eine Seetyp-spezifische Formel (s. Berechnungsfunktion in Tabelle 7) in den Bewertungswert des Parameters (Y2) umgerechnet. Die Zuordnung zu einem Seetyp erfolgt nach Angaben der zuständigen Fachbehörde oder nach den Kriterien in Tabelle 4. Zusätzlich werden in Tabelle 7 informativ die Klassengrenzen der Zustandsklassen angegeben.



Tabelle 7 Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Chlorophyll a Saisonmittel und seine seetyp-spezifischen Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1 angeordnet in Seen-gruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 7a – 7e)

Seetyp	1 und 2+3	4
Stand: 13.06.2007	Alpenvorlandsee	Alpensee
Tabelle 7a	Natürliche und HMWB & AWB-Seen	
Parameter	Chlorophyll a Saisonmittel [$\mu\text{g/l}$]	
Bewertungs-funktion	$Y2 = 1,6063 * \text{Ln}(x) - 0,5962$	$Y2 = 1,6063 * \text{Ln}(x) + 0,4038$
H / G	3,7	2,0
G / M	6,9	3,7
M / P	12,8	6,9
P / B	23,9	12,8

Seetyp	5 und 8	7 und 9
Stand: 23.11.2011	Geschichtete Mittelgebirgsseen	Geschichtete Mittelgebirgsseen
Tabelle 7b	Natürliche und HMWB & AWB-Seen	
Parameter	Chlorophyll a Saisonmittel [$\mu\text{g/l}$]	
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,7129 * \text{Ln}(x) - 0,8799$	$Y1 = 1,7271 * \text{Ln}(x) - 0,4071$
H / G	4,0	3,0
G / M	7,2	5,4
M / P	13,0	9,7
P / B	23,0	17,0

Seetyp	6.1	6.2	6.3
Stand: 23.11.2011	polymiktische Mittelgebirgsseen		
Tabelle 7c	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Chlorophyll a Saisonmittel [$\mu\text{g/l}$]		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,7987 * \text{Ln}(x) - 1,8358$	$Y1 = 1,7987 * \text{Ln}(x) - 2,3358$	$Y1 = 1,7987 * \text{Ln}(x) - 2,8358$
H / G	6,3	8,4	11,1
G / M	11,5	14,7	19,4
M / P	19,0	26,0	34,0
P / B	34,0	45,0	59,0



Fortsetzung Tabelle 7: Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Chlorophyll a Saisonmittel und seetyp-spezifische Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1, angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophy gruppiert (Tabelle 7d – 7e)

Seetyp	11.1 und 11.1k	11.2 und 11.2k	14, 14k, 10.2 und 10.2k
Stand: 30.07.2012	polymiktische Tieflandseen und geschichtete TL-Seen mit großem VQ		
Tabelle 7d	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Chlorophyll a Saisonmittel [$\mu\text{g/l}$]		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 2,3776$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 2,8776$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 1,8776$
H / G	9,6	12,9	7,2
G / M	17,3	23,2	12,9
M / P	31,0	41,5	23,2
P / B	55,6	74,5	41,5

Seetyp	12 und 12k	10.1 und 10.1k	13 und 13k
Stand: 30.07.2012	Flusseen im Tiefland	geschichtete Tieflandseen	
Tabelle 7e	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Chlorophyll a Saisonmittel [µg/l]		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 3,3776$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 1,3776$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 0,8776$
H / G	17,3	5,4	4,0
G / M	31,0	9,6	7,2
M / P	55,6	17,3	12,9
P / B	99,8	31,0	23,2

Bewertungswerte kleiner als 0,5 werden gleich Wert 0,5 und Bewertungswerte größer als 5,5 werden gleich dem Wert 5,5 gesetzt. Das Suffix „k“ (z.B. 13k) wird zur Seetyp-Kennzeichnung von künstlichen und erheblich veränderten Seen genutzt

3.1.3 METRIC „CHLOROPHYLL A MAXIMUM-WERT“

Um den Saisonwert für diesen Parameter zu erhalten, müssen die Ausgangsdaten schrittweise in folgender Reihenfolge analysiert werden:

- Im Fall, dass für mehr als 2 Monate Einzel-Chlorophyll-Werte vorliegen und
- der Chlorophyll a-Maximalwert 125% des Saisonmittel-Chlorophyll a-Wertes überschreitet

Der Chlorophyll-Max-Wert (x) wird durch eine Seetyp-spezifische Formel (s. Berechnungsfunktion in Tabelle 8) in den Bewertungswert des Parameters (Y3) umgerechnet. Treffen die Kriterien unter Punkt a und b nicht zu, wird der Chlorophyll-Max-Wert gar nicht gewertet. Zusätzlich werden in Tabelle 8 informativ die Klassengrenzen der Zustandsklassen angegeben.



Tabelle 8 Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Chlorophyll a Maximum-Wert und seine seetyp-spezifischen Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1 angeordnet in Seen-gruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referentztrophie gruppiert (Tabelle 8a – 8e)

Seetyp	1 und 2+3	4
Stand: 13.06.2007	Alpenvorlandsee	Alpensee
Tabelle 8a	Natürliche und HMWB & AWB-Seen	
Parameter	Chlorophyll a Maximum-Wert [$\mu\text{g/l}$]	
Bewertungs-funktion	$Y2 = 1,5378 * \ln(x) - 1,3645$	$Y2 = 1,5378 * \ln(x) - 0,3645$
H / G	6,4	3,4
G / M	12,3	6,4
M / P	23,6	12,3
P / B	45,3	23,6

Seetyp	5 und 8	7 und 9
Stand: 23.11.2011	Geschichtete Mittelgebirgsseen	Geschichtete Mittelgebirgsseen
Tabelle 8b	Natürliche und HMWB & AWB-Seen	
Parameter	Chlorophyll a Maximum-Wert [$\mu\text{g/l}$]	
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,5237 * \ln(x) - 1,5933$	$Y1 = 1,5366 * \ln(x) - 1,1267$
H / G	7,6	5,5
G / M	17,7	10,6
M / P	28,5	20,5
P / B	54,2	38,6

Seetyp	6.1	6.2	6.3
Stand: 23.11.2011	polymiktische Mittelgebirgsseen		
Tabelle 8c	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Chlorophyll a Maximum-Wert [$\mu\text{g/l}$]		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,495 * \ln(x) - 2,1374$	$Y1 = 1,495 * \ln(x) - 2,6374$	$Y1 = 1,495 * \ln(x) - 3,1374$
H / G	11,0	16,0	22,0
G / M	23,0	31,0	43,0
M / P	44,0	61,0	85,0
P / B	84,0	118,0	166,0



Fortsetzung Tabelle 8: Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Chlorophyll a Maximum-Wert und seetyp-spezifische Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1, angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 8d – 8e)

Seetyp	11.1 und 11.1k	11.2 und 11.2k	14, 14k, 10.2 und 10.2k
Stand: 30.07.2012	polymiktische Tieflandseen und geschichtete TL-Seen mit großem VQ		
Tabelle 8d	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Chlorophyll a Maximum-Wert [µg/l]		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 3,5638$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 4,0638$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 3,0638$
H / G	19,3	25,8	14,4
G / M	34,6	46,3	25,8
M / P	62,0	83,1	46,3
P / B	111,3	149,0	83,1

Seetyp	12 und 12k	10.1 und 10.1k	13 und 13k
Stand: 30.07.2012	Flusseen im Tiefland	geschichtete Tieflandseen	
Tabelle 8e	Natürliche und HMWB & AWB-Seen		
Parameter	Chlorophyll a Maximum-Wert [µg/l]		
Bewertungs-funktion	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 4,5638$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 2,5638$	$Y1 = 1,7113 \cdot \ln(x) - 2,0638$
H / G	34,6	10,7	8,0
G / M	62,0	19,3	14,4
M / P	111,3	34,6	25,8
P / B	199,6	62,0	46,3

Bewertungswerte kleiner als 0,5 werden gleich Wert 0,5 und Bewertungswerte größer als 5,5 werden gleich dem Wert 5,5 gesetzt. Das Suffix „k“ (z.B. 13k) wird zur Seetyp-Kennzeichnung von künstlichen und erheblich veränderten Seen genutzt

3.2 METRIC „ALGENKLASSEN“

Der Metric „Algenklassen“ setzt sich je nach Seetyp aus 2–4 unterschiedlichen Einzelkenngrößen zusammen (Tabelle 9). Als Parameter werden entweder das summierte Biovolumen einer oder mehrerer Algenklassen verwendet, oder der prozentuale Anteil der Algenklasse am Gesamtbiovolumen des Saisonmittels (April–Oktober) oder des Spätsommermittels (Juli–Oktober). Die Zugehörigkeit eines Taxon zu einer Algenklasse erfolgt durch Ausweisung in einer Spalte der harmonisierten Taxaliste des Phytoplankton (Mischke & Kusber 2009), ebenso heterotrophe Taxa, die von der Summe ausgeschlossen werden.

Die Einzelkenngrößen werden zuvor einzeln bewertet (je ein Bewertungswert) und anschließend zur Index-Ermittlung des Metric „Algenklassen“ ein arithmetisches Mittel aus den Bewertungswerten gebildet.



Tabelle 9 Verwendung der Einzelkenngößen (1. Spalte) als Saisonmittel (Sai) oder Spätsommermittel (JO) innerhalb des Metric „Algenklassen“ für die Bewertung der einzelnen See-Typen (2. Zeile) geordnet nach Zugehörigkeit zu einer Ökoregion und des verwendeten Datentyps (Biovolumen oder Prozentanteil). Es werden sowohl natürliche wie auch HMWB & AWB Seen mit den gleichen Größen bewertet.

Ökoregion	Alpen & Alpenvorland			Mittelgebirgsregion					Tiefland				
Seen-(sub)-Typ	1	2+3	4	5	6	7	8	9	10	13	11	12	14
Datentyp	Summiertes Biovolumen [mm3/l]												
Bacillario- & Chlorophyceae									Sai	Sai			
Bacillario- & Cryptophyceae											Sai	Sai	Sai
Chloro- & Cryptophyceae	Sai	Sai	Sai		Sai								
Chlorophyceae				Sai		Sai					Sai	Sai	Sai
Cryptophyceae & Cyanobacteria											Sai	Sai	Sai
Cryptophyceae				Sai		Sai	Sai	Sai	Sai	Sai			
Cyanobacteria	Sai	Sai	Sai	Sai	JO	Sai	Sai	Sai					
Dinophyceae & Cyanobacteria									JO	JO			
Datentyp	Prozentualer Anteil der Algenklasse am Gesamtbiovolumen [%]												
Chryso- & Dinophyceae					Sai		Sai	Sai					
Chrysophyceae				Sai		Sai			Sai	Sai			
Dinophyceae			JO										

Um den Bewertungswert für den Parameter (Einzelkenngößen) zu erhalten, müssen die Ausgangsdaten zuvor in folgender Reihenfolge schrittweise als Algenklassenwert (x) berechnet werden:

- Die Biovolumina aller Taxa, die zu einer Algenklasse gehören, werden für jede Probe unter Ausschluss der heterotrophen Organismen aufsummiert. Für einige Einzelkenngößen werden die Biovolumina von zwei Algenklassen aufsummiert (s. Tabelle 9).
- Gemäß Tabelle 9 wird aus den Tageswerten das Saisonmittel für die Periode April bis einschließlich Oktober gebildet oder das Spätsommermittel für den Zeitraum Juli bis Oktober.
- Für einige Einzelkenngößen ist es nötig, anschließend den prozentualen Anteil am Gesamtbiovolumen, welches zuvor für den gleichen Zeitraum gemittelt wurde, als Parameterwert zu errechnen.
- Im Fall der Algenklasse „Cyanobacteria“ in Seen der Alpenregion (Typ 1,2,3 und 4) liegt nur ein Grenzwert ausschließlich zur Beschreibung des schlechten Zustands vor. Liegt der Algenklassenwert darunter, entfällt eine Wertung.
- Zur Bewertung der anderen Parameter wird der Algenklassenwert (x) durch eine Seetyp-spezifische Formel in den Bewertungswert des Parameters (Y) umgerechnet, und damit alle fünf ökologischen Zustandsklassen kontinuierlich mit einem Indexwert zwischen 0,5 und 5,5 bewertet. Die Zuordnung nach einem Seetyp erfolgt nach Tabelle 3-2. Es werden sowohl natürliche wie auch HMWB & AWB Seen mit den gleichen Größen je Seetyp bewertet.

Bewertungswerte kleiner als 0,5 werden gleich Wert 0,5 und Bewertungswerte größer als 5,5 werden gleich dem Wert 5,5 gesetzt. Erst danach werden die Einzelkenngößen zum Index-Ergebnis des Metric „Algenklassen“ arithmetisch ermittelt.

**Tabelle 10** Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und ihre Berechnungsfunktionen für die Seetypen 1, 2 und 3 (Alpenvorseen) nach Stand 28. Juni 2007.

Algenklasse	Cyanobacteria	Chlorophyceae + Cryptophyceae
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt
H/G	----	0,15
G/M	----	0,34
M/P	----	0,80
P/B	3	1,86
Bewertungsfunktion	wenn >3 dann =5 sonst kein Wert	$y = 1,1752\ln(x) + 3,7679$

Tabelle 11 Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und ihre Berechnungsfunktionen für Seetyp 4 (Alpenseen) nach Stand 28. Juni 2007.

Algenklasse	Cyanobacteria	Chlorophyceae + Cryptophyceae	Dinophyceae
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l	%
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Jul – Okt
H/G	----	0,12	17,1
G/M	----	0,27	9,5
M/P	----	0,60	5,2
P/B	1	1,35	2,9
Bewertungsfunktion	wenn >1 dann =5 sonst kein Wert	$y = 1,2407\ln(x) + 4,1292$	$y = -1,6962\ln(x) + 6,3161$

Tabelle 12 Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumreiche, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 5 (23. November 2011).

Algenklasse	Chlorophyceae	Chrysophyceae	Cryptophyceae	Cyanobacteria
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	%	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt	Apr - Okt
Anwendungsgrenze		> 0,6 %		> 0,3 mm ³ /l
H/G	0,03	5,8	0,1	
G/M	0,08	2,4	0,19	0,55
M/P	0,21	1	0,36	1,5
P/B	0,56		0,69	4,1
Bewertungsfunktion	$y = 1,009\ln(x) + 5,0761$	$y = -1,126\ln(x) + 3,4802$	$y = 1,5399\ln(x) + 5,0609$	$y = 0,9915\ln(x) + 3,089$

**Tabelle 13** Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumreiche, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 7 (23. 11. 2011).

Algenklasse	Chlorophyceae	Chrysophyceae	Cryptophyceae	Cyanobacteria
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	%	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt	Apr - Okt
Anwendungsgrenze		> 0,6 %		> 0,3 mm ³ /l
H/G	0,02	9,0	0,07	
G/M	0,05	3,7	0,14	0,33
M/P	0,13	1,5	0,26	0,91
P/B	0,34	0,6	0,50	2,5
Bewertungsfunktion	$y = 1,009\ln(x) + 5,5761$	$y = -1,126\ln(x) + 3,9802$	$y = 1,5399\ln(x) + 5,5609$	$y = 0,9915\ln(x) + 3,589$

Tabelle 14 Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumarme, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 8 (23. 11. 2011).

Algenklasse	Chrysophyceae + Dinophyceae	Cryptophyceae	Cyanobacteria
Datentyp für x	%	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt
Anwendungsgrenze	< 60%		> 0,4 mm ³ /l
H/G	12,1	0,07	---
G/M	5,7	0,11	0,39
M/P	2,7	0,20	1,2
P/B	1,3	1,34	3,9
Bewertungsfunktion	$y = -1,332\ln(x) + 4,8225$	$y = 1,8387\ln(x) + 6,4862$	$y = 0,8686\ln(x) + 3,3151$

Tabelle 15 Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumarme, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 9 (23. 11. 2011).

Algenklasse	Chrysophyceae + Dinophyceae	Cryptophyceae	Cyanobacteria
Datentyp für x	%	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt
Anwendungsgrenze	< 60%		> 0,4 mm ³ /l
H/G	17,6	0,05	---
G/M	8,3	0,09	---
M/P	3,9	0,15	0,7
P/B	1,9	1,26	2,2
Bewertungsfunktion	$y = -1,332\ln(x) + 5,3225$	$y = 1,8387\ln(x) + 6,9862$	$y = 0,8686\ln(x) + 3,8151$

**Tabelle 16** Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für polymiktische Mittelgebirgsseen der VTQ- Subtypen des Seetyps 6 (Stand 23.11.2011).

Algenklasse	Chrysophyceae + Dinophyceae	Cryptophyceae + Chlorophyceae	Cyanobacteria
Datentyp für x	%	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr – Okt
Anwendungsgrenze	> 0,6%		> 1,0 mm ³ /l
See-Subtyp	6.1 / 6.2 / 6.3	6.1 / 6.2 / 6.3	6.1 / 6.2 / 6.3
H/G	13,1 / 8,5 / 5,6	0,74 / 1,0 / 1,3	1,0 / 1,6 / 2,7
G/M	5,6 / 3,6 / 2,4	1,3 / 1,6 / 2,1	2,7 / 4,6 / 7,6
M/P	2,4 / 1,4 / 1,2	2,1 / 2,8 / 3,6	7,6 / 13 / 21
P/B	1,2 / 0,7 / 0,43	3,6 / 4,8 / 6,2	21 / 36 / 60
Bewertungsfunktion 6.1	$y = -1,172 \ln(x) + 5,5134$	$y = 1,8756 \ln(x) + 3,0658$	$y = 0,972 \ln(x) + 2,5246$
Bewertungsfunktion 6.2	$y = -1,172 \ln(x) + 5,0134$	$y = 1,8756 \ln(x) + 2,5658$	$y = 0,972 \ln(x) + 2,0246$
Bewertungsfunktion 6.3	$y = -1,172 \ln(x) + 4,5134$	$y = 1,8756 \ln(x) + 2,0658$	$y = 0,972 \ln(x) + 1,5246$

Tabelle 17 Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für geschichtete Tieflandsseen des Seetyps 13 und des Seetyps 10 mit VQ-Subtypen (Stand 12.02.2013).

Algenklasse	Bacillariophyceae + Chlorophyceae	Chrysophyceae	Cryptophyceae	Dinophyceae + Cyanobacteria
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	%	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt	Jul - Okt
Anwendungsgrenze		> 0,4 %		
See-Subtyp	13 / 10.1 / 10.2	13 / 10.1 / 10.2	13 / 10.1 / 10.2	13 / 10.1 / 10.2
H/G	0,32 / 0,43 / 0,57	5,9 / 4,5 / 3,4	0,13 / 0,18 / 0,25	0,34 / 0,53 / 0,83
G/M	0,57 / 0,77 / 1,03	3,4 / 2,6 / 2,0	0,25 / 0,34 / 0,47	0,83 / 1,3 / 2,0
M/P	1,03 / 1,38 / 1,86	2,0 / 1,5 / 1,2	0,47 / 0,65 / 0,89	2,0 / 3,1 / 4,8
P/B	1,86 / 2,49 / 3,35	1,2 / 0,9 / 0,67	0,89 / 1,22 / 1,68	4,8 / 7,4 / 11,5
Bewertungsfunktion 13	$y = 1,7049 \ln(x) + 2,34457$	$y = -1,848 \ln(x) + 4,766$	$y = 1,5768 \ln(x) + 4,6864$	$y = 1,1387 \ln(x) + 2,7158$
Bewertungsfunktion 10.1	$y = 1,7049 \ln(x) + 2,9457$	$y = -1,848 \ln(x) + 4,266$	$y = 1,5768 \ln(x) + 4,1864$	$y = 1,1387 \ln(x) + 2,2158$
Bewertungsfunktion 10.2	$y = 1,7049 \ln(x) + 2,4457$	$y = -1,848 \ln(x) + 3,766$	$y = 1,5768 \ln(x) + 3,6864$	$y = 1,1387 \ln(x) + 1,7158$

**Tabelle 18** Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für polymiktische Tieflandseen des Seetyps 11 mit Subtypen (Stand 12.02.2013).

Algenklasse	Bacillariophyceae + Cryptophyceae	Chlorophyceae	Cryptophyceae + Cyanobacteria
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt
See-Subtyp	11.1 / 11.2	11.1 / 11.2	11.1 / 11.2
H/G	0,9 / 1,2	0,07 / 0,11	0,73 / 1,1
G/M	1,5 / 2,0	0,16 / 0,23	1,6 / 2,3
M/P	2,7 / 3,54	0,34 / 0,50	3,3 / 4,8
P/B	4,6 / 6,1	0,73 / 1,07	7,1 / 10,4
Bewertungsfunktion 11.1	$y = 1,8141 \ln(x) + 1,7224$	$y = 1,3069 \ln(x) + 4,9137$	$y = 1,3154 \ln(x) + 1,9229$
Bewertungsfunktion 11.2	$y = 1,8141 \ln(x) + 1,2224$	$y = 1,3069 \ln(x) + 4,4137$	$y = 1,3154 \ln(x) + 1,4229$

Tabelle 19 Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für polymiktische Tieflandseen des Seetyps 12 und 14 (Stand 12.02.2013).

Algenklasse	Bacillariophyceae + Cryptophyceae	Chlorophyceae	Cryptophyceae + Cyanobacteria
Datentyp für x	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l	Biovolumen mm ³ /l
Bewertungsperiode	Apr – Okt	Apr - Okt	Apr - Okt
See-Subtyp	12 / 14	12 / 14	12 / 14
H/G	1,5 / 0,7	0,16 / 0,05	1,6 / 0,5
G/M	2,7 / 1,2	0,34 / 0,11	3,3 / 1,1
M/P	4,6 / 2,0	0,73 / 0,23	7,1 / 2,3
P/B	8,0 / 3,5	1,60 / 0,50	15,2 / 4,85
Bewertungsfunktion 12	$y = 1,8141 \ln(x) + 0,7224$	$y = 1,3069 \ln(x) + 3,9137$	$y = 1,3154 \ln(x) + 0,9229$
Bewertungsfunktion 14	$y = 1,8141 \ln(x) + 2,2224$	$y = 1,3069 \ln(x) + 5,4137$	$y = 1,3154 \ln(x) + 2,4229$

3.3 BEWERTUNG NACH INDIKATORTAXA (PHYTOPLANKTON-TAXA-SEEN-INDEX = PTSI)

Die Bewertung von Seen anhand des PTSI erfolgt in 2 Schritten:

1. Schritt: Trophische Klassifizierung (oligotroph bis hypertroph) von Seen auf Basis von Indikatortaxa. Der Index ist in seiner mathematischen Dimension und der Bedeutung hinsichtlich des trophischen Status direkt mit dem LAWA-Index für Seen (Ist-Zustands-Bewertung nach LAWA 1999) vergleichbar.
2. Schritt: Bewertung auf Basis des PTSI. Hierzu wird der Index mit dem Seetyp-spezifischen Trophie-Referenzwert verglichen. Die numerische Abweichung von der Referenzsituation wird transformiert in einer Bewertungszahl (EQ = ecological quality) zwischen 0,5 und 5,5 wiedergegeben.



Vorbereitend muss zunächst für den zu bewertenden See die richtige Indikatorliste ausgewählt werden. Es stehen sechs Listen gemäß Tabelle 20 zur Verfügung. Die eingestuft insgesamt 447 Indikatortaxa sind im Anhang II als Tabelle 32 jeweils mit den taxonspezifischen Trophieankerwerten und Gewichtungsfaktoren (= „Stenökiefaktor“) für die 6 unterschiedlichen Listen zu entnehmen.

Tabelle 20 Indikatorlisten für den PTSI und die zugeordneten Seetypen nach Mathes et al. (2002)

gültige Indikatorliste	Für die See- gruppe verwendete Abkürzung	Seetyp nach LAWA die die PP-Sub- Typen um-fassen
Liste für natürliche See und HMWB & AWB der Alpen und des Alpenvorlandes	AVA	1, 2, 3 und 4
Liste für natürliche Mittelgebirgsseen und HMWB & AWB (Talsperren, Baggerseen etc.)	MG	5, 6, 7, 8 und 9
Liste für natürliche geschichtete Seen des norddeutschen Tieflands	TLgesch	10 und 13
Liste für natürliche polymiktische Seen des nord-deutschen Tieflands	TLpoly	11, 12 und 14
Liste für geschichtete HMWB & AWB - Seen des nord-deutschen Tieflands	TgeschAWB	10k und 13k
Liste für polymiktische HMWB & AWB - Seen des nord-deutschen Tieflands	TpolyAWB	11k, 12k und 14k

zu Schritt 1: Trophische Klassifizierung

Der PTSI wird für jeden Probenbefund einzeln errechnet. Hierzu werden den Indikatortaxa in der Befundliste jeweils die taxonspezifischen Trophieanker- und Stenökiewerte aus der im Anhang II befindlichen Tabelle 32 zugeordnet. Die Berücksichtigung der Abundanz des Indikatortaxons in der Probe erfolgt in Form von Abundanzklassen. Die Taxonbiovolumina werden nach Tabelle 21 in die 8 Abundanzklassen umgewandelt.

Die Berechnung des PTSI pro Probe erfolgt in der für die bekannten limnologischen Indices z.B. Saprobienindex nach DIN 38410 oder Diatomeenindex nach Hofmann (Schaumburg et al. 2004) üblichen Weise auf Basis eines Probenbefundes:

$$PTSI = \frac{\text{Abundanzklasse}_i \times TAW_i \times \text{Stenökiefaktor}_i}{\text{Abundanzklasse}_i \times \text{Stenökiefaktor}_i}$$

PTSI = Phytoplankton-Taxa-Seen-Index pro Probe

Abundanzklasse_i = Abundanzklasse des i-tes Taxons in der Probe, Biovolumenklassen nach Tabelle 21.

TAW_i = Trophieankerwert des i-ten Indikatortaxons

Stenökiefaktor_i = Stenökiefaktor des i-ten Indikatortaxons

Für die trophische Klassifizierung eines Seenjahres, in dem die Einzeltermine möglichst gleichmäßig verteilt liegen sollten, ist eine arithmetische Mittelung durchzuführen und ohne dass zuvor ein Monatsmittel berechnet wird. Zur trophischen Beschreibung eines Seejahres mit dem PTSI müssen mindestens 4 und sollten im Regelfall 6 Probenahmetermine vorliegen. Anhand des PTSI pro Probe oder des Jahres kann gemäß Tabelle 22 der trophische Status des Sees ermittelt werden.



Tabelle 21 Bildung von Abundanzklassen des durch die mikroskopische Analyse nach Nixdorf et al. (2010) ermittelten 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
> 1-5	6
> 5-25	7
> 25	8

Tabelle 22 Ermittlung des trophischen Status des Sees anhand des PTSI (Wertebereiche und trophischer Status entsprechen der LAWA-Trophieklassifizierung 1999 und Riedmüller et al. 2013⁸.)

PTSI	Trophieklasse	Abkürzung
0,5-1,5	oligotroph	o
> 1,5 – 2,0	mesotroph 1	m1
> 2,0 – 2,5	mesotroph 2	m2
> 2,5 – 3,0	eutroph 1	e1
> 3,0 – 3,5	eutroph 2	e2
> 3,5 – 4,0	polytroph 1	p1
> 4,0 – 4,5	polytroph 2	p2
> 4,5	hypertroph	h

zu Schritt 2: Bewertung nach EG-WRRL unter Berücksichtigung der Seetyp-spezifischen Referenztrophy

Anhand der Abweichung des Jahres-PTSI von der Referenztrophy – mathematisch als Differenz errechnet – kann die ökologische Zustandsklasse gemäß WRRL bzw. ein kontinuierlicher PTSI-Bewertungswert (= EQ = ecological quality) zwischen 0,5 und 5,5 ermittelt werden. Der trophische Referenzwert je Seetyp ist der Tabelle 2 zu entnehmen. Der PTSI-Bewertungswert kann direkt mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\text{EQ PTSI} = 0,5 + (\text{PTSI} - \text{trophischer Referenzwert}) \times 2$$

In sehr seltenen Fällen treten EQ-PTSI-Werte kleiner als 0,5 und größer als 5,5 auf. Diese werden auf den PTSI-Wert 0,5 herauf- bzw. auf 5,5 herabgesetzt. Anhand der Tabelle 22 kann eine Zuordnung in die ökologischen Zustandsklassen der WRRL (EQ = ecological quality class) erfolgen. Die untere Grenze einer sinnvollen Trophie-Indikation liegen bei vier Indikatortaxa/Probe im Jahresmittel und bei vier bewerteten Probeterminen pro Untersuchungsjahr. Bei Nichterfüllung eines der beiden Kriterien ist das Index-Ergebnis lediglich als Orientierung anzusehen und der gesamte Phyto-See-Index ungültig!



3.4 FAKULTATIVER DIATOMEEN-INDEX, DI-PROF ERMITTELT AUS PROFUNDALPROBEN FÜR NATÜRLICHE TIEFLANDSEEN

Neben den drei obligaten Metrics „Biomasse“, „Algenklassen“ und „PTSI“ kann fakultativ und ergänzend ein weiterer Metric, der DI-PROF, zur Bewertung von natürlichen Tieflandseen der Seetypen 10 – 14 herangezogen werden. Besonders in den wenigen oligotrophen und schwach mesotrophen Tieflandseen wird das Phytoplankton von Diatomeen (Bacillariophyceae) dominiert, die aber zumeist mit der Utermöhl-Methode und ohne eine Schalenpräparation der pelagischen Proben nicht als Art bestimmt werden können. Somit kann der Fall auftreten, dass zu wenige Indikatorarten für den PTSI erfasst werden.

In Fällen, in denen zu wenige Indikatortaxa für den PTSI mit der Utermöhl-Methode ermittelt wurden, bewirkt die Ermittlung und Einberechnung des DI-PROFs eine gültige aus der bis dahin ungültigen Gesamt-Bewertung. Die Gesamtbewertung des PSI unter Einbindung des DI-PROF wird im Auswertungsprogramm PhytoSee in einem gesonderten Feld namens „PSI_m_DiProf“ ausgegeben.

Der DI-PROF wurde von Schönfelder (2006) entwickelt. Er nutzt die Diatomeenschalenreste von pelagischen Arten, die sich in der obersten Schicht des Profundals eines Sees abgelagert haben. Ihr Dominanzwert wird anhand von Diatomeenpräparaten bestimmt (nicht Utermöhl-Technik).

Die Beprobung und Bestimmung der Profundaldiatomeen erfolgt nach den Vorgaben der Beprobungsvorschrift in Nixdorf et al. (2010). Dazu muss im Untersuchungszeitraum eine Sedimentprobe von der Sedimentoberfläche (0–1 cm) an der tiefsten Stelle im See entnommen werden (Profundalprobe).

Die in der Sedimentprobe enthaltenen Diatomeenschalen werden aufbereitet und präpariert. Anhand von Diatomeen-Dauerpräparaten (Einbettung in hochbrechendem Kunstharz) wird im Durchlichtmikroskop bei 1200 facher Vergrößerung mit Ölimmersionsoberjektiven einer numerischen Apertur > 1,30 die relative Zusammensetzung der Planktondiatomeen ermittelt. Die durch die einschlägige Literatur bestimmten planktischen Diatomeentaxa müssen nomenklatorisch gemäß der DV-Liste nach Mauch et al. (2003 mit Internetaktualisierung nach Stand August 2007 kodiert sein, damit die taxonomische Benennung zu den ausgewählten Indikatorarten im Di-Prof passt (s. Tabelle 23). Aufgrund erheblicher nomenklatorischen und taxonomischen Umgruppierungen in der DV-Liste ab Version September 2011 gegenüber der Version vom August 2007 ist der Bearbeiter bei Anwendung neuerer Code-Systeme den nomenklatorischen Abgleich selbst vorzunehmen.

Die ermittelten Dominanzwerte der planktischen Arten (DOM_W_i) werden mit einem Trophieoptimumwert (TO_PROF_i) und einem Gewichtungswert (G_PROF_i), artspezifisch verrechnet, um für jede Probe den Trophieindex für planktische Diatomeen zu ermitteln. Die Trophieoptimum- und Gewichtungswerte sind der Tabelle 23 zu entnehmen. Die genaue Berechnung des DI-PROF einer Probe k erfolgt nach folgender Gleichung:

$$DI_PROF_k = \frac{(\overline{DOM_W_{i,k}} \times TO_PROF_i \times G_PROF_i)}{(\overline{DOM_W_{i,k}} \times G_PROF_i)}$$

DI_PROF_k = Trophieindex für planktische Diatomeen in einer Profundalprobe k

$DOM_W_{i,k}$ = Prozentanteil des i-ten Taxons in der Probe k

TO_PROF_i = Trophieoptimum des i-ten Taxons

G_PROF_i = Gewichtungswert des i-ten Taxons

**Tabelle 23** Trophieoptimum- (TO-PROF_i) und Gewichtungswerte (G-PROF_i) für den Di-PROF nach Schönfelder (2006) erweitert um zugehörige Sippen in der DV-Liste nach Stand August 2007.

DV_Nr	Taxonname nach DV-Liste (Mauch et al. 03; Internetaktualisierung nach Stand März 2007)	Optimum ((TO- PROF _i))	Gewichtung (G-PROF _i)
16151	<i>Actinocyclus normanii</i>	11,42	0,3
6050	<i>Asterionella formosa</i>	1,19	3,5
6798	<i>Aulacoseira ambigua</i>	7,75	0,9
6785	<i>Aulacoseira granulata</i>	8,62	0,7
16783	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>curvata</i>	8,62	0,7
6800	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	8,62	0,7
6907	<i>Aulacoseira islandica</i>	1,47	3,6
6786	<i>Aulacoseira islandica</i> ssp. <i>helvetica</i>	1,47	3,6
6788	<i>Aulacoseira subarctica</i>	0,55	2,5
16791	<i>Cyclostephanos delicatus</i>	5,64	1,7
6943	<i>Cyclostephanos dubius</i>	6,63	1,4
6177	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	9,94	0,5
6178	<i>Cyclotella atomus</i>	5,14	2,3
6929	<i>Cyclotella comensis</i>	-6,3	0,3
16185	<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	0,08	1,9
6179	<i>Cyclotella distinguenda</i>	4,11	3,9
6731	<i>Cyclotella distinguenda</i> var. <i>unipunctata</i>	0,08	1,9
6733	<i>Cyclotella krammeri</i>	-7,07	0,2
6002	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	11,1	0,4
6936	<i>Cyclotella ocellata</i>	-0,77	1,5
6735	<i>Cyclotella praetermissa</i>	1,5	3,4
6945	<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	2,71	5,7
6204	<i>Cyclotella radiosa</i>	1,89	4,4
6928	<i>Cyclotella rossii</i>	-0,25	1,5
16190	<i>Cyclotella schumannii</i>	-10,07	0,1
16804	<i>Cyclotella tripartita</i>	-11,38	0,1
6210	<i>Diatoma tenuis</i>	5,14	2,8
6075	<i>Fragilaria crotonensis</i>	2,61	5
6399	<i>Fragilaria delicatissima</i>	2,95	7,1
16575	<i>Fragilaria ulna acus</i> - Sippen	3,39	5,1
6410	<i>Fragilaria ulna angustissima</i> – Sippen	6,2	1,8
6233	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	3,39	5,1
6594	<i>Nitzschia graciliformis</i>	3,75	5,5
6795	<i>Stephanodiscus alpinus</i>	1,15	3,4
6009	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	6,89	1,3
6817	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> var. <i>tenuis</i>	6,89	1,3
6226	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	2,88	5,1
6940	<i>Stephanodiscus parvus</i>	2,88	5,1
6796	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	3,79	5,8
6091	<i>Tabellaria flocculosa</i>	-4,36	0,5
16764	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>ambigua</i>	-4,36	0,5
16765	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>asterionelloides</i>	-4,36	0,5
16766	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>geniculata</i>	-4,36	0,5
16767	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>intermedia</i>	-4,36	0,5
16768	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>linearis</i>	-4,36	0,5
16769	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>pelagica</i>	-4,36	0,5
16770	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>teilingii</i>	-4,36	0,5



Der Index sieht vor, dass sich der Prozentsatz eines planktischen Taxons nur auf den Anteil an den planktischen Diatomeen beziehen soll. Die Zugehörigkeit zum Lebensformtyp „planktisch“ oder „benthisch“ ist jedoch nicht für alle möglichen Diatomeentaxa eindeutig, so dass dies für den DiProf-Index spezifiziert werden muss. Deshalb werden aus der Liste der gezählten Arten einer Diatomeenanalyse vor der Index-Berechnung nur die planktischen Diatomeen ausgewählt. Dies erfolgt in Rücksprache mit der Index-Entwicklerin oder mit einer Verknüpfungsliste zu den kodierten Taxanamen der DV-Liste (Stand 2007), die durch Ilka Schönfelder geprüft wurde. Diese Verknüpfungsliste ist in einem externen Access-basierten Berechnungstool „Di_Prof_Berech“ (Mischke, unveröffentlicht, August 2007 und folgende) integriert und nimmt die Zuordnung zu den planktischen Diatomeen sowie die Index-Berechnung DiProf automatisiert vor, und gibt eine Tabelle aus, die das Import-Format für die Einberechnung im PhytoSee-Berechnungstool hat.

Anhand der Abweichung des DI-PROF von der Referenztrophy – mathematisch als Differenz errechnet – kann die ökologische Zustandsklasse gemäß WRRL ermittelt werden.

Dabei ist die eigens für den DI-PROF zugrunde gelegte Referenztrophy der Seetypen zu beachten (s. Tabelle 24)), die keine Seen-Sub-Typen unterscheidet und an der sehr gut / gut –Grenze eine Trophy annimmt, die um 0,25 LAWA-Index-Einheiten höher (See-Typ 12 und Sub-Typ 10.1) oder tiefer (Typ 11.2) als beim Phyto-See-Index ohne DiProf liegt (vergl. Tabelle 2 und Tabelle 24).

Tabelle 24 Klassengrenzen für die Bewertung norddeutscher glazial entstandener Seen mit dem Planktonmetric DI-PROF nach Schönfelder (2006).

Seetyp	Trophy im Referenzzustand	Bewertung mit Prädikat				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
		bei aktuell vorhandenem DI-PROF im Bereich				
13	oligo – mesotroph	< 1,75	1,75...2,24	2,25...2,74	2,75...3,24	>3,24
10	mesotroph	< 2,25	2,25...2,74	2,75...3,24	3,25...3,74	> 3,74
14	stark mesotroph	< 2,50	2,50...2,99	3,00...3,49	3,50...3,99	> 3,99
11	stark mesotroph	< 2,50	2,50...2,99	3,00...3,49	3,50...3,99	> 3,99
12	eutroph	< 3,25	3,25...3,74	3,75...4,24	4,25...4,74	> 4,74

3.5 BIODIVERSITÄTS-METRIC NACH LEßMANN & NIXDORF (2009) FÜR SAURE BERGBAUSEEN

Die Ermittlung des höchsten und guten ökologischen Potentials erfolgt nach Leßmann & Nixdorf (2009) für die Bewertung saurer Bergbauseen anhand des Shannon-Index und mittels der Evenness als Hilfsgröße, ohne dass allerdings über den mäßigen Zustand hinaus gehend Grenzen festgelegt sind.

Allgemeine Voraussetzungen für die Anwendung des Biodiversitäts-Metrics zur Bestimmung des ökologischen Potentials sind nach Leßmann & Nixdorf (2009):

- pH-saure Seen (pH <6)



- auf Bergbauseen mit pH <3 vorerst nur eingeschränkt anwendbar
- stabile hydrologische und chemische Bedingungen
- Seetypisierung in Anlehnung an natürliche Seen mit dem Surfix „s“. Im Phyto-See-Tool Version 5.1 sind 3 Subtypen ausgewiesen: 7s, 10.1s und 13s
- Mehrjähriges Monitoring mindestens 4 Probenahmen pro Jahr

3.5.1 BERECHNUNG DES SHANNON-INDEX UND DER EVENNESS

Der in der Ökologie am häufigsten genutzte Diversitätsindex ist der Shannon-Index. Er berücksichtigt sowohl die Zahl der vorkommenden Arten als auch die Verteilung der Individuen bzw. der Biomasse auf die Gesamtheit. Der Shannon-Index H_s beschreibt den mittleren Grad der Ungewissheit, eine bestimmte Art unter allen Arten bei zufälliger Stichprobennahme anzutreffen.

Die Berechnungsformel für den Shannon-Index für die Anwendung im Biodiversitäts-Index hat als Messparameter neben der Gesamtzahl der Arten bzw. Gattungen (Taxa) immer das Biovolumen (nicht die Individuenzahlen) und lautet:

$$H_s = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad \text{mit } p_i = \frac{n_i}{N}$$

S: Gesamtzahl der Taxa

N: Gesamtbiovolumen

n_i : Biovolumen der Art i

Der Wert von H_s steigt dabei sowohl mit steigender Artenzahl als auch mit zunehmender Gleichverteilung der Individuen bzw. der Biomasse unter den Arten. Kommt nur eine Art vor, ist $H_s = 0$. Der Maximalwert wird durch die Artenzahl bestimmt, da $H_{\max} = \ln S$ ist.

Der zweite Biodiversitäts-Index Evenness (E_s) wird als Hilfsgröße berechnet.

Im Fall des Shannon-Index errechnet sich die Evenness nach:

$$E_s = \frac{H_s}{H_{\max}} = \frac{H_s}{\ln S}$$

Nach Leßmann & Nixdorf (2009) erlaubt der Evenness-Wert eine Aussage darüber, ob der Wert des Shannon-Index aufgrund einer hohen Taxazahl oder durch die gleichmäßige Verteilung der Individuen bzw. der Biomasse auf wenige Taxa zustande gekommen ist. Beim Evenness wird der Shannon-Index in Relation zum maximal möglichen Diversitätswert gesetzt, der sich bei gleicher Taxazahl, aber unter größtmöglicher Gleichverteilung der Taxa auf die Gesamtbiovolumina ergeben würde. Das heißt, auch bei niedriger Artenzahl ist die Evenness hoch, wenn die vorkommenden Arten ähnlich häufig sind und nicht eine Art ein Massenvorkommen zeigt.

3.5.2 ABGRENZUNG VOM HÖCHSTEN UND GUTEN ÖKOLOGISCHEN POTENTIAL MITTELS DER BIODIVERSITÄTS-INDICES

Durch die Festlegung von Klassengrenzen (Tabelle 25) wird aus dem Parameterwert „Shannon-Index“ und „Evenness“ der Biodiversitäts-Metric für die Bewertung saurer Bergbauseen mittels Phytoplankton.

Der zweite Biodiversitäts-Index Evenness (E_s) wird als Hilfsgröße zwar berechnet und in der Bewertung mit angegeben, aber nicht im Bewertungswert „Biodiversitäts-Metric“ mit einberechnet.



Tabelle 25 Untere Grenzwerte (Shannon-Index und Evenness) zwischen dem höchsten, guten und mäßigen ökologischen Potential für die ökologische Bewertung anhand der Phytoplanktonzönose.

Bewertungsgrenze	Shannon-Index Hs	Evenness Es „Hilfsgröße“
sehr gut / gut	1,5	0,6
gut / mäßig	1,0	0,4

Die Bewertung der Biomasse für saure Bergbauseen soll analog zu den Grenzen wie für die natürlichen Seen des gleichen Typs erfolgen, was eine geringfügige Modifikation gegenüber den Vorschlägen für die Biomasse in sauren Bergbauseen der Seetypen 7 und 13 von Leßmann & Nixdorf (2009) darstellt. Die Bewertungsparameter Chlorophyll a Saisonmittel und Maximalwert Chlorophyll a werden für saure Seen nicht verwendet (nur Hilfsgrößen), sondern nur das Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons mit den Klassengrenzen wie für natürliche Seen der Typen 7, 10.1 und 13 (s. Tabelle 6). Die sauren Bergbauseen werden mit dem Suffix „s“ (z.B. 13s) gekennzeichnet. Informativ wird in der Exportdatei vom PhytoSee-Tool 5.1 auch eine testweise Bewertung anhand Chlorophyll a Saisonmittel und Maximalwert Chlorophyll a ausgegeben, aber nicht im Phyto-See-Index einberechnet.

3.6 BERECHNUNG DER GESAMTBEWERTUNG DES PSI (PHYTO-SEE-INDEX)

Der Phyto-See-Index beruht auf den Metrics „Biomasse“, „Algenklassen“ und „PTSI“ und fakultativ auf Metric „Di-Prof“ für natürliche Tieflandseen. Die Ergebnisse dieser Metrics sind in den verschiedenen Seetypen unterschiedlich geeignet, den ökologischen Zustand anhand des Phytoplanktons in Seen zu reflektieren. Basierend auf Seetyp-spezifischen Regressionsanalysen zum trophischen Zustand der Seen (LAWA-Index; 1999 aktualisiert in Riedmüller et al. 2013b unter Verwendung des IST-Wertes) erhalten die Indexwerte der Kenngrößen ein unterschiedliches Gewicht für die Gesamtbewertung.

Die Zusammenführung der Einzelergebnisse der Metrics zu einem Gesamtergebnis erfolgt durch gewichtete Mittelwertsbildung, mit Ausnahme der sauren Bergbauseen. Die dafür notwendigen Gewichtungsfaktoren je nach Seetyp sind in Tabelle 26 aufgeführt.

Die Berechnung des Phyto-See-Index (PSI) erfolgt nach folgendem Schema:

- Multiplikation jedes Index mit dem Seetyp- und Kenngröße-spezifischen Gewichtungsfaktor
- Aufsummierung aller Ergebnisse (= Zähler) und
- Division durch die Summe der verwendeten Gewichtungsfaktoren (= Zähler)
- Rundung des Ergebnisses auf eine Dezimalstelle hinter dem Komma
- Zuordnung der ökologischen Zustandsklasse nach WRRL anhand der Tabelle 3, wobei gilt: PSI-Werte zwischen 0,5 und 1,5 = „sehr gut“, von 1,51–2,5 = „gut“ usw.

Im Fall von sauren Bergbauseen werden die beiden Metrics „Biomasse“ und „Biodiversität“ nach dem „worst case“-Prinzip verschnitten, das heißt, das die schlechteste der beiden Bewertungen gilt.



Tabelle 26 Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung des deutschen Phyto-See-Index (PSI) aus den Metrics. Die genauere Bezeichnung der See-Gruppen ist in Tabelle 20 und der Seetypen ist in Tabelle 5 aufgelistet.

See-Gruppe	Seetyp Nr	G Biomasse	G Algen-klasse	G PTS I	G DiProf	Bio-diversität	Stand
AVA	1	2	1	2			02.07.2007
AVA	2+3	2	1	2			02.07.2007
AVA	4	2	1	4			02.07.2007
MG	5	3	2	3			03.12.2011
MG	6.1	3	1	2			03.12.2011
MG	6.2	3	1	2			03.12.2011
MG	6.3	3	1	2			03.12.2011
MG	7	3	2	3			03.12.2011
MG	8	3	2	3			03.12.2011
MG	9	3	2	3			03.12.2011
TL	10.1	4	3	3	1		15.01.2013
TL HMWB & AWB	10.1k	4	3	3			15.01.2013
TL saure Bergbauseen	10.1s	x				x	"worst case"
TL	10.2	4	3	3	1		15.01.2013
TL HMWB & AWB	10.2k	4	3	3			15.01.2013
TL	11.1	4	3	2	2		15.01.2013
TL HMWB & AWB	11.1k	4	3	2			15.01.2013
TL	11.2	4	3	2	2		15.01.2013
TL HMWB & AWB	11.2k	4	3	2			15.01.2013
TL	12	4	3	2	2		15.01.2013
TL HMWB & AWB	12k	4	3	2			15.01.2013
TL	13	4	3	3	3		15.01.2013
TL HMWB & AWB	13k	4	3	3			15.01.2013
TL saure Bergbauseen	13s	x				x	"worst case"
TL	14	4	3	2	1		15.01.2013
TL HMWB & AWB	14k	4	3	2			15.01.2013

Beispiel: Für einen See des Seetyps 12 wurden folgende Bewertungswerte ermittelt:

Biomasse = 3,3; Algenklasse = 3; PTSI = 4,5. Die Berechnung des Phyto-See-Index (PSI) erfolgt dann folgendermaßen:

$$PSI = \frac{(3,3 \times 4 + 3 \times 3 + 4,5 \times 2)}{9} = 3,57 = \text{gerundet } 3,6$$

3.6.1 MINDESTANFORDERUNGEN AN DIE EINGANGSDATEN ZUR GESICHERTEN BEWERTUNG MITTELS PSI

Eine Unterschreitung der bisher bekannten Anforderungen führt dazu, dass die Bewertung nach den Einzelkenngrößen oder die Gesamtbewertung mittels des PSI nicht erfolgen kann. Bei Ausfall der Bewertung von Einzelkenngrößen muss dem Gesamtbewertungsergebnis PSI ein entsprechender Warnhinweis beigelegt werden, der bei der Ableitung des Handlungsbedarfes für das Gewässer berücksichtigt werden muss (im Folgenden kurz „Warnhinweis“). Im Bewertungstool PhytoSee werden seit der Version 4.0 die Warnhinweise automatisch in folgenden Feldern der Exportdatei ausgegeben: Für ungültige Bewertungen im Feld „Gesamtbewertung verbal stufig“, für eine abweichende Beprobung im Feld „Beprobung konform?“ und für den Biomasse-Parameter Chlorophyll a im Feld „Warn_Chla“.



Die gleichzeitige Unterschreitung mehrerer Anforderungen führt ebenfalls dazu, dass die Gesamtbewertung mittels des PSI ungültig ist (s. Fall e).

Die Anforderungen des PSI-Verfahrens sind nach dem bisherigen Wissensstand folgende:

- a) Bei Unterschreitung einer Beprobungszahl von 4 pro Jahr kann keinerlei Bewertung erfolgen. Es erfolgt auch keine Ausgabe(-zeile) für dieses Untersuchungsjahr im PhytoSee-Tool.
- b) Bei Unterschreitung der geforderten Beprobungszahl (6 Proben pro Jahr im Zeitraum zwischen März und November) um 1–2 Proben kann nur eine ungesicherte Bewertung erfolgen. Dies gilt insbesondere für die Zuordnung zum guten oder zum mäßigen Zustand. Der Warnhinweis lautet „Nur 4-5 Proben - Bewertung unsicher“!
- c) Die Anzahl der geforderten Indikatortaxa ist im PSI- Verfahren 4 Taxa im Jahresmittel. Bei Unterschreitung kann keine Bewertung mittels der Einzelkenngroße PTSI, und keine gesicherte Gesamtbewertung mit dem PSI, basierend auf den anderen beiden Metrics erfolgen. Der Warnhinweis lautet „Gesamtindex ohne PTSI Metrik ungültig“!
- d) Bei völligem Fehlen oder zu geringer Zahl von Chlorophyll a-Bestimmungen kann trotzdem eine Gesamtbewertung mittels des PSI vorgenommen werden. Der Biomasse-Metric basiert dann lediglich auf dem Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons. Da sich die europäische Interkalibrierung der Kenngröße „Phytoplankton Biomasse“ für die Tieflandseen (CB GIG) allein auf den Metric „Chlorophyll a“ stützt, ist das Bewertungsergebnis des PSI ohne Chlorophyll a-Wertung jedoch nicht ausreichend für eine Zustandsmeldung an die EG. Der Warnhinweis lautet „zu wenige Chla-Werte <4 - keine Bewertung“ des Parameters!
- e) Bei Unterschreitung der geforderten Beprobungszahl in Kombination einer fehlenden Bewertung mittels des Einzelparameters Chlorophyll a-Saisonwert im Rahmen des Metrics Biomasse, kann kein gesichertes Gesamtergebnis mittels des PSI erfolgen. Das PSI-Ergebnis ist dann ungültig. Dieser Fall wird im PhytoSee-Tool nicht gesondert gekennzeichnet, ergibt sich aber aus der gleichzeitigen Ausgabe der beiden dazugehörenden Warnhinweise.

4 PHYTOSEE – DAS AUSWERTUNGSPROGRAMM ZUR BERECHNUNG DES PHYTO-SEE-INDEX

Für die Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind umfangreiche Berechnungen mit den Untersuchungsdaten (hier Erhebungsdaten) anhand der Verfahrensanleitung durchzuführen, um die Gesamtbewertung nach dem Phyto-See-Index (PSI) zu erhalten. Das Auswertungsprogramm PhytoSee 6.0 ermöglicht die automatisierte Berechnung nach dem aktuellsten Verfahrensstand.

Seit PhytoSee 6.0 kann man an die Bewertung des Phytoplanktons mittels des Phyto-See-Index eine Klassifizierung von Grazing-Indizes für die zusätzlich zu importierenden Zooplankton-Daten anschließen. Für den Import der Zooplanktondaten, der Grazing-Index-Berechnungen und dem Export dient das Modul PhytoLoss. Die Anleitung zur Verwendung des PhytoLoss-Moduls sowie die Verfahrensbeschreibung PhytoLoss sind in gesonderten Dokumenten dokumentiert und nicht Bestandteil dieses Kapitels.

Erstmals wurde in Mischke (2008) die Software PhytoSee Version 2.0 (Mischke & Böhmer 14.12.2007) in einer Anleitung beschrieben. Seither wurden die in Kapitel 1-3 beschriebenen Verfahrensänderungen und –erweiterungen des Phyto-See-Index durch fortgeführte Aktualisierungen des Auswertungstools PhytoSee



begleitet (Mischke & Böhmer 2009, Mischke et al. 2013). Der Tool PhytoSee ermöglicht eine automatisierte Berechnung, so dass der Anwender sich überwiegend nur mit der Aufbereitung der Eingangsdaten beschäftigen muss. Die Excel-basierte Formatvorlage für die Eingangsdaten wurde in ihrer Anordnung der Felder seit 2008 nicht wesentlich verändert. Mit Hilfe hierarchisch aufgebauter Abfragen, die eine Seetyp-spezifische Berechnung der Bewertungswerte für die sechs bis acht Einzelkenngrößen gewährleisten, werden abschließend die Indices für die Metrics und der gewichtete Phyto-See-Index berechnet, und dieser gemeinsam mit den Zwischenergebnissen und den zugrunde liegenden Eingangsdaten in einer Export-Datei mit Felderläuterungen ausgegeben.

Im Programm sind intern alle bewertungsrelevanten Informationen enthalten:

- Die harmonisierte Taxaliste mit dem Identifikationscode (ID; Mischke & Kusber 2009),
- die 6 verschiedenen PTSI-Indikatorlisten mit Taxa-spezifischen Trophiewerten und Stenökiefaktoren für 484 verschiedene Indikatortaxa (s. Tabelle 32) und
- alle Konstanten der 186 Bewertungsfunktionen in der Access-Tabelle „Seen_Klassenmetrik“ zur Indexberechnung der Einzelkenngrößen der Metrics im Phyto-See-Index.

Grundsätzlich ist es möglich, die Eingangsdaten direkt in die Eingangstabellen der PhytoSee- Datenbank einzutragen oder diese zu korrigieren. So können neue Messorte direkt in der Tabelle „Gewässername_SeeNr“ eingetragen werden. Es empfiehlt sich jedoch, die Daten nach der hierfür bereitgestellten Formatvorlage in Microsoft Excel vorzubereiten, um keine Pflichtfelder für das PhytoSee-Tool zu übersehen.

Zusätzlich bietet das PhytoSee-Tool drei verschiedene Importhilfen, um die Daten vorzubereiten (Aufsummierungshilfe Kap. 4.2.3.1; Übersetzung von DV-kodierten Befunden Kap. 4.2.3.2; Erzeugung Proben- und Taxadaten bei DV-kodierten Befunden Kap. 4.2.3.3).

4.1 TECHNISCHE VORAUSSETZUNGEN UND ALLGEMEINE HINWEISE ZUR BENUTZUNG

Das Programm PhytoSee ist nicht Plattform unabhängig. Für die Benutzung des Auswertungsprogrammes PhytoSee ist das Microsoft Programm Access®, ab Version 2000 erforderlich. Die Funktionalität des Programmes PhytoSee 6.0 wurde bis Version Microsoft 2010 mit dem Betriebssystem XP getestet. Allgemein stehen alle Funktionen des Microsoft Programms Access® zur Verfügung, deren Benutzung im entsprechenden Handbuch zum Access-Programm von Microsoft erläutert wird.

Achtung: Alle PhytoSee-Programmversionen laufen nicht auf 64bit-System-Rechnern. Es ist geplant, im Jahr 2015 eine zusätzliche Programm-version für 64-bit-systeme zur Verfügung zu stellen.

Das zurzeit aktuelle Programm **PhytoSee_6_0_PhytoLoss_1_2_Format2003_11122014.mdb** und die nachfolgenden Aktualisierungen, im Folgenden kurz PhytoSee_XY.mdb genannt, sind kostenlos und mit offenem Quellcode unter folgender Internet-Adresse in der Rubrik „Sonstiges“ erhältlich:

http://www.igb-berlin.de/mitarbeitende-igb.html?per_page=0&search=lastname&for=Mischke&show=117#ankerartikel0

oder

Download unter Rubrik „Bewertungsdatenbanken“ : <http://www.igb-berlin.de/datenbanken.html>



Das Programm PhytoSee_XY.mdb ist eine geschützte Software und darf nicht zu kommerziellen Zwecken nachprogrammiert werden. Es ist so konzipiert, dass es als Datenbank für die erhobenen Phytoplankton- und Begleitdaten genutzt werden kann. Es garantiert eine platz sparende Aufbewahrung von großen Datenmengen und ermöglicht das Anlegen von selbst definierten Abfragen zu eigenen Zwecken. Im Wesentlichen ist die Datei PhytoSee_XY.mdb jedoch eine vorbereitete Access-Datenbank, die zum Einfügen der Erhebungsdaten vorgegebene Tabellen bereithält und danach automatisch die Berechnungen für den Phyto-See-Index durchführt.

Als Vorbereitung für die Ausführung muss das Auswertungsprogramm PhytoSee_XY.mdb aus der bereitgestellten ZIP-Datei mit zusätzlichen Informationen in einen Datei-Ordner des eigenen Rechners extrahiert werden.

Um zu testen, ob das PhytoSee-Tool mit der am eigenen Computer installierten Access-Programmversion kompatibel ist, sollte nach Öffnen der Datei zu Beginn das Button „Bewertungsergebnisse SEEN - Messstellen“ auf der Startseite angeklickt werden. Ist die Access-Version mit PhytoSee_XY.mdb kompatibel, erscheint nach wenigen Sekunden eine Tabelle mit den Bewertungsergebnissen für die vorhandenen Beispieldaten. Erscheint diese Tabelle nicht, sollte man die Microsoft Access Version 2010 verwenden.

Die Beispieldaten enthalten mindestens von jedem Seesubtyp der Phytoplanktonbewertung Eingangsdaten eines Untersuchungsjahrs und dienen als Testdatensatz zur Überprüfung, falls die Programmschritte mit einer anderen Plattform nachprogrammiert werden.

Um eine Verwechslung mit der Download-Datenbank und mit den Beispieldaten zu vermeiden, ist es empfehlenswert, das aus dem ZIP-Ordner extrahierte Datenbankmuster mit einem eigenen Dateinamen umzubenennen. Dies kann über eine übliche Ordner-Dateiname-Funktion erfolgen.

Im Folgenden werden einige allgemeine Hinweise für die Benutzung von Access-Microsoft-Datenbanken gegeben, für deren Vollständigkeit und für deren Funktionalität hier keine Haftung übernommen wird ((es wird Benutzung der originalen Programmhilfe von Microsoft empfohlen), deren Kenntnis aber die Voraussetzung für die Anwendung des Tools PhytoSee_XY ist.

4.1.1 LÖSCHEN UND ANFÜGEN VON DATEN IN ACCESS-TABELLEN

Nach dem Funktionstest (s.o.) können die im Datenbankmuster enthaltenen Beispieldaten in den Tabellen „Taxon_BV_Seen“ und „Probendaten_Seen“ gelöscht werden. Das Löschen erfolgt in Access nach Öffnen der gleichnamigen Tabelle mit dem Cursor durch Markierung der zu löschenden Tabellenzeile am äußersten linken Rand der Tabelle (grauer Rahmen), bzw. für die Markierung mehrerer Zeilen durch gleichzeitiges Drücken der Hochstelltaste, und danach durch den Access-Befehl „Datensatz löschen“. Es bleibt eine leere Tabelle übrig, die in ihren Feldeigenschaften vordefiniert ist.

Das Anfügen von Excel-Daten an eine Access-Tabelle kann über die Zwischenablage erfolgen:

- 1.) Kopieren des einzufügenden Wertebereichs (ohne Spaltenüberschrift!) aus einer vor-formatierten Excel-Tabelle in die Zwischenablage,
- 2.) öffnen des Access-Programmes und der entsprechenden Tabelle in Access durch Doppelklick und
- 3.) einfügen mit dem Access-Befehl "Start - Einfügen - Am Ende anfügen".

Voraussetzung dafür ist, dass die Anordnung (Reihenfolge) und die Feldeigenschaften hinsichtlich Text oder Zahl (s. nächstes Kapitel) in gleicher Weise in der Excel- und in der Access-Tabelle definiert sind. Um dies zu gewährleisten, sollte die mitgelieferte Formatvorlage_PhytoSee.xls für die Datenvorbereitung genutzt werden.



Die regulären, obligaten drei Eingangstabellen können über die vorbereitete Importfunktion (Button „Dateiimport“), unterstützt und geleitet durch Benutzerhinweise, in das PhytoSee-Tool schrittweise importiert werden (s. Kapitel 4.3), sodass das oben beschriebene Kopieren über die Zwischenablage nicht nötig ist.

Allerdings ist es für die Benutzung der drei zusätzlich nutzbaren Importhilfen nötig, das Anfügen von Daten in der oben beschriebenen Weise vorzunehmen. (In die Zwischenablage kopierte Excel-Daten an die gleichnamigen Access-Tabellen anfügen).

Fügt man Daten an eine Access-Tabelle an, ist kein gesondertes Abspeichern der PhytoSee_XY.mdb erforderlich, vielmehr erfolgt in Access unverzüglich nach jedem Verlassen des Cursors aus einem Feld oder nach dem Ausführen einer Anfügeabfrage das Abspeichern automatisch.

Damit sich die Dateigröße der Datenbank (xy.mdb) nicht durch zwischengespeicherte, aber nicht mehr benötigte Inhalte vergrößert, ist es sinnvoll, von Zeit zu Zeit den Befehl „Datenbank komprimieren und reparieren“ aus dem Register Datenbank-Dienstprogramme aufzurufen.

4.1.2 UNTERSCHIEDUNG VON FELDEIGENSCHAFTEN

Eine Datenbank erfordert unter anderem, dass vordefiniert wird, ob Einträge in einem Feld (Spalte) als Text (z.B. Seename), als Zahl (z.B. numerischer Wert einer Messung wie Chlorophyll a-Konzentration) oder als Ja/Nein-Feld eingetragen werden. Die Eingangsdaten müssen in Excel in gleichem Format und wie in der zum Programm gehörenden Formatvorlage gefordert wird, vorbereitet werden (s.a. Tabelle 27). Die Parameterdaten für Chlorophyll a, Sichttiefe oder Gesamtphosphor müssen z.B. numerische Zahlen sein, wenn sie in die Eingangstabelle „Probendaten-Seen“ eingetragen werden. Ein numerisches Feld kann als „Standard-Zahl“ oder als „Dezimalzahl“ mit einer festen Anzahl an Stellen hinter dem Komma definiert sein. Hingegen haben als „Standard“ formatierte Zellen kein bestimmtes Zahlenformat. Um jeglichen Datenverlust beim Datentransfer zwischen Excel- und Access-Tabellen zu vermeiden, ist es notwendig, dass die numerischen Felder in Excel als „Standard“ formatiert sind.

In numerischen Feldern können grundsätzlich keine Sonderzeichen wie < und > als Zahlen gelesen werden. Auch wenn nur eine einzelne Zelle einer Spalte als TEXT formatiert ist, kommt es zu Importproblemen. Für die Umwandlung von Parameterwerten, die kleiner als die Nachweisgrenze der Methode sind, werden die Werte üblicherweise mit dem halben Wert der Nachweisgrenze angegeben. In Feldnamen (Spaltenüberschriften) sind keine Sonderzeichen erlaubt: z.B. hochgestellte Zahlen oder Klammerzeichen oder &-Zeichen.

Es können keine Formatierungen des Zahlenformats (z.B. Runden auf eine Stelle hinter dem Komma) aus Access-Tabellen durch die Exportroutine nach Excel übertragen werden, so dass für die Export-Ausgabe die Anzahl an Dezimalstellen für die berechneten Index-Werte nicht festgelegt werden kann.

Hinweis für Einträge von Zahlen in ansonsten als Textfeld definierten Feldern (z.B. Feld „Seen Subtyp“): das Excel-Programm führt eine automatische Felderkennung neuer Einträge durch, die unerwünscht sind. Falls z.B. eine „13“ für den Seetyp 13 in der Datenvorbereitung in Excel eingetragen wird, muss die numerische Formatierung, die durch Excel automatisch durchgeführt wird, „überlistet“ werden: Durch den Excel-Befehl „Format“ >> „Zellen“ >> „Text“ wird die Zahl und alle markierten Felder als „Text“ behandelt. Ein weiterer Fehler, der durch die automatische Felderkennung entsteht, ist dass der Eintrag „11.1“ für den Seetyp 11.1 von Excel als „Datumfeld“ erkannt wird, sofern das Feld zuvor nicht als „Text“ formatiert ist.

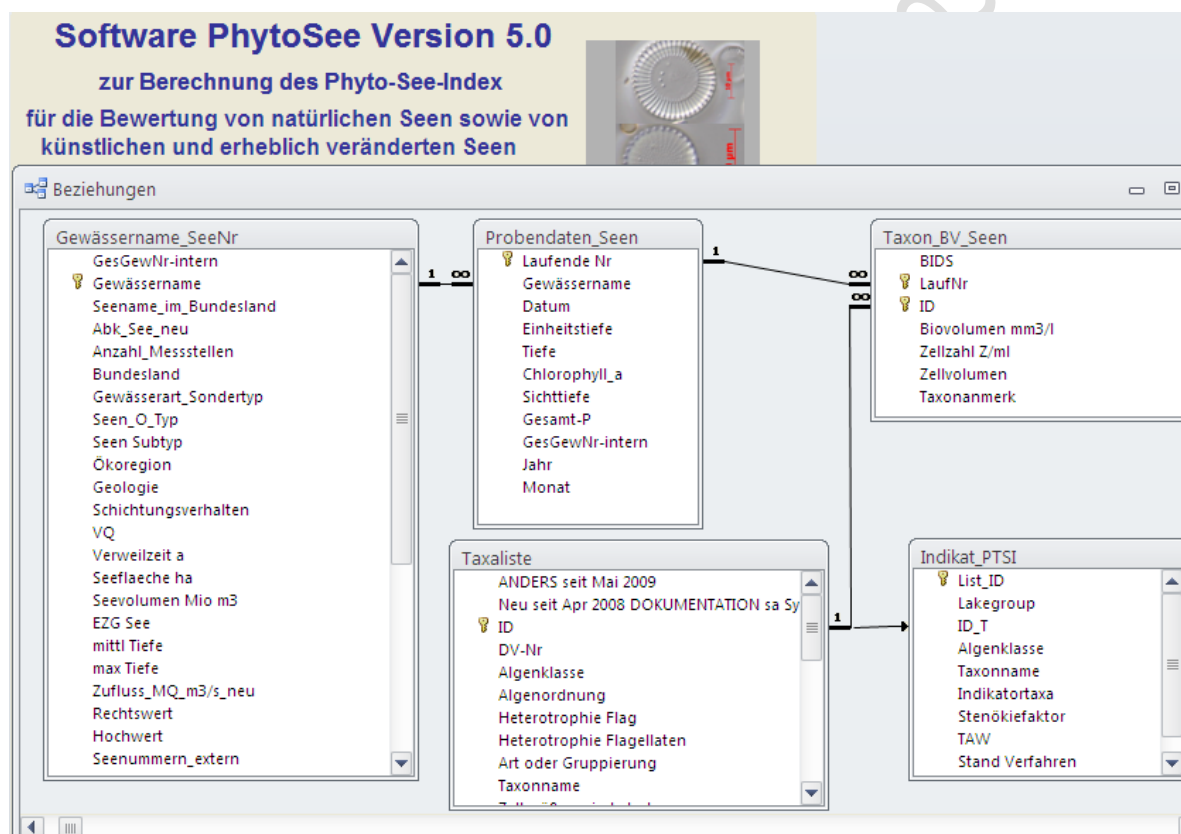
4.1.3 PRIMÄRSCHLÜSSEL UND DEREN HIERARCHISCHE STRUKTUR IM PHYTOSEE-TOOL



In Datenbanken sollten Tabellen mit einem Primärschlüssel versehen sein, der eindeutig jeder Zeile einer Tabelle zugewiesen ist (keine Mehrfachnennungen in der Primärtabelle möglich). Zu einem Primärschlüssel einer Tabellen können noch weitere Tabellen verknüpft sein, indem auch sie den Primärschlüssel enthalten. Damit alle verknüpften Tabellen ausschließlich gemeinsame Primärschlüssel enthalten (mit referentieller Integrität) ist es nützlich, wenn die Neueinträge in die verknüpften Tabellen nach einem hierarchischen Prinzip erfolgen. So ist es auch im PhytoSee-Tool vorgesehen (s. ABBILDUNG 1).

Im PhytoSee-Tool muss zuerst der Messort kodiert werden, danach die Probennummer mit den Probandaten eingetragen werden und als letztes die taxonomischen Befunde für die Arten des Phytoplanktons. Fehlt der Messort in der Access-Tabelle „Gewässername_SeeNr“, wird der Import der Probandaten verweigert. Fehlt die Probennummer (LaufNr) in der Liste „Probandaten_Seen“, wird der Import der Taxabefunde in Tabelle „Taxon_BV_Seen“ verweigert. Weiterhin ist der Bezug zur Taxaliste über das Feld „ID“ erforderlich. Weiterhin muss ein numerischer Wert in das Feld „Biovolumen mm3/l“ eingetragen sein.

Abbildung 1: Die Eingangstabellen in PhytoSee_XY.mdb mit ihren Verknüpfungsfeldern untereinander und zu der harmonisierten Taxaliste und der Indikatorliste des PTSI. Diese Anordnung gilt auch für PhytoSee 6.0.



In allen o.g. Fällen erfolgt eine automatische Fehlermeldung auf Schlüsselverletzung.

Bei Primärschlüsseln: „Der Datensatz kann nicht hinzugefügt oder geändert werden, da ein Datensatz in der Tabelle „XY“ in Beziehung stehen muss“

Bei Feldern für die die Eingabe erforderlich ist: „Sie müssen einen Wert in das Feld „XY“ eingeben“

Felder für Primärschlüssel und für weitere Felder, für die eine Eingabe als erforderlich vordefiniert wurde, sind Pflichtfelder im PhytoSee-Tool.



4.2 TABELLARISCHE ANORDNUNG DER ERHEBUNGSDATEN IN EINER FORMATVORLAGE

Als Erhebungsdaten gelten a) die Zuordnung des Untersuchungsgewässers zu einem Seetyp (s. Kapitel 2.2.5), b) die Chlorophyll a-Konzentration nach DIN, und c) die Biovolumina der einzelnen Taxa des Phytoplanktons, welche nach Anleitung in Nixdorf et al. (2010) an mindestens 6 Terminen pro Jahr ermittelt worden sind.

Die Erhebungsdaten müssen vor dem Import entsprechend einer Excel-basierten Formatvorlage angeordnet werden. Die Erhebungsdaten werden in 3 Tabellen gelistet, den so genannten Eingangstabellen. Pflichtfelder sind ein Messstellen-Identifikationscode, der Messstellenname und die Zuordnung zu einem Seetyp für die Phytoplankton-Bewertung, die über den Messstellenname und Messstellen-Identifikationscode verknüpfte Probenliste muss neben der Probennummer das Datum der Beprobung und die Chlorophyll a –Konzentration enthalten und die Taxa-Befunde benötigen deren Probennummer, den Taxa-Identifikationscode und das Taxabiovolumen. Fakultativ können weitere Einträge in die nicht pflichtmäßig erforderlichen Felder der Formatvorlage eingegeben werden, die die Interpretation der Bewertung mittels des Phyto-See-Index erleichtern. Dazu gehören die Gesamtposphorkonzentrationen und die Secchi-Sichttiefe. Seen mit speziellen Bedingungen oder die einem Sondertyp angehören (z.B. Talsperre), sollten im Feld „Gewässerart_Sondertyp“ informativ gekennzeichnet werden (s. Kap. 2.2.5.1).

Die Einträge in den Feldern für die Primärschlüssel müssen für einen zusammengehörigen Datensatz (Probe) in allen Tabellen in gleicher Weise erfolgen. Der Datentyp und die Herkunft der Einträge für die Pflichtdaten in den drei Eingangstabellen sind in Tabelle 27 erläutert.

Tabelle 27 Die Pflichtfelder zur Berechnung des Phyto-See-Index.

Name des Pflichtfeldes	Erläuterung
Gewässername	Textfeld: Inhalt benutzerdefiniert; Entspricht Messstellenname. Inhalt muss im entsprechenden Feld in den Eingangstabellen „Gewässername_SeeNr“ und „Probendaten_Seen“ identisch sein
Seen Subtyp	Textfeld: Die für den Phyto-See-Index definierten See-Sub-Typen müssen einem der Kürzel (1. Spalte) aus Tabelle 4 zugeordnet sein. 1, 2+3, 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 7, 8, 9, 10.1, 10.2, 11.1, 11.2, 12, 13, 14 AWB und HMWB-Seen und Sondertypen im Norddeutschen Tiefland erhalten hinter der Seetypnummer das Suffix "k" z.B. 10.1k Saure Bergbauseen erhalten hinter der Seetypnummer das Suffix "s"
GesGewNr-intern	Textfeld: Inhalt benutzerdefiniert; Entspricht Code für die Messstelle; Inhalt muss im entsprechenden Feld in den Eingangstabellen „Gewässername_SeeNr“ und „Probendaten_Seen“ identisch sein
GewässernameWB*	Textfeld: Inhalt benutzerdefiniert; Entspricht Seename oder Name des ausgewiesenen Wasserkörpers nach EU-WRRL. Repräsentiert die Messstelle, die unter Gewässername eingetragen ist, den gesamten See, kann für GewässernameWB der Eintrag aus Gewässername übernommen werden
GesGewNr-internWB*	Textfeld: Inhalt benutzerdefiniert; Entspricht Code für den gesamten See oder für den Code des ausgewiesenen Wasserkörpers
Auswahl	Ja / Nein-Feld: Muss für Index- Berechnung als „WAHR“ aktiviert sein
Laufende Nr = LaufNr	Zahlenformat (Standard-Wert): Dies ist eine Probennummer zur Kennzeichnung der Probe und wird vom Benutzer definiert: Sie kodiert Gewässername plus Datum plus ggf. Entnahmetiefe
Datum; „Jahr“;	Datumsformat: TT.MM.JJJJ oder ähnliche. Inhalt wird vom Benutzer definiert aus



„Monat“	dem Datum der Probenahme. Daraus abgeleitet: Pflichtfelder „Monat“ und „Jahr“
Chlorophyll_a	Zahlenformat (Standard-Wert): Konzentration von Chlorophyll a ($\mu\text{g/l}$) gemessen nach DIN (Phaeophytin a korrigiert) je Beprobungstermin
ID	Zahlenformat (ganze Zahl): Kennnummer der Taxa nach der harmonisierten Taxaliste des Phytoplanktons (s. Mischke & Kusber Mai 2009)
Biovolumen mm^3/l	Zahlenformat (Standard-Wert oder 9 Stellen hinter dem Komma): Mikroskopisch ermitteltes Biovolumen der Art oder des Taxon ($\text{mm}^3/\text{l} = \text{cm}^3/\text{m}^3$) berechnet aus Zellzahl/ ml und mittlerem Zellvolumen des Taxons (s. Nixdorf et al. 2010)

*Nur relevant für eine gemittelte Bewertung von Seen (Ausgabe in S_Wasserkörper_Bewertung), die an mehreren Messstellen beprobt und bewertet wurden

Neu für die Formatvorlage ist seit der Beschreibung von Mischke (2008):

- Das Arbeitsblatt "Seenjahr" wurde gelöscht, da nicht obligat
- Neues Arbeitsblatt "DV_kodiert" für DV-kodierte Befunde nach Mauch et al. 2003 aktualisiert nach der Internet- Version DV-Code vom September 2011.
- Neues Arbeitsblatt "DV_kodiert_m_Probendaten" für DV-kodierte Befunde mit Probendaten zur automatischen Erzeugung von Probennummern
- Die Anzahl der Felder (Spalten) wurde in der Tabelle „Probendaten_Seen“ reduziert

Die Vorbereitung der Erhebungsdaten besteht darin, diese nach den Angaben in der Datei „Formatvorlage_PhytoSee_Auswertungsprogramm_02_03.xls“ anzuordnen.

Die folgenden drei Eingangstabellen auf den gleichnamigen Arbeitsblättern der Excel-Datei sind zu füllen:

Gewässername_SeeNr: Pflichtfelder sind „GesGewNr-intern“; „Gewässername“; „Seen Subtyp“

Funktion der Tabelle: Zuordnung zu einem See(sub)typ, Zuordnung mehrere Messstellen ggf. zu einem Wasserkörper und Verknüpfung zu hydrologischen und morphometrischen Daten des Sees.

Taxon_BV_Seen: Pflichtfelder sind „LaufNr“; „ID“; „Biovolumen mm^3/l “

Funktion der Tabelle: Zuordnung des ermittelten Taxabiovolumens zur Taxakodierung (ID) und zur Probennummer (Laufende Nr). Platzsparende Listung aller Befunde. Ausgabe der vereinheitlichten Taxanamen durch Verknüpfung zur Taxaliste in Export-Tabelle „Taxaliste_Roh“. Im Fall von Zähllisten mit mehreren Größenklassen für ein Taxon (Mehrfachnennung) soll ersatzweise die Eingangstabelle „Aufsummierungshilfe“ benutzt werden (s. w. u.).

Probendaten_Seen: Pflichtfelder sind „Laufende Nr“; „Gewässername“; „Datum“; „Chlorophyll_a“; „GesGewNr-intern“; „Jahr“; „Monat“

Funktion der Tabelle: Zuordnung einer Probennummer (Laufende Nr), dem Datum (Beprobungsdatum) und den Trophieparametern wie Chlorophyll a-, Gesamtposphorkonzentration, Sichttiefe sowie Entnahmetiefe.

Neben den in Tabelle 27 aufgeführten, und in der Formatvorlage gekennzeichneten Pflichtfeldern gibt es eine Reihe anderer Felder, die für die Berechnung nicht obligat sind. Solche Felder müssen als Spalte und in gleicher Anordnung wie in der Formatvorlage mindestens als leere Felder mitgeführt werden.

4.2.1 WIE LISTET MAN DIE DATEN FÜR DIE EINGANGSTABELLE

„GEWÄSSERNAME_SEENR“?

Es gibt für diese Tabelle fünf für die Berechnung wesentliche Pflichtfelder (s. Tabelle 27): „GesGewNr-intern“; „Seename“; „Seen Subtyp“; „Auswahl“ (als „WAHR“ aktiviert) sowie die am Ende der Tabelle zu findenden



Felder „GesGewNr-internWB“; „SeenameWB“, die eine Zusammenfassung von mehreren Messstellen an einem Wasserkörper ermöglicht.

Der Einträge in den Feldern „GesGewNr-intern“ und „Gewässername“ müssen in Tabelle „Probendaten_Seen“ identisch eingetragen werden und beziehen sich auf die Messstelle.

Das Feld „Seen Subtyp“ muss entsprechend den durch das Verfahren definierten Bezeichnungen ausgefüllt werden (s. Tabelle 4). Das Suffix „k“ (z.B. 13k) wird zur Seetyp-Kennzeichnung von künstlichen und erheblich veränderten Seen genutzt und das Suffix „s“ (z.B. 13s) für die Kennzeichnung von sauren Bergbauseen. Das Feld muss als Textfeld formatiert sein.

Die Eingangstabelle „Gewässername_SeeNr“ enthält eine große Anzahl an fakultativen Feldern zu der Seemorphometrie, Hydrologie, Landnutzung im Einzugsgebiet und zu den Krüger-Gaus-Koordinaten. Diese Felder können leer bleiben oder später direkt in der Access-Tabelle nachgetragen werden.

Der Eintrag im Feld „Bundesland“ kann für eine Auswahl der Seen für den Export (Ausgabe) genutzt werden.

Falls das Untersuchungsgewässer ein Sondertyp ist, z.B. Talsperre, Marschengewässer oder Baggersee, muss auch ein Eintrag im Feld „Gewässerart-SonderTyp“ gemacht werden.

4.2.2 WIE LISTET MAN DIE DATEN FÜR DIE EINGANGSTABELLE „PROBENDATEN_SEE“?

Die Probennummer kodiert jeden Eintrag in der Eingangstabelle „Probendaten“ mit einer Probennummer (Laufende Nr) und fügt Angabe der Chlorophyll a-Konzentrationen, der Beprobungstiefe (Eu für Probe aus euphotischer Zone oder Epi für Epilimnionprobe) und weitere fakultative chemisch-physikalische Messgrößen hinzu (s. Beispiel in Tabelle 28). Die Probennummer darf nur einmal benutzt werden (keine Mehrfachnennungen möglich). Für das Pflichtfeld „Chlorophyll_a“ muss es pro Untersuchungsjahr mindestens 4 Werte geben. Die entsprechende Probennummer wird in der Liste der Taxabiovolumina des Phytoplanktons in der dritten Eingangstabelle „Taxon_BV_Seen“ wiederholt.

Tabelle 28 Eingangstabelle „Probendaten“ mit Beispiel.

Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld			Pflichtfeld			Pflicht-feld	Pflicht-feld	Pflicht-feld
					µg/l	m	µg/l			
Standard-Zahl	Textfeld	Datums-feld	Textfeld		Standard-Zahl	Standard-Zahl	Standard-Zahl	Textfeld	Standard-Zahl	Standard-Zahl
Laufende Nr	Gewässer-name	Datum	Einheits-tiefe	Tiefe	Chloro-phyll_a	Sichttiefe	Gesamt-P	GesGew-Nr-intern	Jahr	Monat
460001	Beutelsee	11.04.06	Eu		44	1,2	137	BRB3463	2006	4
460002	Beutelsee	30.05.06	Eu			1,8	118	BRB3463	2006	5
460003	Beutelsee	27.06.06	Eu		14,3	2	169	BRB3463	2006	6
460004	Beutelsee	25.07.06	Eu		23,9	1,6	111	BRB3463	2006	7
460005	Beutelsee	22.08.06	Eu		27,4	1	105	BRB3463	2006	8
460006	Beutelsee	26.10.06	Eu		4,4	3	218	BRB3463	2006	10

Die Felder „Gewässername“ und Feld „GesGewNr-intern“ dürfen hier mehrfach genannt werden und müssen genau gleich wie in der Tabelle „Gewässername_SeeNr“ geschrieben werden.

Es muss ein Eintrag in den Feldern „Datum“, „Monat“ und „Jahr“ für jede Probennummer vorhanden sein. Hinweis: Bei der Datenvorbereitung in Excel ist es möglich, die Felder „Monat“ und „Jahr“ automatisch aus dem



Datumsfeld (z.B. in D5) mit den folgende eingebauten Excel-Funktionen zu erzeugen: 1) in Feld Monat trage ein: +Monat(D5) und 2) in Feld Jahr trage ein: +Jahr(D5). Termine ganz am Anfang oder ganz am Ende des Monats können per Hand die Monatszahl des benachbarten Monats erhalten, falls der Benutzer dies aufgrund ungünstig verteilter Probenstermine für nötig hält. Dies kann zum Beispiel erforderlich sein, wenn für einen Monat 2 Termine vorliegen, nicht aber für den benachbarten Monat.

Der Eintrag der Chlorophyll a-Konzentrationen für die Probenstermine ist erforderlich. Allerdings wird auch ohne Chlorophyll a-Einträge der Biomasse-Index allein auf Basis des Gesamtbiovolumens des Phytoplanktons im PhytoSee-Tool berechnet, und ein entsprechender Warnhinweis ausgegeben.

Ein Primärschlüssel verhindert, dass Probenstermine mehrfach importiert werden. Es wird ein erneuter Import bereits vorhandene Einträge unter der gleichen Laufenden Nummer (Probennummer) blockiert und eine Fehlermeldung ausgegeben, dass für einen Teil oder für alle Datensätzen eine Schlüsselverletzung vorliegt und diese deshalb nicht angefügt werden können.

Eine solche Schlüsselverletzung kann entweder daher rühren, dass zuvor bereits für andere Proben die gleiche Laufende Nummer vergeben wurde, oder, dass zuvor ein (un-)vollständiger Datenimport des gleichen Datenpaketes versucht wurde. In beiden Fällen muss der Sachverhalt geprüft werden, und es müssen andere Probennummern („Laufende Nr“) vom Benutzer für die Probenstermine vergeben werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die „Laufende Nr“ die gleiche Probe wie in der Tabelle „Taxon_BV_Seen“ bezeichnet.

4.2.3 WIE LISTET MAN DIE DATEN FÜR DIE EINGANGSTABELLE TAXON_BV_SEEN“ ODER ALTERNATIV FÜR DIE „AUFSUMMIERUNGSHILFE“?

Folgt man den Methodenvorgaben für Probenahme und Analyse, erhält man je Probenstermin eine Liste der quantitativ erfassten Werte der Taxabiovolumeina (in mm³/l) von mindestens 15–20 Taxa des Phytoplanktons. Jeder Eintrag in dieser Liste wird mit zwei verschiedenen Verschlüsselungsnummern (kurz Codes) versehen: Erstens dem Taxa-Code (ID) und zweitens mit der Probennummer (LaufNr), entsprechend der Probe aus Tabelle „Probendaten_Seen“. Die Anordnung der Spalten muss wie

Zuordnung zum Taxa-Code

Alle gelisteten Taxa werden nach den Vorgaben in der harmonisierten Taxaliste (HTL nach Mischke & Kusber 2009) einem bestimmten Taxa-Code, der ID, durch den Anwender zugeordnet. Diese Taxa-ID stellt ein Verschlüsselungssystem für die Taxanamen dar, die man anhand der vorgegebenen Identifikationswerke (s. Spalte Identifikationswerk in der HTL) identifiziert hat. Durch die Taxa-ID, die ein damit auch das zu verwendende Bestimmungswerk zur taxonomischen Identifikation vorsieht, werden jedem Taxon ein einheitlicher akzeptierter Taxonname, zugeordnet, sowie viele weitere Informationen gegeben, wie der Autor und das Jahr der Erstbeschreibung, die Zugehörigkeit zu einem taxonomischen System (Klasse, Ordnung, Gattung) sowie zu den Indikatorlisten des Bewertungssystems (s. Tabelle 32).

Fakultativ sind die Felder „Taxonanmerk“, „Zellzahl (Zellen/ml)“ und das spezifische „Zellvolumen“. Die Spalte „BIDS“ bleibt leer, wird zum Import mit in die Zwischenablage kopiert und automatisch vom Programm PhytoSee ausgefüllt.

Wurden die Taxabefunde nach dem in vielen Bundesländern Deutschlands üblichen DV-Code der „Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands“ nach Mauch et al. (2003) kodiert und dies nach der aktualisierten Stand der Excel-Taxaliste vom September 2001, bietet der PhytoSee- Tool ab Version 5.0 eine Übersetzungstabelle, mit



deren Hilfe automatisch die DV-kodierten Befunde den verfügbaren Taxa der HTL zugeordnet werden (s.u. Importhilfe „DV_kodiert“).

Tabelle 29 Eingangstabelle Taxon_BV_Seen“ mit den Feldnamen in der ersten Zeile, Hervorhebung der Pflichtfelder und Beispieldaten in der 4.–6. Zeile.

BIDS	LaufNr	ID	Biovolumen mm3/l	Zellzahl Z/ml	Zellvolumen	Taxonanmerk
leer	Wie in Tabelle „Proben- daten_Seen“	Taxon_ID (Zahl) aus Taxaliste (HTL)	Als „Standard“ formatiert oder mit 9 Dezimal- stellen	Daten müssen „Standard“ for- matiert sein	Daten müssen „Standard“ for- matiert sein	Abweichung vom Taxonnamen in Taxaliste eintragen
	Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld			
	460001	55	0,628639371	889,16459	707	
	460001	222	0,476245864	284,32588	1675	
	460002	228	0,93119055	173,18031	5377	

Arbeitet man mit anderen Kodierungssystemen oder anderen Identifikationswerken (Bestimmungsschlüsseln) als in der HTL vorgesehen, ist der biologische Bearbeiter für die richtige Zuordnung zu Artname, Erstautor und Jahr der Erstbeschreibung zuständig. Er erhält Hilfestellung durch die Synonymliste (Kusber 2009). Wird ein sicher identifiziertes Taxon nicht in der HTL gefunden, sollte zuerst in der Synonyme-Liste gesucht werden, ob abweichend vom Bestimmungswerk der akzeptierte Taxanamen aktualisiert wurde, und deshalb anders in der HTL benannt ist.

Folgende Regeln sind bei der Zuordnung zur Taxon-ID zu beachten, wenn der ermittelte Artname nicht in der HTL aufgelistet ist:

Falls das Taxon nicht in der Synonymliste gefunden wird, wird es der ID des nächst höheren taxonomischen Niveaus zugeordnet, d.h. eine nicht gelistete Art wird der Taxon-ID des Gattungsniveaus zugeordnet, eine nicht gelistete Gattung der Taxon-ID der entsprechenden Ordnung usw. Zugleich sollte in diesem Fall in Feld „Taxonanmerk“ der originale Taxonname eingetragen werden.

Im Feld für Taxonanmerkungen werden auch unsichere Artbestimmungen vermerkt. Zum Beispiel wird aus *Aulacoseira* cf. *granulata* immer die Taxon-ID des Gattungsniveaus zugeordnet, aber im Feld Taxonanmerkung“ „*Aulacoseira* cf. *granulata*“ notiert. Der Eintrag unter „Taxonanmerk“ wird bei der Berechnung des Phyto-See-Index zwar komplett vernachlässigt, aber in der Export-Datei im Arbeitsblatt „Rohdaten“ ausgegeben. Des Weiteren werden Einträge unter „Taxonanmerk“ in zukünftigen Projekten zur Weiterentwicklung der der HTL ausgewertet.

Zuordnung der Taxabefunde zur Probennummer (=Laufende Nummer)

Alle Probenstermine des gleichen Messortes und der gleichen Gewässer-Identifikationsnummer müssen mit der gleichen Probennummer, der Laufenden Nummer, versehen werden. Diesen Schritt müssen die Anwender selber vornehmen. Da pro Untersuchungsjahr mindestens 6 Beprobungen erforderlich sind, müssen auch mindestens 6 Laufende Nummern vergeben werden. Dies kann dadurch geschehen, dass eine vorhandene numerische Nummer des Untersuchungslabors neben jeden Befund eines Taxabiovolumens eingetragen wird, oder aber es werden eigene Nummern vergeben. In Bundesländern, in denen eine Kombination aus Messortnummer und Datum zur



Identifikation der Probe dient, muss daraus mit Hilfe einer frei zu wählenden Berechnungsoperation eine eindeutige numerische Laufende Nummer erstellt werden. In der Eingangstabelle „Taxon_BV_Seen“ ist eine Mehrfachnennung der gleichen Laufenden Nummer für alle Taxa an diesem Termin erforderlich. Hingegen ist eine Mehrfachnennung der Taxonkennung „ID“ je Probe nicht gestattet. Deshalb wird der Import des jeweils zweiten, gleich kodierten Befundes im Programm PhytoSee verweigert. Die Befundeliste müssen dann mit der Aufsummierungshilfe vorbereitet und importiert werden.

Nachdem die Felder der Spalten „Taxon-ID“, „LaufNr“ und „Biovolumen mm3/l“ für jedes Taxon ausgefüllt sind, sind die Pflichtfelder in der Eingangstabelle „Taxon_BV_Seen“ erfüllt.

4.2.3.1 IMPORTHILFE „AUFSUMMIERUNGSHILFE“

Folgt man den mikroskopischen Auswertungsstrategie in Nixdorf et al. (2010), werden die größenvariablen Taxa in Größenklassen gezählt. Auf diese Weise entstehen in der Befundeliste Mehrfachnennungen unter der gleichen Taxon-ID unter der gleichen Laufenden Nummer. Die Taxabiovolumina-Werte müssen für die Index-Berechnung im PhytoSee-Tool aufsummiert sein. Dazu kann man die Aufsummierungshilfe im Programm PhytoSee nutzen.

Tabelle 30 Eingangstabelle „Aufsummierungshilfe“ bei Zählergebnissen in Größenklassen mit den Feldnamen in der ersten Zeile, zwei Beispielzeilen (3.–4. Zeile) und der Art der Zusammenfassung der Daten beim automatischen Anfügen an die Tabelle „Taxon_BV_Seen“ (letzte Zeile).

Laufende Nr	T_ID	Biovolumen mm3/l	Zellzahl Z/ml	Zellvol µm3 bzw Trichom-breite	Mess-einheit nicht Zelle	BID	Taxon-anmerkung
Wie in Tabelle „Proben-daten_Seen“	Taxon_ID (Zahl) aus Taxaliste (HTL)	Als „Standard“ formatiert oder mit 9 Dezimalstellen	Daten müssen „Standard“ formatiert sein	Daten müssen „Standard“ formatiert sein	leer	leer	Abweichung vom Taxon-namen in Taxaliste eintragen
Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld					
460006	55	0,199595					<30µm
460006	55	0,555199					>30µm
Gruppierung	Gruppierung	Summe	Summe	Mittelwert			Erster Wert

Die Aufsummierungshilfe ist eine Eingangstabelle, die ersatzweise zu der Eingangstabelle „Taxon_BV_Seen“ verwendet wird. Es ist hierfür nicht nötig, extra und ausschließlich nur die Befunde mit Mehrfachnennungen aus einem Datenpaket herauszusuchen, sondern es kann das gesamte Datenpaket (Befundeliste mit allen Taxa-ID und Biovolumina kodiert mit Laufender Nummer) über die Aufsummierungshilfe importiert werden. Die Anordnung der Erhebungsdaten erfolgt nach den Angaben der Formatvorlage und wie in Tabelle 30) Eingangstabelle „Aufsummierungshilfe“ und die Pflichtfelder sind wie bei Taxon_BV_Seen „Laufende Nr“, Taxakennung = „ID“ und „Biovolumen mm3/l“.

- Die Daten werden im Datenbereich der Eingangstabelle „Aufsummierungshilfe“ der Formatvorlage eingetragen.



- b) Der Datenbereich wird ohne die Spaltenüberschriften in die Zwischenablage einkopiert, und mit dem Access-Befehl Bearbeiten/„Am Ende anfügen“ angefügt an die geöffnete Access-Tabelle: „Rohdaten_Taxon_BV_mit_Groessenklassen“
- c) Wechsel der Access-Ansicht in die Ansicht „Abfragen“: Ausführen der ABFRAGE "Aufsummierung_Rohdaten_Groessenklassen" durch Doppelklick auf den Anfragenamen.

Danach erscheinen im Programmfenster nachfolgend zwei Fragen, die mit „Ja“ beantwortet werden müssen:

„Sie beabsichtigen, eine Anfügeabfrage auszuführen, die Daten in Ihrer Tabelle ändern wird.“

„Sie beabsichtigen X-Zeilen anzufügen?“

Daraufhin werden die aufsummierten Taxabiovolumina und alle weiteren erforderlichen Felder automatisch an die Eingangstabelle Taxon_BV_Seen“ angefügt. Für diesen Zweck werden nicht nur die Taxabiovolumina aufsummiert, sondern auch die anderen Felder gruppiert, aufsummiert, nur der erste Eintrag verwendet oder ein Mittelwert gebildet, wie in der untersten Zeile in Tabelle 30 für alle Felder spezifiziert ist.

Begründung für Ausschluss von Mehrfachlistungen: Die Bewertung nach Indikatorarten in der Kenngröße PTSI erfordert eine Umrechnung der Taxabiovolumina (graduell) in 8 Abundanzklassen (stufig, s. Tabelle 21). Die Teilbiovolumina des gleichen Taxons (z.B. im Fall von Zählung in Größenklassen) würden jeweils einer anderen Abundanzklasse zugeordnet werden, und dies ergibt im Mittel nicht die gleiche Abundanzklasse wie für den aufsummierten Wert des Biovolumens dieses Indikatortaxon.

4.2.3.2 IMPORTHILFE „DV-KODIERT“

Die Importhilfe „DV-kodiert“ soll dann benutzt werden, wenn die Tabellen „Gewässername_SeeNr“ und "Probendaten" (mit Laufender Nr und Chlorophyll a-Werten) bereits erstellt und importiert sind, und nur die Erstellung der Tabelle „Taxon_BV_Seen“ benötigen wird. (Falls noch keine Tabelle "Probendaten_Seen" erzeugt würde, kann die Importhilfe "DV_kodiert_mit_Probendaten" genutzt werden).

- d) Die Daten werden im Datenbereich der Eingangstabelle „DV-kodiert“ der Formatvorlage eingetragen.
- e) Der Datenbereich wird ohne die Spaltenüberschriften in die Zwischenablage einkopiert, und mit dem Access-Befehl Bearbeiten/Am Ende anfügen in die Access-Tabelle: „Rohdaten_DV_kodiert“ angefügt
- f) Wechsel der Access-Ansicht in die Ansicht „Abfragen“: Ausführen der ABFRAGE "Anfrageanfrage_bei_Rohdaten_DV_kodiert“ durch Doppelklick auf den Anfragenamen.

Danach erscheinen im Programmfenster nachfolgend zwei Fragen, die mit „Ja“ beantwortet werden müssen:

„Sie beabsichtigen, eine Anfügeabfrage auszuführen, die Daten in Ihrer Tabelle ändern wird.“

„Sie beabsichtigen X-Zeilen anzufügen?“

Dadurch werden die DV-kodierten Taxa einer Taxon-ID der harmonisierten Taxaliste automatisch zugeordnet und an die Accesstabelle "Taxon_BV_Seen" automatisch angefügt. Die Übersetzung erfolgt nach der Access-Tabelle "Translate_von_DV_Nr_nach_HTL".

Hinweis: Ein Anfügen von Taxa mit Mehrfachnennung (Größenklassen, etc.) ist nicht möglich, und erzeugt eine Fehlermeldung auf Schlüsselverletzung. In diesem Fall müssen die Taxa-Biovolumina des gleichen Taxons und der gleichen Probe vorab vom Bearbeiter aufsummiert werden.

4.2.3.3 IMPORTHILFE „DV KODIERT MIT PROBEDATEN“

Benutzen Sie die Importhilfe „DV-kodiert_m_Probendaten“, wenn Sie gleichzeitig die Tabelle "Probendaten_Seen" zusammen mit der Tabelle "Taxon_BV_Seen" aus Ihren DV-kodierten Daten erzeugen



möchten. Der Eintrag der Pflichtfelder für das Gewässer muss allerdings für die Eingangstabelle Tabelle „Gewässername_SeeNr“ bereits erfolgt sein (ansonsten werden mit den folgenden Abfragen 0 Zeilen erzeugt).

- a) Die Daten werden im Datenbereich der Eingangstabelle „DV-kodiert_m_Probedaten“ der Formatvorlage eingetragen.
- b) Der nach der Excel-Formatvorlage vorbereitete Datenbereich wird in die Zwischenablage einkopiert, und mit dem Access-Befehl Bearbeiten/Am Ende anfügen in die Access-Tabelle: „Rohdaten_DV_kodiert_mit_Probedaten“ angefügt
- c) Wechsel der Access-Ansicht in die Ansicht „Abfragen“: Ausführen der ABFRAGE "Anfueg_Probedaten_aus_TabRohdaten_DV_code_mit_Probedaten" durch Doppelklick auf den Anfragenamen.
- d) Anschließend ausführen der ABFRAGE "Anfueg_TAXA_bei_Rohdaten_DV_kodiert_mit_Probedaten" durch Doppelklick auf den Anfragenamen.

In Schritt c und d erscheinen im Programmfenster nachfolgend zwei Fragen, die mit „Ja“ beantwortet werden müssen:

„Sie beabsichtigen, eine Anfügeabfrage auszuführen, die Daten in Ihrer Tabelle ändern wird.“

„Sie beabsichtigen X-Zeilen anzufügen?“

Mit der Abfrage "Anfueg_Probedaten_aus_TabRohdaten_DV_code_mit_Probedaten" werden entweder

die im Feld „ProbenNr_org_Zahl“ eingetragenen Probennummern als „Laufende Nr“ verwendet, oder

bei fehlenden Eintrag oder bei Schlüsselverletzung, also bei Überschneidung der „ProbenNr_org_Zahl“ mit einer bereits vergebenen Probennummer, wird eine neue „Laufende Nr“ automatisch erzeugt. Dies geschieht durch Hinzuzählen von 1 zur größten in der Tabelle Probedaten_Seen“ vorhandenen Laufenden Nummer. Deshalb muss mindestens eine Probe mit einer „Laufenden Nr“ in der Tabelle vorhanden sein (Beispieltabelle „Probedaten_Seen_leer“).

Neben automatischen Zuordnung bzw. Erzeugung der Probennummer werden durch diese Abfrage auch die anderen Pflichtfelder der Access-Tabelle „Probedaten_Seen“ ausgefüllt.

Mit der anschließenden Abfrage "Anfueg_TAXA_bei_Rohdaten_DV_kodiert_mit_Probedaten" werden die DV-kodierten Taxa einer Taxon-ID der harmonisierten Taxaliste automatisch zugeordnet und an die Accesstabelle "Taxon_BV_Seen" automatisch angefügt. Die Übersetzung erfolgt nach der Access-Tabelle "Translate_von_DV_Nr_nach_HTL". Die Probennummer wird aus dem Feld „Laufende Nr“ aus der zuvor ausgefüllten Access-Tabelle „Probedaten_Seen“ automatisch zu den Taxonbefunden zugeordnet bzw. übernommen.

Hinweis: Ein Anfügen von Taxa mit Mehrfachnennung (Größenklassen, etc.) ist nicht möglich, und erzeugt eine Fehlermeldung auf Schlüsselverletzung. In diesem Fall müssen die Taxa-Biovolumina des gleichen Taxons und der gleichen Probe vorab vom Bearbeiter aufsummiert werden.

4.3 IMPORT DER IN EXCEL VORBEREITETEN EINGANGSTABELLEN NACH PHYTOSEE

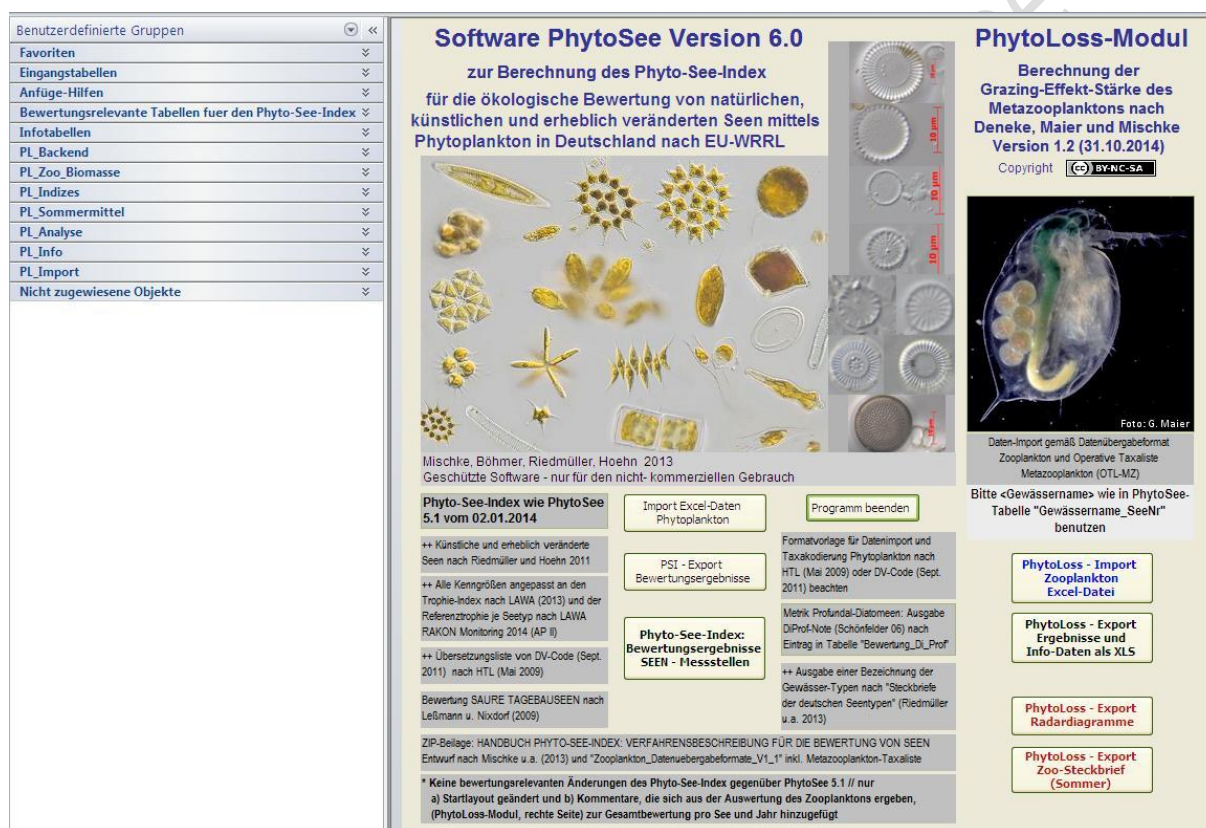
Das Programm PhytoSee hat auf dem Startformular eine Importfunktion und ein entsprechendes Button mit der Beschriftung „Import Excel-Daten“ für die Phytoplankton-Daten (s. ABBILDUNG 2, Mitte). Die regulär



gelisteten Taxabefunde (aufsummiert je Taxon und Probe sowie mit HTL-ID kodiert) können mit dem Import-Button-Funktion in die Eingangstabellen des Access-Programmes importiert werden. Die drei, in den vorherigen Unterkapiteln beschriebenen Importhilfen sind nicht Bestandteil der Importfunktion.

Die Importfunktion gewährleistet, dass die eingangs beschriebene, hierarchische Verknüpfung der Eingangstabellen beim Import eingehalten wird. Die drei in der Excel-Datei „Formatvorlage.xls“ vorbereiteten Eingangstabellen (jeweils ein Arbeitsblatt in Excel) werden über das Button "Import Excel-Daten" von dem Access-Programm PhytoSee_XY.mdb schrittweise aufgerufen, hinsichtlich unzulässigen Mehrfachnennungen geprüft, und anschließend importiert.

Abbildung 2: Startformular „PhytoSee_6_0_PhytoLoss_1_2_XY.mdb“ mit den Import- und Export-Button: Mitte für Phytoplankton und rechts für das Metazooplankton. Die im Programm integrierten Objekte sind über den Navigationsbereich aufzurufen, und sind gruppiert nach den „Eingangstabellen“, „Anfüge-Hilfen“, den „Bewertungsrelevanten Tabellen fuer den Phyto-See-Index“ und den nicht zugewiesenen Objekte. Die zum PhytoLoss-Modul gehörenden Objekte befinden sich in den mit „PL_“ gekennzeichneten Gruppen.



*Hier ausgewählte Ansichtsauswahl in Microsoft Access (2010) im Navigationsbereich (linke Seite) ist: benutzerdefinierten Gruppen / alle anzeigen / (Anzeigen als Liste) / sortiert nach Name

4.3.1 GEWÄSSERIMPORT

Button "Import Excel-Daten" auf dem Startformular von PhytoSee_XY.mdb drücken. Es erscheint:

Fenster: „1.Schritt: Gewässerimport – Wollen Sie Gewässerdaten importieren“ - Hier mit „Ja“ bestätigen und den Pfad für die Excel-Datei mit den vorbereiteten Eingangstabellen (Formatvorlage_Seen_XY.xls) in dem nun erscheinenden Fenster auswählen und durch Button „öffnen“ aufrufen. Abschließend erscheint das Fenster „Gewässerimport abgeschlossen – Import erneut aufrufen für weitere Daten“.

4.3.2 PROBENIMPORT

Button "Import Excel-Daten" auf dem Startformular von PhytoSee_XY.mdb drücken. Es erscheint das



Fenster: „1.Schritt: Gewässerimport – Wollen Sie Gewässerdaten importieren“ - Hier „Nein“ drücken. Es erscheint das

Fenster: „2.Schritt: Probenimport – Wollen Sie Probendaten importieren“ - Hier mit „Ja“ bestätigen und den Pfad für die gewünschte Excel-Datei mit den vorbereiteten Eingangstabellen (Formatvorlage_Seen_XY.xls) in dem nun erscheinenden Fenster auswählen und durch Button „öffnen“ aufrufen. Abschließend erscheint das Fenster „Probenimport abgeschlossen – Import erneut aufrufen für weitere Daten“.

4.3.3 TAXADATENIMPORT

Button "Import Excel-Daten" auf dem Startformular von PhytoSee_XY.mdb drücken. Es erscheint das

Fenster: „1.Schritt: Gewässerimport – Wollen Sie Gewässerdaten importieren?“ - Hier „Nein“ drücken. Es erscheint das

Fenster: „2.Schritt: Probenimport – Wollen Sie Probendaten importieren?“ - Hier „Nein“ drücken. Es erscheint das

Fenster: „3.Schritt: Probenimport – Taxadaten importieren“ - Hier mit „Ja“ bestätigen und den Pfad für die gewünschte Excel-Datei mit den vorbereiteten Eingangstabellen (Formatvorlage_Seen_XY.xls) in dem nun erscheinenden Fenster auswählen und durch Button „öffnen“ aufrufen. Abschließend erscheint das Fenster „Taxaimport abgeschlossen – Import erneut aufrufen für weitere Daten“.

Bei allen drei Import- Schritten erscheinen Warn-Meldungen in einem Fenster, wenn unzulässige Mehrfachnennungen (Schlüsselverletzungen) auftreten, entweder wenn die zu importierenden Daten schon in der Datenbank vorhanden sind oder die Probennummer oder ein Taxa-ID für eine Probe bereits vergeben sind. Es werden auch Hinweise zur Fehlerbehebung gegeben (ABBILDUNG 3).

Abbildung 3: Meldungen im Tool PhytoSee, wenn die zu importierenden Daten schon in der Datenbank vorhanden sind, um Mehrfachimport gleicher Daten zu verhindern

Alternativ zur Anwendung der Importhilfe ist im Kapitel 4.1.1 beschrieben, wie das Importieren der vorbereiteten drei Eingangstabellen auch ohne die Importfunktion funktioniert. Die in der Exceldatei vorbereiteten Datenbereiche werden kopiert und durch einen Anfüge-Befehl an die entsprechende und gleichnamige Access-Tabelle wie im Kapitel 4.1.1 und in der Formatvorlage beschrieben, angefügt.

4.3.4 LÖSCHEN VON UNVOLLSTÄNDIG IMPORTIERTEN DATENPAKETEN

Für den Fall, dass vom selben Datenpaket durch einen unvollständigen Datenimport bereits nicht aufsummierte Taxa-(teil)biovolumina in der Access-Eingangstabelle Taxon_BV_Seen vorhanden sind, müssen diese unbedingt komplett gelöscht werden, bevor ein Neuimport durch die Aufsummierungshilfe vorgenommen wird. Dazu werden alle Zeilen dieses Datenpakets in der Access-Tabelle markiert (identifizierbar mittels der Laufenden Nr) und mit dem Access-Befehl „Bearbeiten; Datensatz löschen“ das Löschen ausgeführt.

4.3.5 EINGABE DES EXTERN BERECHNETEN DiPROF-INDEX IN DEN PHYTO-SEE-INDEX

Für diesen Zweck wird die Eingangstabelle „DiProf“ in der Formatvorlage_.xls zur Datenvorbereitung genutzt.

Die automatisierte Berechnung der fakultativen Bewertungskenngröße DI-PROF nach Schönfelder (in Mischke et al. 2008) kann nicht mit dem Programm PhytoSee erfolgen.



Dies kann mit der Software (DiProfBerech.mdb) verwendet werden, die auf Anfrage zur Verfügung gestellt wird.

4.4 BERECHNUNG DES PHYTO-SEE-INDEX UND AUSGABE DER BEWERTUNGSERGEBNISSE

4.4.1 PRÜFEN DER VOLLSTÄNDIGKEIT DER BEWERTUNGSERGEBNISSE INNERHALB DES PHYTOSEE-TOOLS

Um die Berechnung des Phyto-See-Index und aller Metrics auszuführen, muss auf dem Startformular von PhytoSee_xy.mdb der Button „Bewertungsergebnisse Seen - Messstellen“ gedrückt werden, und die nun erscheinende Frage „Sollen alle Zwischenergebnisse neu durchgerechnet werden?“ mit „Ja“ beantwortet werden (anklicken). Die Antwort „Nein“ ist nur dann sinnvoll, wenn sich die Datengrundlage nicht verändert hat.

Es erscheint das blaue Infofenster „Berechnung läuft!“ – und je nach Umfang der Daten und der Rechnerleistung dauert es mehrere Sekunden und bis mehreren Minuten bis die Access-Abfragetabelle

„S_Gesamtbewertung_1“ erscheint. Für jedes Untersuchungsjahr und jeweils für jeden Messort getrennt, wird eine Zeile mit den Bewertungsergebnis, den erforderlichen Zusatzinformationen und mit ggf. mit Warnhinweisen (s. Kapitel 3.6.1) ausgegeben. Die Tabelle „S_Gesamtbewertung_1“ dient auch zur Kontrolle vor dem Exportieren der Ergebnisse, hinsichtlich der Vollständigkeit der gelisteten Untersuchungsjahre und der Messorte. Falls einige oder alle Untersuchungsjahre in der Liste der Tabelle „S_Gesamtbewertung_1“ fehlen, sollten folgende Eingaben überprüft werden:

- 1) Wurde der Eintrag in den Feldern „Gewässername“ und „GesGewNr-intern“ identisch in den Eingangstabellen „GewässernameSeeNr“ und „Probendaten_Seen“ geschrieben?
- 2) Fehlen vielleicht die Einträge im Feld „GesGewNr-intern“ der Eingangstabelle „Probendaten_Seen“ für jeden Beprobungstermin oder andere Pflichtfelder?
- 3) Prüfe den Eintrag im Feld „Seen Subtyp“ in der Eingangstabelle „Gewässername_SeeNr“ auf Übereinstimmung mit einem der Kürzel aus Tabelle 4 auf Seite 10.
- 4) Wurde die erforderliche Anzahl von mindestens 4 Beprobungen im Zeitraum März bis November unterschritten? In diesem Fall wird kein PhytoSee-Index berechnet und keine Ergebniszeile ausgegeben.

Bei korrekter Eingabe aller Pflichtfelder erscheinen alle Untersuchungsjahre in der Ergebnistabelle „S_Gesamtbewertung_1“.

Bitte beachten: Dem Eintrag des Feldes „Seen Subtyp“ wird in der Ergebnis-Tabelle S_Gesamtbewertung automatisch die Anfangsbuchstaben „PP „ für die Kennzeichnung der Biokomponente Phytoplankton hinzugefügt. Somit wird aus dem See- Subtyp 10.1 die Typ_Nr „PP 10.1“.

Bei Bedarf kann die Access-Tabelle „S_Gesamtbewertung_1“ direkt durch Cursor-Markierung im links obersten grauen Feld komplett in die Zwischenablage einkopiert werden und damit nach Excel exportiert werden.

4.4.2 AUSGABE DER BEWERTUNGSERGEBNISSE

Die reguläre Ausgabe der Bewertungsergebnisse in eine Excel-Datei erfolgt mit Erläuterungen für die Spaltennamen, indem der Button „Export Bewertungsergebnisse“ im PhytoSee Startformular angeklickt wird. Es öffnet sich ein Fenster „Auswahl der Datensätze nach Bundesland“ mit der Voreinstellung „alle“. Wird dieser Eintrag



durch die Anfangsbuchstaben eines Bundeslandes vom Anwender überschrieben und mit „ok“ bestätigt, findet eine entsprechende Auswahl für die Ausgabedatei statt. Danach erscheint das

Fenster „Speichern unter“, indem automatisch ein Dateiname vorgeschlagen wird:

z.B. PhytoSee-Export_5.0_15-08-2013_12-41Uhr.xls

Nach der Auswahl des Speicherorts wird die Export-Datei dort abgespeichert. Da die Berechnungen erneut ausgeführt werden müssen, kann dies mehrere Sekunden und bis zu mehreren Minuten dauern. Zur Info über die Wartezeit erscheint das Fenster „Berechnung läuft“. Zur Bestätigung eines erfolgreichen Exportes erscheint das Fenster mit der Meldung: „Daten wurden unter – x Datei-Pfad – abgespeichert“.

Die PhytoSee-Exportdatei enthält mehrere Arbeitsblätter und eine Vielzahl von Informationen. Eine Übersicht über die exportierten Ergebnisse findet sich in Tabelle 31. Es werden alle Feldüberschriften der Tabelle „Gesamtbewertung“ auf dem Arbeitsblatt „Info“ erläutert und zusätzlich die Programmversion angegeben.

Weiterhin werden einige Zwischenergebnisse der Einzelkenngrößenberechnung auf weiteren Arbeitsblättern der Exportdatei ausgegeben (s. Tabelle 31).

Tabelle 31 Erzeugte Excel-Arbeitsblätter in der Exportdatei vom PhytoSee-Tool.

Name des Arbeitsblattes	Neu?	Erläuterungen
Gesamtbewertung	erweitert seit PhytoSee 5.0	Phyto-See-Index je Messstelle und weiteres*
S_Wasserkörper_Bewertung	seit PhytoSee 4.0	Phyto-See-Index für den „Wasserkörper“: ggf. Mittelwert der Phyto-See-Indices mehrerer Messstellen eines Sees oder –beckens*
S_BW_BV_AlgK	seit PhytoSee 2.0	Bewertung von Gesamtbiovolumen, Saisonmittel Chla und Max Chla sowie Einzelergebnisse der Algenklassenbewertung
S_Klassen_Saison_Kreuztabelle (in PhytoSee 5.0 noch „S_Bew_Klassen_alle“)	anders in PhytoSee 5.1	Summierte Biovolumina und Prozentanteile der Algenklassen in den relevanten Bewertungszeiträumen und Gesamtbiovolumen.
S_PTSI_Tag	seit PhytoSee 2.0	Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI) pro Tag berechnet. Beachte: Beim PTSI werden Untersuchungen aus Wintermonaten nicht ausgeschlossen
S_PTSI_Taxa_Roh	seit PhytoSee 2.0	Liste aller verwendeten Indikatorarten je Planktonprobe mit TAW- und Stenökiewert und ihre Taxabiovolume und deren Transformation in eine der 8 Abundanzklassen (s. Tabelle 21) je Gewässer und Datum.
Taxa_Rohliste	seit PhytoSee 2.0 + Chl_a	Ausgabe der eingegebenen Taxabefunde mit Kodierung (ID) nach harmonisierter Taxaliste (s. Mischke & Kusber Mai 2009) und Probennummer, Seename, Chlorophyll a-Konzentration und Datum. Größenklassen einer Art je Ort und Datum sind aufsummiert
DV_Taxa_Uebersetzung_Import	neu	Dokumentation DV_Nr und gelieferter Taxonname und dessen Übertragung zu einer der Taxa und ID's der programm-internen harmonisierten Taxaliste (HTL)
Zoo_morpho_GILDEN_Phyto_export	neu	Ausgabe der eingegebenen Taxabefunde des Phytoplanktons gruppiert nach den Fraßgilden für das Zooplankton für die Berechnung im Modul "PhytoLoss"
Saure_Seen	neu	Phyto-See-Index je Messstelle (Biomasse & Diversität)

*Die Erläuterungen der Spaltennamen dieser Tabelle finden sich auf dem Info-Blatt in der Exportdatei

So kann der Benutzer zum Beispiel die vom Programm berechneten Prozentanteile der Algenklassen-biovolume am berechneten Saisonmittelwerte Gesamtbiovolumen (Ges_BV2) dem Arbeitsblatt „S_Klassen_Saison_Kreuztabelle“ entnehmen. Für die Benutzer ist auch von großem Interesse, welche der ermittelten Arten als Indikatorarten für den Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI) genutzt wurden und



welche Abundanzklasse, welchen Trophieankerwert (TAW) und Gewichtungsfaktor sie erhalten haben (in Exportarbeitsblatt „S_PTISI_Taxa_Roh“).

Das Programm wird mit dem Button „Programm beenden“ verlassen.

Neu für die aktuelle Exportdatei des Bewertungstools PhytoSee sind:

- Neue Felder in der Bewertungsausgabe sind „Version-Programm“, „Hochwert“, „Rechtswert“, „Seename_im_Bundesland“, „Beschreibung des Phytoplankton Seesubtyps“ sowie 5 neue Parameter für den Algenklassen-Metric.
- seit Version PhytoSee 4.0: Getrennte Bewertung von einer Messstelle (Arbeitsblatt „S_Gesamtbewertung“ und der anschließenden Bewertung eines Wasserkörpers ggf. als Mittel aus mehreren Messstellen (Arbeitsblatt „S_Wasserkörper_Bewertung“)
- Ausgabe der Bewertung für saure Bergbauseen (Arbeitsblatt „Saure_Seen_PSI“)
- Dokumentation der Zuordnung der mit DV-Code importierten Taxa zur harmonisierten Taxaliste des PhytoSee-Tools (DV_Taxa_Uebersetzung_Import)
- Ausgabe der Fraß-Gilden des Phytoplanktons für die Berechnung der Grazing-Effektstärke durch das Zooplankton

5 LITERATUR:

5.1 NATIONAL GELTENDE NORMEN, VERORDNUNGEN UND BESCHLÜSSE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

AQS-MERKBLÄTTER FÜR DIE WASSER-, ABWASSER- UND SCHLAMMUNTERSUCHUNG (2013): AQS-Merkblatt P8/5 „Probenahme in Seen“ Stand Mai 2013. AQS 19.Lfg. XII/13; Hrsg.: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Erich Schmidt Verlag. ISBN 978 3 503 03197 9.

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2013): Beschluss der Kommission vom 20. September 2013 zur Festlegung der Werte für die Einstufungen des Überwachungssystems des jeweiligen Mitgliedstaats als Ergebnis der Interkalibrierung gemäß der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Entscheidung 2008/915/EG (Bekanntgegeben unter Aktenzeichen C(2013) 5915) (Text von Bedeutung für den EWR) (2013/480/EU)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008): Entscheidung 2008/915/EG der Kommission vom 30. Oktober 2008 zur Festlegung der Werte für die Einstufungen des Überwachungssystems des jeweiligen Mitgliedstaats als Ergebnis der Interkalibrierung gemäß der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, 2008. Aktenzeichen K(2008) 6016).

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.

DIN 38412-16 (1985-12): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L); Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehaltes von Oberflächenwasser (L 16)

DIN EN 15204 (2006-12): Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die Zählung von Phytoplankton mittels der Umkehrmikroskopie (Utermöhl-Technik); Deutsche Fassung EN 15204: 2006

ISO 10260 (1992-07): Wasserbeschaffenheit; Bestimmung von biochemischen Parametern; Photometrische Bestimmung der Chlorophyll-a-Konzentration

LAWA-AO (2014): RaKon III – Arbeitspapier III: Untersuchungsverfahren für biologische Qualitätskomponenten LAWa-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung Produktdatenblatt 2.2.2 Stand 22.8.2012 In: Rahmenkonzeptionen zur Aufstellung von Monitoringprogrammen und zur Bewertung des Zustands von Oberflächengewässern - Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen.



<http://www.wasserblick.net/servlet/is/42489/> besucht am 06.11.2014

OGewV (Oberflächengewässerverordnung) (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil 1 Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 25. Juli 2011, S. 1429.

5.2 ZITIERTE LITERATUR

- Deneke, R., Maier, G., Mischke, U. (2013): Verfahrensvorschrift zur Verwendung verschiedener Grazing-Indizes (Z/P, MGI, CGI) in der Zooplankton-Analyse. Stand Januar 2013. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2010. 24 S.
- Hoehn E., Riedmüller U., Eckert B., Tworeck A., Leßmann D. (2009): Abschlussbericht: 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 - LAWA O 3.06
- Hofmann, G. & Schaumburg, J. (2005a): Seesedimente in Bayern: Simssee, Diatomeenflora in Sedimentkernen Dezember 2002. Materialienband Nr. 123 (Nov. 2005). Bayerisches Landesamt für Umwelt, 1-50.
- Hofmann, G. & Schaumburg, J. (2005b): Seesedimente in Bayern: Waginger-Tachinger See, Diatomeenflora in Sedimentkernen August 2002. Materialienband Nr. 121 (Nov. 2005). Bayerisches Landesamt für Umwelt, 1-76.
- Hofmann, G. & Schaumburg, J. (2005c): Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Seesedimente in Bayern: Waginger-Tachinger See Diatomeenflora in Sedimentkernen August 2002 Materialien Nr. 121 (Juni 2005) Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 77 S.
- Hübener, T., Werner, P., Adler, S., Schult, M., Meyer, H., Erlenkeuser, H. & Grootes, P. M. (2006): Abschlussbericht zum Projekt: Paläolimnologische Untersuchungen zur Rekonstruktion von typspezifischen Referenzzuständen in schleswig-holsteinischen Seen. Im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holsteins, Abteilung 4 – Gewässer durchgeführt Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften, Lehrstuhl Allgemeine & Spezielle Botanik, Rostock, 135 S.
- Hübener, T. (2009): Paläolimnologische Untersuchungen zur Rekonstruktion von typspezifischen Referenzzuständen in Schleswig-holsteinischen Seen (Seetypen 11, 14). Bericht. Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften, Rostock, 139 S.
- Järvinen M., S. Drakare, G. Free, A. Lyche-Solheim, G. Phillips, B. Skjelbred, U. Mischke, I. Ott, S. Poikane, M. Søndergaard, A. Pasztaleniec, J. Van Wichelen & R. Portielje (2013): Phytoplankton indicator taxa for reference conditions in Northern and Central European lowland lakes. *Hydrobiologia*, 704: 97–113
- Leßmann, D., Nixdorf, B. (2009): Konzeption zur Ermittlung des ökologischen Potenzials von sauren Bergbauseen, BTU -. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/download/BTU_Abschlussbericht_oekPotsaureBBSeen.pdf
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999): Gewässerbewertung – Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien. ISBN 3-88961-225-3, Kulturbuchverlag, Berlin, 74 S.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2001): Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren. Kulturbuchverlag, Berlin. 43 S.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2003): Gewässerbewertung - Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von Baggerseen nach trophischen Kriterien. Kulturbuchverlag, Berlin. 27 S.
- LAWA-Expertenkreis Seen (2013): Bewertung des ökologischen Potenzials von künstlichen und erheblich veränderten Seen. Arbeitspapier im Auftrag des ständigen Ausschusses Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Stand Januar 2013.
- Mathes, J., Plambeck, G. & Schaumburg, J. (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: Deneke, R. & Nixdorf, B. (Hrsg.), Implementierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. Aktuelle Reihe BTU Cottbus 5/2002, 15-24.
- Mauch, E., Schmedtje, U., Maetze, A. & Fischer, F. (2003): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands. Informationsber. Bayr. Landesamt f. Wasserw. 01/03. 388 S. Mit aktualisierten Internet Versionen als



- Excel-Datei vom März 07 und vom September 2011; Download: http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_fluesse/qualitaetssicherung/index.htm
- Mischke, U., J. Böhmer, U. Riedmüller & E. Hoehn (15.02.2013): "Software PhytoSee Version 5.0. Auswertungssoftware zur Berechnung des Phyto-See-Index (PSI) für die Bewertung von natürlichen Seen und HMWB und AWB -Seen gemäß der EG- Wasserrahmenrichtlinie". Free download: http://www.igb-berlin.de/mitarbeitende-igb.html?per_page=0&search=lastname&for=mischke&show=117#ankerartikel0
- Mischke, U. & W.-H. Kusber (2009): Die harmonisierte Taxaliste des Phytoplanktons für Seen und Flüsse in Deutschland. Excel Datei. Liste zur Kodierung des Phytoplanktons für die EG-WRRL und die Anwendung des Auswertungsprogrammes PhytoSee 4.0. Stand 20.05.2009
- Nixdorf, B., Hoehn, E., Riedmüller, U., Mischke, U., Schönfelder, I. & Bahnwart, M. (2008): Anforderungen an Probenahme und Analyse der Phytoplanktonbiozönosen in Seen zur ökologischen Bewertung gemäß der EU-WRRL. In: Mischke, U. & B. Nixdorf (Hrsg.), Gewässerreport (Nr. 10), BTUC-AR 2/2008, ISBN 978-3-940471-06-2, Eigenverlag BTU Cottbus, 147-184.
- Nixdorf, B., Hoehn, E., Riedmüller, U., Mischke, U. & I. Schönfelder (2010): III-4.3.1 Probenahme und Analyse des Phytoplanktons in Seen und Flüssen zur ökologischen Bewertung gemäß der EU-WRRL. In: Handbuch Angewandte Limnologie – 27. Erg.Lfg. 2/10 1. S. 1- 24
- Nixdorf, B., Mischke, U., Hoehn, E. & Riedmüller, U. (2006): Überarbeitete Fassung des Berichtes: Leitbildorientierte Bewertung von Seen anhand der Teilkomponente Phytoplankton im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, 190 S. <http://www.tu-cottbus.de/fakultaet4/de/gewaesserschutz/downloads/projekte.html>
- Poikâne S, Alves MH, Argillier C, van den Berg M, Buzzi F, Hoehn E, de Hoyos C, Karotki I, Laplace-Treytore C, Solheim AL, Ortiz-Casas J, Ott I, Phillips G, Pilke A, Pádua J, Remec-Rekar S, Riedmüller U, Schaumburg J, Serrano ML, Soszka H, Tierney D, Urbanič G, Wolfram G (2010) Defining Chlorophyll-a Reference Conditions in European Lakes. *Environmental Management* 45(6):1286–1298
- OECD - Organization for Economic Cooperation and Development (1982): Eutrophication of Waters – monitoring, assessment and control. Paris, 154 S.
- Riedmüller, Hoehn, Mischke, Deneke & Maier (2013a): Ökologische Bewertung von natürlichen, künstlichen und erheblich veränderten Seen mit der Biokomponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie Bericht LAWA Projekt O 4.10: 1-199.
- Riedmüller, U., Hoehn E., Mischke, U. (2013b): Trophie-Klassifizierung von Seen - Handbuch Trophie-Index nach LAWA 2013, November 2013). Freiburg, Berlin. 33 S.
- Riedmüller, U., Mischke, U., Hoehn, E. (2013c): Bewertung von Seen mit Hilfe allgemeiner physikalisch-chemischer Parameter. Seetypspezifische Hintergrund- und Orientierungswerte für die Parameter Gesamtphosphor und Sichttiefe. Im Auftrag und unter fachlicher Begleitung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – Expertenkreis Seen. Stand 6. März 2013. 10 S.
- Riedmüller, U., Mischke, U., Ritterbusch, D., Stelzer, J., Böhmer, C., Schranz, T., Pottgiesser, E., Hoehn (2013d): Steckbriefe der deutschen Seen-Typen - vorläufiger Abschlussbericht - im Auftrag des Umweltbundesamtes
- 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. 130 S.
- Schönfelder, I. (2004): Paläolimnologische Leitbildkonstruktion und biozönotisch basierte Bewertungsansätze für Flusseen am Beispiel der Diatomeen - Teilprojekt 1. Kurzfassung des Abschlussberichts. Landesumweltamt Brandenburg Referat Ö3, Potsdam. 19.
- Schönfelder, I. (2006): Anpassung des Bewertungsmoduls Diatomeenindex DI-PROF auf die Subtypen der Seen in Schleswig-Holstein. Im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein. Bericht Dezember 2006, 41 S.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol* 9, 1 38.
- Voigt, R. (1996): Paläolimnologische und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an Sedimenten aus Fuschlsee und Chiemsee (Salzburg und Bayern). *Dissertationes Botanicae* 270, 303 S.



5.3 BERICHTE ZU ANWENDERSTUDIE

(Auswahl)

- Arp W. & B. Koppelmeyer (2009): Monitoring von Phytoplankton und chemischen Parametern zur Indikation des ökologischen Zustandes in ausgewählten Seen Südbrandenburgs im Jahr 2008. - Bericht im Auftrag des Ministeriums für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg: 1 – 124.
- Arp W. & B. Koppelmeyer (2010): Biologisches und chemisches Monitoring zur Indikation des ökologischen Zustandes gemäß EU-WRRL in 83 Seen im Land Brandenburg - LOS 2. Endbericht im Auftrag des Landesumweltamtes des Landes Brandenburg. 153 Seiten + Anhang
- Arp W. & B. Koppelmeyer (2011): Biologisches und chemisches Monitoring zur Indikation des ökologischen Zustandes gemäß EU-WRRL in 42 Seen im Land Brandenburg - LOS 2 (Jahr 2010) im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg: 140 Seiten.
- Arp W. & R. Deneke (2007): Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons schleswig-holsteinischer Seen 2006 - Bericht für das Landesamt für Natur und Umwelt Abteilung 4 – Gewässer. 138 Seiten + Anhang
- Arp W. (2007): Untersuchungen des Phytoplanktons zur Indikation des ökologischen Zustandes in ausgewählten Seen und einem Fluß des Landes Brandenburg im Jahr 2006. - Bericht im Auftrag des Ministeriums für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg: 1 –93.
- Arp W., B. Koppelmeyer . K. Wöbbecke 2013: Monitoring zur Indikation des trophischen Zustandes gemäß EU-WRRL in 4 Seen im Land Brandenburg (Jahr 2012). Endbericht im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. 64 Seiten
- Arp, W. & G. Maier (2009): Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons schleswig-holsteinischer Seen 2008. Bericht für das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Schleswig-Holstein. 1-165 + Anhang
- Arp, W., J. Kasten & G. Maier (2010) Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons schleswig-holsteinischer Seen 2009 Bericht für das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Schleswig-Holstein. 170 Seiten + Anhang
- Napiórkowska-Krzebietke A., A. Pasztaleniec, A. Hutorowicz (2012): Phytoplankton metrics response to the increasing phosphorus and nitrogen gradient in shallow lakes. J. Elem. s. 289–303. DOI: 10.5601/jelem.2012.17.2.11 (test in 26 polnischen Seen).
- Nöges, P., U. Mischke, R. Laugaste & A. G. Solimini (2010): Analysis of changes over 44 years in the phytoplankton of Lake Vortsjarv (Estonia): the effect of nutrients, climate and the investigator on phytoplankton-based water quality indices. Hydrobiologia 646: 33–48.
- Riedmüller, U., A. Tworeck & E. Hoehn (2011): Phyto- und Zooplankton in Seen von Rheinland-Pfalz sowie ökologische Bewertung anhand der Biokomponente Phytoplankton nach EG-WRRL - Untersuchungsjahre 2008 und 2010 - im Auftrag des Landesamts für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
- Täuscher L. (2003): Qualitative und quantitative Untersuchungen des Phytoplanktons in Seen des Dahmegebietes im Land Brandenburg als Beitrag zu Grundlagen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union. Projektbericht Seenprojekt Brandenburg, Seddin: 61. + Anhang
- Täuscher L. (2004): Phytoplankton. – In: Meisel, J., L. Täuscher, T. Kabus, H. Henker & F. Vedder (2004): Ökologische und limnologische Untersuchungen zur wissenschaftlichen Vorbereitung der Umsetzung der EU-WRRL an Seen des Landes Brandenburg im Jahr 2003. Projektbericht Seenprojekt Brandenburg, 10-15, 26-29, 327-334, 338-344 + Anhang
- Täuscher, L., I. Schönfelder, I. Wiehle, H. Henker & T. Kabus (2008): Monitoring von Phytoplankton und chemischen Parametern zur Indikation des ökologischen Zustandes in ausgewählten Seen Nordbrandenburgs im Jahr 2007 – Bericht Institut für angewandte Gewässerökologie im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung , Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Seddin 109 S. + Anhang.
- Täuscher, L., I. Wiehle, I. Schönfelder & H. Henker (2009): Monitoring von Phytoplankton und chemischen Parametern zur Indikation des ökologischen Zustandes in ausgewählten Seen Nordbrandenburgs im Jahr 2008 – Bericht Institut für angewandte Gewässerökologie im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung , Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Seddin 88 S. + Anhang
- Täuscher, L., I. Wiehle, K. Kalies, I. Schönfelder, H. Henker, H. Kümmel (2010): Biologisches und chemisches Monitoring zur Indikation des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie in 42 Seen im Land Brandenburg im Jahr 2009. 79 Seiten.
- Täuscher, L., K. Kalies, H. Kümmel M. Opitz, I. Wiehle (2011): Biologisches und chemisches Monitoring zur Indikation des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie in 38 Seen im Land Brandenburg im Jahr 2010. Los 1 - im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt,



Tuvikene, L., T. Nöges, P. Nöges (2011): Why do phytoplankton species composition and “traditional” water quality parameters indicate different ecological status of a large shallow lake? *Hydrobiologia* (2011) 660:3–15

6 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Wertebereiche für dem Trophie-Index und für die Klassifizierungs-Indices des Phyto-See-Index-Verfahrens, Zuordnung zu einer Trophieklasse und Abkürzungen nach LAWA (1999) und Riedmüller et al. (2013b) für den Trophie-Index nach LAWA	3
Tabelle 2	Lage der Referenztrophie der deutschen Phytoplankton-Seetypen (s. Tabelle 4 Kriterien der Seetypen) in der Dimension des Trophie-Index (Einstufung Trophieklassen s. Tabelle 1). Seetypen nach Mischke et al. (2008) und Riedmüller & Hoehn (2011). Sortierung in den Ökoregionen nach Lage der Referenztrophie 4	
Tabelle 3	Indexwerte (PSI) und Zustandsklassen zur Herleitung der ökologischen Qualitätsverhältnisse (EQR). 7	
Tabelle 4	Phytoplankton-Seetypen in Deutschland sowie deren Zugehörigkeit zu den Seetypen nach Mathes et al. (2002). Grün = zur Typeinstufung führende Kriterien, rot = Hilfskriterien	10
Tabelle 5	Namen für die Phytoplankton-Seetypen einschließlich der Sub-Typen	10
Tabelle 6	Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Gesamtbiovolumen und seine seetypspezifischen Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1 angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 6a – 6e).....	15
Tabelle 7	Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Chlorophyll a Saisonmittel und seine seetypspezifischen Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1 angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 7a – 7e).....	17
Tabelle 8	Grenzen der Zustandsklassen des Parameters Chlorophyll a Maximum-Wert und seine seetypspezifischen Bewertungsfunktionen zur Berechnung des Bewertungswertes Y1 angeordnet in Seengruppen nach Ökoregion und bei gleicher Referenztrophie gruppiert (Tabelle 8a – 8e).....	19
Tabelle 9	Verwendung der Einzelkenngrößen (1. Spalte) als Saisonmittel (Sai) oder Spätsommermittel (JO) innerhalb des Metric „Algenklassen“ für die Bewertung der einzelnen See-Typen (2. Zeile) geordnet nach Zugehörigkeit zu einer Ökoregion und des verwendeten Datentyps (Biovolumen oder Prozentanteil). Es werden sowohl natürliche wie auch HMWB & AWB Seen mit den gleichen Größen bewertet.	21
Tabelle 10	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und ihre Berechnungsfunktionen für die Seetypen 1, 2 und 3 (Alpenvorseen) nach Stand 28. Juni 2007.	22
Tabelle 11	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und ihre Berechnungsfunktionen für Seetyp 4 (Alpenseen) nach Stand 28. Juni 2007.....	22
Tabelle 12	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumeiche, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 5 (23. November 2011). 22	
Tabelle 13	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumreiche, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 7 (23. 11. 2011).....	23



Tabelle 14	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumarme, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 8 (23. 11. 2011).	23
Tabelle 15	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für calciumarme, geschichtete Mittelgebirgsseen des Seetyps 9 (23. 11. 2011).	23
Tabelle 16	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für polymiktische Mittelgebirgsseen der VTQ- Subtypen des Seetyps 6 (Stand 23.11.2011).	24
Tabelle 17	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für geschichtete Tieflandseen des Seetyps 13 und des Seetyps 10 mit VQ-Subtypen (Stand 12.02.2013).	24
Tabelle 18	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für polymiktische Tieflandseen des Seetyps 11 mit Subtypen (Stand 12.02.2013).	25
Tabelle 19	Seetyp-spezifische Grenzwerte der Einzelkenngrößen des Metrics „Algenklassen“ und Berechnungsfunktionen für polymiktische Tieflandseen des Seetyps 12 und 14 (Stand 12.02.2013).	25
Tabelle 20	Indikatorlisten für den PTSI und die zugeordneten Seetypen nach Mathes et al. (2002)	26
Tabelle 21	Bildung von Abundanzklassen des durch die mikroskopische Analyse nach Nixdorf et al. (2010) ermittelten Biovolumens eines Indikatortaxons zur Verrechnung im PTSI.	27
Tabelle 22	Ermittlung des trophischen Status des Sees anhand des PTSI (Wertebereiche und trophischer Status entsprechen der LAWA-Trophieklassifizierung 1999 und Riedmüller et al. 2013c.)	27
Tabelle 23	Trophieoptimum- (TO-PROF _i) und Gewichtungswerte (G-PROF _i) für den Di-PROF nach Schönfelder (2006) erweitert um zugehörige Sippen in der DV-Liste nach Stand August 2007.	29
Tabelle 24	Klassengrenzen für die Bewertung norddeutscher glazial entstandener Seen mit dem Planktonmetric DI-PROF nach Schönfelder (2006).	30
Tabelle 25	Untere Grenzwerte (Shannon-Index und Evenness) zwischen dem höchsten, guten und mäßigen ökologischen Potential für die ökologische Bewertung anhand der Phytoplanktonzönose.	32
Tabelle 26	Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung des deutschen Phyto-See-Index (PSI) aus den Metrics. Die genauere Bezeichnung der See-Gruppen ist in Tabelle 20 und der Seetypen ist in Tabelle 5 aufgelistet.	33
Tabelle 27	Die Pflichtfelder zur Berechnung des Phyto-See-Index.	39
Tabelle 28	Eingangstabelle „Probendaten“ mit Beispiel.	41
Tabelle 29	Eingangstabelle „Taxon_BV_Seen“ mit den Feldnamen in der ersten Zeile, Hervorhebung der Pflichtfelder und Beispieldaten in der 4.–6. Zeile.	43
Tabelle 30	Eingangstabelle „Aufsummierungshilfe“ bei Zählergebnissen in Größenklassen mit den Feldnamen in der ersten Zeile, zwei Beispielzeilen (3.–4. Zeile) und der Art der Zusammenfassung der Daten beim automatischen Anfügen an die Tabelle „Taxon_BV_Seen“ (letzte Zeile).	44
Tabelle 31	Erzeugte Excel-Arbeitsblätter in der Exportdatei vom PhytoSee-Tool.	50
Tabelle 32	Indikatorliste des PTSI mit Trophiewerten (TAW) und Stenökiefaktoren (ST) für die 447 Indikatortaxa kodiert nach der harmonisierten Taxaliste (T_ID) und in den nach Tabelle 20 für die Seetypen zusammenfassenden sechs Seegruppen	58



7 ANHANG I BIS II

Anhang I

Modifikationen in der harmonisierten Taxaliste des Phytoplanktons seit der Version vom Mai 2009

<i>Taxonname</i>	Taxon ID nach HTL	DV-Nr	ANDERS seit Mai 2009	Seen PTSI incl MG u HMWB
<i>Cyclotella pseudocomensis</i>	3000	16867	Provisorisches Taxon Nachmeldung Cyclotella pseudocomensis	X
<i>Oscillatoria tenuis</i>	3001	8004	Neues Taxon! 6-11 µm breit; blaugrün-olivegrün; Altbefunde von O. tenuis wurden fälscherweise bisher zu Leptolyngbya tenuis (ID 427) zugeordnet	X
<i>Cyclotella balatonis</i>	3002	36300	Neues Taxon! Ausgrenzung aus Cyclotella radiosa (p.p. C. comta)	X
<i>Discostella</i>	3003	26287	Neues Taxon! Neue Gattung	X
<i>Discostella stelligera</i>	266	26897	vorläufig inclusive Discostella stelligeroides	X
<i>Cyclotella costei</i>	254	26891	Umbenannt - Synonym: Cyclotella cyclopuncta ist Syn von Cyclotella costei	X
<i>Surirella ovata</i>	1310	6016	Taxon streichen - Taxon ID nicht mehr verwenden; Übertrag Altbefunde nach ID 734	
<i>Aulacoseira pusilla</i>	1867	26882	Eintrag korrigiert fuer Mindestbestimmungsniveau	
<i>Mychonastes jurisii</i>	275	17310	Umbenannt - Pseudodictyosphaerium nach Mychonastes (Simpson & Van Valkenburg, 1978)	
<i>Neocystis/Mychonastes(Syn Pseudodictyosphaerium)/Choricystis</i>	883		Taxon streichen - Gruppierung nicht mehr benutzen; Pseudodictyosphaerium nach Mychonastes (Simpson & Van Valkenburg, 1978)	
<i>Kephyrion circumvallatum</i>	1610	7430	Taxon streichen - Nicht mehr benutzen; Ist Synonym von Pseudokephyrion circumvallatum (ID 1865)	
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	427	8176	Korrektur Synonymzuordnung; richtig mit Synonym Phormidium tenue; Nicht mehr: Oscillatoria tenuis (neues Taxon ID 3001) - war bisher völlig falsch hier mit zugeordnet	X
<i>Woloszynskia ordinata</i>	1744	8278	Taxon streichen - Auflösen nach Gymnodinium ordinatum (ID 1764) da Synonym	X
<i>Gymnodinium ordinatum</i>	1764	17506	Korrektur Synonymzuordnung; Synonym Woloszynskia ordinata hier zuordnen	



Anhang II

Tabelle 32 Indikatorliste des PTSI mit Trophiewerten (TAW) und Stenökiefaktoren (ST) für die 447 Indikatortaxa kodiert nach der harmonisierten Taxaliste (T_ID) und in den nach Tabelle 20 für die Seetypen zusammenfassenden sechs Seegruppen

		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
BAC	10	Acanthoceras					2,10	1	3,13	1	3,94	2		
BAC	1	Acanthoceras zachariasii					2,10	1	3,13	1	3,94	2		
BAC	8	Actinocyclus									4,95	3		
BAC	7	Actinocyclus normanii									4,95	3	4,17	1
BAC	12	Amphora ovalis	0,98	2					0,35	1				
BAC	73	Asterionella									2,18	1		
BAC	72	Asterionella formosa									2,18	1		
BAC	75	Aulacoseira ambigua	3,68	3	2,41	1	2,81	1	2,57	1	5,68	2	4,97	1
BAC	1277	Aulacoseira distans			1,67	1								
BAC	78	Aulacoseira granulata	3,22	1	4,20	2	3,97	1			4,35	1	4,21	1
BAC	77	Aulacoseira granulata Morphotyp curvata	3,22	1	4,20	2	3,97	1			4,35	1	4,21	1
BAC	79	Aulacoseira granulata var. angustissima	3,22	1	4,20	2	3,97	1			4,35	1	4,21	1
BAC	81	Aulacoseira islandica							3,47	2				
BAC	81	Aulacoseira islandica ssp. islandica	1,42	2			2,55	2						
BAC	82	Aulacoseira italica			1,41	1			2,87	2				
BAC	913	Aulacoseira italica var. tenuissima			1,41	1								
BAC	1045	Aulacoseira muzzanensis											5,50	4
BAC	84	Aulacoseira subarctica	1,39	3	2,27	1								
BAC	177	Cocconeis placentula							0,28	4			1,89	1
BAC	1260	Cyclostephanos delicatus			5,46	2							4,66	3
BAC	247	Cyclostephanos dubius	2,33	1	2,95	1	3,59	2			4,77	2	3,94	2
BAC	248	Cyclostephanos invisitatus	2,51	2	2,91	1	3,55	1	4,63	1	5,46	1	4,30	1
BAC	250	Cyclotella atomus											4,69	1
BAC	3002	Cyclotella balatonis			2,22	1	2,76	2			1,45	1	2,57	1
BAC	251	Cyclotella bodanica	0,90	2					0,31	1				
BAC	252	Cyclotella	0,80	3	1,33	2	0,65	2	0,32	3	1,01	2	1,70	2



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
		comensis												
BAC	254	Cyclotella costei	0,95	2	1,43	1			0,30	1				
BAC	255	Cyclotella delicatula	0,95	2									1,33	1
BAC	256	Cyclotella distinguenda	1,74	1										
BAC	257	Cyclotella distinguenda var. unipunctata							0,30	4				
BAC	870	Cyclotella krammeri							0,29	1				
BAC	870	Cyclotella kuetzingiana					0,68	2						
BAC	260	Cyclotella meneghiniana	1,35	1	4,33	2	2,44	2	3,57	2	4,45	1	3,80	1
BAC	261	Cyclotella ocellata	1,95	1	2,10	2	1,60	2	0,82	1	0,93	2	1,54	1
BAC	3000	Cyclotella pseudocomensis	1,11	2										
BAC	264	Cyclotella radiosa			2,22	1	2,76	2			1,45	1	2,57	1
BAC	872	Cyclotella tripartita					0,66	2	0,37	2				
BAC	269	Cymatopleura solea	0,85	3										
BAC	1016	Diatoma mesodon			0,49	4								
BAC	283	Diatoma tenuis					3,11	1			2,91	1	3,12	1
BAC	284	Diatoma vulgaris	0,91	2	1,90	1								
BAC	258	Discostella glomerata	0,86	2										
BAC	262	Discostella pseudostelligera			2,35	1	2,91	1	3,89	1				
BAC	266	Discostella stelligera			1,05	1							1,71	3
BAC	336	Fragilaria capucina	1,40	2			1,91	1	1,52	1	1,25	2	1,79	1
BAC	337	Fragilaria capucina radians - Sippen	1,40	2			1,91	1	1,52	1	1,25	2	1,79	1
BAC	338	Fragilaria capucina var. gracilis							1,52	1				
BAC	339	Fragilaria capucina var. rumpens							1,52	1				
BAC	1169	Fragilaria capucina var. vaucheriae	1,40	2			1,91	1	1,52	1	1,25	2	1,79	1
BAC	341	Fragilaria construens					1,79	1	2,98	1	2,74	1	3,15	1
BAC	1884	Fragilaria construens f. binodis					1,91	1			2,74	1	3,15	1
BAC	1170	Fragilaria construens f. venter					1,79	1			2,74	1	3,15	1
BAC	342	Fragilaria			2,32	1	1,84	1	1,79	1	1,98	1	1,72	1



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
		crotonensis												
BAC	343	Fragilaria cyclopum	1,16	3										
BAC	350	Fragilaria danica	1,04	3										
BAC	338	Fragilaria gracilis					1,91	1			1,25	2	1,79	1
BAC	339	Fragilaria rumpens											1,79	1
BAC	1246	Fragilaria tenera			1,13	1			0,52	2			1,45	1
BAC	348	Fragilaria ulna									2,70	1		
BAC	349	Fragilaria ulna angustissima - Sippen					3,63	1			4,05	1	3,85	1
BAC	352	Fragilaria ulna var. ulna	1,34	1							2,70	1		
BAC	369	Gomphonema											1,73	1
BAC	1175	Gomphonema micropus											1,73	1
BAC	1176	Gomphonema minutum											1,73	1
BAC	1177	Gomphonema olivaceum											1,73	1
BAC	1178	Gomphonema parvulum											1,73	1
BAC	1179	Gomphonema pumilum											1,73	1
BAC	392	Gyrosigma acuminatum							0,64	1				
BAC	446	Melosira varians									3,60	2		
BAC	1192	Navicula menisculus											1,30	4
BAC	494	Nitzschia acicularis - Formenkreis									4,30	1		
BAC	500	Nitzschia dissipata											1,31	1
BAC	502	Nitzschia fruticosa							5,83	2				
BAC	504	Nitzschia palea	1,06	1										
BAC	505	Nitzschia sigmoidea					1,16	2	1,82	2	2,11	1		
BAC	625	Rhizosolenia erensis			1,12	1								
BAC	626	Rhizosolenia longiseta					1,25	2	1,55	3				
BAC	634	Rhoicosphenia abbreviata											1,35	4
BAC	994	Skeletonema potamos							5,35	1	5,07	3	3,41	1
BAC	995	Skeletonema subsalsum							4,49	3				
BAC	896	Stephanocostis chantaica	0,80	4			0,71	2	0,34	2				
BAC	717	Stephanodiscus alpinus			2,15	1	2,71	1	0,72	1	2,02	1	1,75	1
BAC	719	Stephanodiscus binderanus	1,13	1			3,01	2	4,13	2				



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
BAC	721	Stephanodiscus hantzschii	3,28	3			2,16	1	3,30	1				
BAC	723	Stephanodiscus minutulus	1,51	1	3,36	1	2,07	2	3,33	2	2,32	1	3,08	1
BAC	725	Stephanodiscus neoastraea	1,59	3			1,94	1	3,37	1	2,62	1	3,26	1
BAC	1104	Surirella brebissonii											1,67	4
BAC	742	Tabellaria fenestrata	1,62	2	1,44	1	0,74	3	0,93	3	0,93	2	1,48	4
BAC	743	Tabellaria flocculosa	1,19	3	1,09	1	0,97	2	1,62	2			1,52	4
CHL	5	Actinastrum hantzschii			3,73	3	4,60	1	5,19	1	5,05	1	4,92	1
CHL	45	Ankistrodesmus	3,40	2										
CHL	39	Ankistrodesmus bibraianus	3,40	2										
CHL	41	Ankistrodesmus fusiformis	3,40	2										
CHL	1061	Ankistrodesmus gelifactum	3,40	2										
CHL	42	Ankistrodesmus gracilis	3,40	2										
CHL	44	Ankistrodesmus nannoselene	3,40	2										
CHL	46	Ankistrodesmus spiralis	3,40	2										
CHL	1801	Ankistrodesmus stipitatus	3,40	2										
CHL	52	Ankyra					3,71	2	2,50	1				
CHL	48	Ankyra ancora					3,71	2	2,50	1				
CHL	49	Ankyra judayi	2,74	2			3,71	2	2,50	1	1,89	1	2,88	1
CHL	50	Ankyra lanceolata	2,12	1			3,71	2	2,50	1	1,83	3		
CHL	94	Botryococcus braunii	0,83	2	1,76	1	0,71	1	0,80	1				
CHL	100	Carteria	3,06	2			2,05	1	0,97	1	4,40	2	1,62	1
CHL	1010	Carteria globulosa	3,06	2			2,05	1	0,97	1	4,40	2	1,62	1
CHL	1802	Carteria klebsii							0,97	1				
CHL	1802	Carteria klebsii	3,06	2									1,62	1
CHL	1011	Carteria multifilis	3,06	2			2,05	1	0,97	1	4,40	2	1,62	1
CHL	99	Carteria pseudomultifilis	3,06	2			2,05	1	0,97	1	4,40	2	1,62	1
CHL	1006	Characium	3,92	3										
CHL	109	Chlamydocapsa planctonica	2,62	1										
CHL	122	Chlorella	3,86	2			2,39	1	3,54	1	4,81	1		
CHL	120	Chlorella ellipsoidea	3,86	2			2,39	1	3,54	1	4,81	1		
CHL	1530	Chlorella minutissima	3,86	2					3,54	1				
CHL	121	Chlorella pyrenoidosa	3,86	2			2,39	1	3,54	1	4,81	1		
CHL	123	Chlorella vulgaris	3,86	2			2,39	1	3,54	1	4,81	1		
CHL	126	Chlorogonium							0,99	1				



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
CHL	1531	Chlorogonium elongatum							0,99	1				
CHL	1805	Chlorogonium fusiforme							0,99	1				
CHL	126	Chlorogonium intermedium							0,99	1				
CHL	126	Chlorogonium tetragamum							0,99	1				
CHL	749	Chlorotetraedron incus					4,93	3	5,51	3				
CHL	179	Coelastrum astroideum	3,30	1	3,26	2	2,86	2	3,86	2	3,55	1	4,62	1
CHL	181	Coelastrum microporum	2,36	2									4,98	1
CHL	182	Coelastrum polychordum	2,80	1										
CHL	183	Coelastrum pseudomicroporu m	3,18	2									5,38	3
CHL	184	Coelastrum reticulatum	2,65	1	3,22	1	1,89	3						
CHL	194	Coenocystis planctonica							0,29	3				
CHL	213	Crucigenia									2,05	1		
CHL	210	Crucigenia fenestrata									2,05	1		
CHL	212	Crucigenia quadrata	3,12	4							2,05	1		
CHL	214	Crucigenia tetrapedia					4,87	1			2,05	1		
CHL	215	Crucigeniella apiculata									4,73	4	5,40	2
CHL	216	Crucigeniella pulchra			0,86	2								
CHL	217	Crucigeniella rectangularis					1,99	1	1,03	1				
CHL	288	Dictyosphaerium ehrenbergianum					4,01	2	4,55	2				
CHL	289	Dictyosphaerium pulchellum					2,27	1	3,60	1	2,25	1	3,05	1
CHL	291	Dictyosphaerium tetrachotomum					0,95	1	1,51	1				
CHL	320	Eudorina elegans	3,09	2							4,59	2	4,03	2
CHL	1584	Fotterella tetrachlorelloides							1,73	2				
CHL	366	Golenkinia radiata			2,57	2	4,23	1	4,73	1				
CHL	405	Kirchneriella contorta			3,31	1								
CHL	408	Kirchneriella lunaris			1,71	2								
CHL	420	Lagerheimia ciliata	3,42	1	3,62	1	3,83	1	4,30	1			4,82	2
CHL	422	Lagerheimia genevensis			2,67	1	3,15	1	3,95	1				
CHL	425	Lagerheimia subsalsa	3,24	1	5,39	1								



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
CHL	450	Micractinium pusillum	3,80	2	4,73	1	3,29	1	3,98	1				
CHL	464	Monoraphidium arcuatum			4,59	1			4,04	1			4,85	1
CHL	468	Monoraphidium contortum							3,05	1				
CHL	469	Monoraphidium griffithii	3,20	1							5,34	1	4,87	1
CHL	471	Monoraphidium komarkovae			2,71	1	2,33	1	3,67	1	5,09	3	4,56	1
CHL	472	Monoraphidium minutum	3,97	2			3,90	2			2,82	2		
CHL	474	Monoraphidium tortile			3,12	1								
CHL	489	Nephrochlamys subsolitaria	6,50	2										
CHL	490	Nephrocytium agardhianum	1,89	2										
CHL	513	Oocystis borgei									5,01	1	5,43	4
CHL	514	Oocystis lacustris									2,70	1	3,22	1
CHL	515	Oocystis marssonii					2,22	2	3,27	2				
CHL	527	Pandorina morum	1,77	1	2,47	1					4,55	2	2,65	1
CHL	534	Pediastrum boryanum			5,01	1								
CHL	1848	Pediastrum boryanum var. brevicorne			5,01	1								
CHL	928	Pediastrum boryanum var. longicorne			5,01	1								
CHL	535	Pediastrum duplex	3,27	2	3,96	1			4,92	1				
CHL	536	Pediastrum duplex var. gracillimum	3,27	2	3,96	1								
CHL	539	Pediastrum simplex	2,83	2	3,68	2			3,70	2	4,91	1		
CHL	1668	Pediastrum simplex var. echinulatum	2,83	2	3,68	2								
CHL	541	Pediastrum tetras	3,36	3	2,86	1							4,73	1
CHL	565	Phacotus			4,53	1					4,89	1		
CHL	564	Phacotus lenticularis	2,30	1	4,53	1					4,89	1		
CHL	762	Pseudotetrastrum punctatum											5,18	4
CHL	614	Quadrigula pfitzeri			0,96	4	0,78	2	1,14	2	0,93	4	1,74	1
CHL	639	Scenedesmus acuminatus			3,84	1	4,97	1	5,10	1	5,11	2	5,31	1
CHL	641	Scenedesmus acutus									6,06	1	4,76	3
CHL	643	Scenedesmus armatus			3,51	1								



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
CHL	644	Scenedesmus arthrodesmiformis			4,14	1								
CHL	645	Scenedesmus bicaudatus			5,31	1					0,99	1		
CHL	650	Scenedesmus costato-granulatus	2,56	1	1,47	1	0,76	2	1,16	1			1,86	1
CHL	651	Scenedesmus denticulatus											4,90	1
CHL	652	Scenedesmus dimorphus			4,94	1							5,53	3
CHL	653	Scenedesmus disciformis	2,48	1	4,66	1							5,55	3
CHL	655	Scenedesmus ecornis	2,86	1	2,02	1								
CHL	662	Scenedesmus linearis	1,83	1	2,50	1	3,42	2	1,56	1				
CHL	663	Scenedesmus longispina											5,46	1
CHL	666	Scenedesmus obtus	2,18	1										
CHL	667	Scenedesmus opoliensis					4,99	2	5,64	2	5,15	1	5,48	2
CHL	669	Scenedesmus quadricauda			2,75	1								
CHL	673	Scenedesmus sempervirens											5,01	1
CHL	1102	Scenedesmus smithii											5,22	2
CHL	679	Scenedesmus verrucosus									1,64	1		
CHL	683	Schroederia	2,59	1	4,39	1	3,79	1	4,44	1	2,15	1		
CHL	1034	Schroederia / Pseudoschroederi a			4,39	1			4,44	1				
CHL	1790	Schroederia indica	2,59	1	4,39	1			4,44	1				
CHL	990	Schroederia nitzschoides	2,59	1	4,39	1	3,79	1	4,44	1	2,15	1		
CHL	682	Schroederia setigera	2,59	1	4,39	1	3,79	1	4,44	1	2,15	1		
CHL	991	Schroederia spiralis	2,59	1	4,39	1	3,79	1	4,44	1	2,15	1		
CHL	746	Tetrachlorella alternans	1,86	3	3,90	2	0,72	1						
CHL	748	Tetraedron caudatum			3,41	1					4,85	1	5,03	1
CHL	751	Tetraedron minimum									3,83	1	4,50	1
CHL	755	Tetraedron triangulare			3,03	1							5,04	1
CHL	922	Tetrastrum elegans			2,99	1								
CHL	764	Tetrastrum staurogeniaeform e							5,43	2	3,17	1		
CHL	765	Tetrastrum triangulare	1,53	1			4,07	1			4,20	1		



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
CHL	775	Treubaria triappendiculata			3,57	1								
CHL	814	Volvox	2,92	3					4,52	4				
CHL	812	Volvox aureus	2,92	3					4,52	4				
CHL	813	Volvox globator	2,92	3					4,52	4				
CHL	815	Willea irregularis	1,44	2					0,40	2				
CHL	817	Willea vilhelmii					1,03	3	0,43	3				
CHR	93	Bitrichia			0,92	3								
CHR	90	Bitrichia chodatii	0,96	3	0,92	3	0,70	3	0,78	3				
CHR	1009	Bitrichia danubiensis			0,92	3								
CHR	91	Bitrichia longispina			0,92	3								
CHR	92	Bitrichia ochridana			0,92	3								
CHR	1519	Bitrichia ollula			0,92	3								
CHR	1520	Bitrichia phaseolus			0,92	3								
CHR	131	Chromulina							0,46	1			1,48	1
CHR	129	Chromulina crassa							0,46	1			1,48	1
CHR	130	Chromulina minima							0,46	1			1,48	1
CHR	1532	Chromulina rosanoffi							0,46	1			1,48	1
CHR	142	Chrysamoeba					0,92	2	1,48	2				
CHR	151	Chrysolykos planctonicus	1,37	1	0,93	2			0,30	3				
CHR	152	Chrysolykos skujae	0,88	2										
CHR	306	Dinobryon									1,45	1		
CHR	296	Dinobryon bavaricum	2,01	1	1,56	1	1,65	1	1,23	3	1,04	1	1,40	4
CHR	297	Dinobryon crenulatum			0,84	2	0,80	1	1,05	1				
CHR	298	Dinobryon cylindricum			1,11	1	0,90	1	1,35	1	0,98	1	2,17	1
CHR	299	Dinobryon divergens	1,24	1	0,89	2	1,08	1	0,89	1	1,69	1	1,42	1
CHR	300	Dinobryon divergens var. schauinslandii	1,24	1			1,08	1			1,69	1		
CHR	302	Dinobryon sertularia	1,71	1	0,82	1	1,15	2	1,67	2				
CHR	1569	Dinobryon sertularia var. protuberans	1,71	1	0,82	1								
CHR	303	Dinobryon sociale	1,51	1	1,04	1	1,70	1			1,75	1	1,94	3
CHR	304	Dinobryon sociale var. americana	1,51	1	1,63	1	1,70	1	1,40	2	1,75	1	1,94	3
CHR	305	Dinobryon sociale var. stipitatum	1,51	1	1,04	1	1,70	1	1,10	2	1,75	1	1,94	3
CHR	307	Dinobryon suecicum			0,78	1								



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
CHR	1579	Epipyxis tubulosa							0,50	4				
CHR	1611	Kephyrion littorale											1,46	4
CHR	400	Kephyrion rubri- claustrii							0,38	1				
CHR	402	Kephyrion tubiforme							0,28	2				
CHR	438	Mallomonas akrokomos	3,21	2					3,23	1				
CHR	439	Mallomonas caudata	2,45	2	1,75	1	2,60	1						
CHR	512	Ochromonas					1,74	1						
CHR	508	Ochromonas globosa					1,74	1						
CHR	509	Ochromonas nana					1,74	1						
CHR	510	Ochromonas ornata					1,74	1						
CHR	511	Ochromonas sphaerella					1,74	1						
CHR	599	Pseudokephyrion entzii			1,23	1					1,50	1	1,73	1
CHR	1786	Pseudokephyrion hyalinum			0,69	4								
CHR	889	Pseudokephyrion pseudospirale							0,28	4				
CHR	601	Pseudopedinella erkensis	1,01	1					0,67	1			1,51	1
CHR	1718	Spiniferomonas cornuta			1,16	1								
CHR	850	Stichogloea doederleinii			0,72	4	0,66	2	0,39	2				
CHR	740	Synura	3,39	3			3,20	3	4,16	3	2,08	1		
CHR	1311	Synura sphagnicola	3,39	3			3,20	3	4,16	3	2,08	1		
CHR	741	Synura uvella	3,39	3			3,20	3	4,16	3				
CHR	811	Uroglena	1,65	1	0,94	1	1,30	1	1,21	1			1,58	4
CHR	810	Uroglena americana	1,65	1	0,94	1	1,30	1	1,21	1			1,58	4
CHR	811	Uroglena americana / volvox							1,21	1				
CON	158	Closterium aciculare	2,24	2	2,25	1	2,02	1	3,16	1	3,72	1	3,60	1
CON	159	Closterium acutum	3,00	2	2,13	1	4,40	1			1,41	1	2,50	1
CON	160	Closterium acutum var. linea	3,00	2							6,04	2		
CON	161	Closterium acutum var. variabile	3,00	2					2,69	1	1,95	1		
CON	168	Closterium limneticum	3,37	1	4,87	1			5,71	1	3,99	2	5,13	1
CON	172	Closterium pronum									5,23	1	4,26	1
CON	198	Cosmarium bioculatum					0,65	1	0,48	1				



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
CON	199	Cosmarium depressum	1,48	2										
CON	200	Cosmarium depressum var. planctonicum	1,48	2										
CON	477	Mougeotia	2,89	1	1,29	1	2,96	2	4,07	2	2,78	1	1,97	4
CON	478	Mougeotia thylespora	2,89	1	1,29	1	2,96	2	4,07	2	2,78	1	1,97	4
CON	479	Mougeotia viridis	2,89	1	1,29	1	2,96	2	4,07	2	2,78	1	1,97	4
CON	712	Staurastrum							3,76	1				
CON	705	Staurastrum chaetoceras							3,76	1				
CON	706	Staurastrum cingulum			5,62	1			3,76	1				
CON	712	Staurastrum cingulum / gracile							3,76	1				
CON	712	Staurastrum cingulum var. obesum							3,76	1				
CON	708	Staurastrum gracile					3,34	1	3,76	1	5,68	4		
CON	709	Staurastrum gracile var. nanum					3,34	1	3,76	1	5,68	4		
CON	1720	Staurastrum longipes							3,76	1				
CON	710	Staurastrum paradoxum							3,76	1	4,99	2	4,38	2
CON	711	Staurastrum pingue	1,54	3	2,60	1	1,34	2	3,76	1				
CON	1791	Staurastrum planctonicum var. bulbosum							3,76	1				
CON	713	Staurastrum tetracerum	3,62	1			1,03	2	3,76	1	1,86	1		
CRY	236	Cryptomonas 30- 35µm									3,36	1		
CRY	237	Cryptomonas 35- 40µm	1,80	1							3,36	1		
CRY	238	Cryptomonas 40- 45µm	1,80	1							3,36	1		
CRY	239	Cryptomonas 45- 50µm	1,80	1							3,36	1		
CRY	240	Cryptomonas 50- 55µm	1,80	1							3,36	1		
CRY	241	Cryptomonas 55- 60µm	1,80	1							3,36	1		
CRY	220	Cryptomonas curvata	1,80	1							3,36	1		
CRY	221	Cryptomonas erosa					1,81	1						
CRY	222	Cryptomonas erosa/ovata/phase olus					1,81	1	2,95	1				
CRY	225	Cryptomonas ovata					1,81	1						
CRY	226	Cryptomonas					1,81	1						



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
		phaseolus												
CRY	227	Cryptomonas reflexa			2,53	1								
CYA	17	Anabaena circinalis			2,44	1	3,25	2	3,79	2	5,20	2		
CYA	18	Anabaena compacta									6,11	2	5,10	4
CYA	19	Anabaena crassa			4,46	2					3,00	4		
CYA	21	Anabaena flos- aquae	1,46	1	3,08	1								
CYA	941	Anabaena flos- aquae/ A. perturbata	1,46	1										
CYA	24	Anabaena lemmermannii					1,50	1	2,38	1				
CYA	25	Anabaena macrospora			2,82	1								
CYA	26	Anabaena planctonica	3,34	2										
CYA	28	Anabaena sigmoidea			5,54	2							4,78	4
CYA	29	Anabaena solitaria	1,46	1	3,08	1								
CYA	32	Anabaena spiroides	1,21	1							4,50	1	4,93	3
CYA	1268	Anabaena viguieri									6,12	3		
CYA	38	Anabaenopsis					4,72	1	5,27	1	6,12	2	5,26	2
CYA	35	Anabaenopsis arnoldii					4,72	1	5,27	1	6,12	2	5,26	2
CYA	36	Anabaenopsis cunningtonii							5,27	1			5,26	2
CYA	37	Anabaenopsis elenkinii					4,72	1	5,27	1	6,12	2	5,26	2
CYA	58	Aphanizomenon	2,98	1							3,88	1	4,40	1
CYA	54	Aphanizomenon flos-aquae	2,98	2	3,17	1					3,88	1		
CYA	55	Aphanizomenon gracile	2,98	2	2,64	1	3,38	1	3,83	1	3,88	1		
CYA	56	Aphanizomenon issatschenkoi			2,78	3	4,17	2	4,60	2	3,88	1		
CYA	64	Aphanocapsa									1,34	1		
CYA	59	Aphanocapsa delicatissima	1,57	1							1,34	1		
CYA	60	Aphanocapsa elachista	2,27	1							1,34	1		
CYA	861	Aphanocapsa grevillei									1,34	1		
CYA	61	Aphanocapsa holsatica									1,34	1		
CYA	62	Aphanocapsa incerta									1,34	1		
CYA	63	Aphanocapsa reinboldii									1,34	1		
CYA	66	Aphanothece clathrata	1,57	1			1,10	2	1,45	2	0,92	1	2,01	1
CYA	134	Chroococcus	1,26	2	1,20	2	0,82	1	1,01	1	1,59	1	4,58	1



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
		limneticus												
CYA	135	Chroococcus minutus	1,29	2			1,00	1	0,36	3				
CYA	137	Chroococcus turgidus	0,83	2										
CYA	187	Coelosphaerium kuetzingianum					1,12	1	1,64	1				
CYA	246	Cyanodictyon					1,28	2	1,91	2				
CYA	244	Cyanodictyon imperfectum					1,28	2	1,91	2				
CYA	245	Cyanodictyon planctonicum					1,28	2	1,91	2				
CYA	1287	Cyanodictyon reticulatum					1,28	2	1,91	2				
CYA	267	Cylindrospermops is raciborskii					4,80	2	5,58	2	4,97	1	4,32	1
CYA	365	Gloeotrichia echinulata					1,86	1	3,02	1				
CYA	375	Gomphosphaeria			1,49	1					3,26	1		
CYA	370	Gomphosphaeria aponina			1,49	1					3,26	1		
CYA	975	Gomphosphaeria natans			1,49	1					3,26	1		
CYA	427	Leptolyngbya tenuis	1,30	2										
CYA	431	Limnothrix planctonica					4,20	3	4,83	3	5,40	4	5,00	4
CYA	432	Limnothrix redekei	4,88	2			4,04	1	4,57	3	4,68	2	5,62	4
CYA	448	Merismopedia	2,68	1			1,56	1	2,80	1	5,13	1		
CYA	1629	Merismopedia duplex	2,68	1					2,80	1				
CYA	879	Merismopedia elegans	2,68	1			1,56	1	2,80	1	5,13	1		
CYA	931	Merismopedia glauca	2,68	1			1,56	1	2,80	1	5,13	1		
CYA	448	Merismopedia hyalina							2,80	1				
CYA	1630	Merismopedia marssonii	2,68	1					2,80	1				
CYA	920	Merismopedia minima	2,68	1			1,56	1	2,80	1	5,13	1	5,80	3
CYA	1020	Merismopedia punctata	2,68	1			1,56	1	2,80	1	5,13	1		
CYA	449	Merismopedia tenuissima	2,68	1			1,56	1	2,80	1	5,13	1	4,46	3
CYA	452	Microcystis aeruginosa	3,50	2	4,08	1	3,06	1	4,01	1	2,28	1		
CYA	455	Microcystis flos- aquae	3,15	1			3,75	1	4,39	1				
CYA	460	Microcystis viridis	3,31	1	5,23	4	2,50	2	3,63	2	2,36	2		
CYA	462	Microcystis wesenbergii	5,00	2							4,25	1	5,52	4
CYA	524	Oscillatoria									3,45	1		
CYA	525	Oscillatoria									3,45	1		



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
		trichoides												
CYA	581	Planktolynghya	5,33	1										
CYA	579	Planktolynghya contorta	5,03	1							6,05	1	5,44	1
CYA	580	Planktolynghya limnetica	5,03	1			3,51	2	4,10	2	5,18	1	4,36	1
CYA	584	Planktothrix agardhii	2,06	1	4,02	1	4,14	1	5,01	1	5,03	1	4,89	1
CYA	586	Planktothrix rubescens	1,49	2	2,30	1			1,53	1				
CYA	594	Pseudanabaena catenata	3,33	1			3,86	4						
CYA	596	Pseudanabaena limnetica	2,42	1	3,46	1	3,94	2	3,09	2	4,64	1	4,13	1
CYA	597	Pseudanabaena mucicola			4,27	1								
CYA	890	Radiocystis geminata							0,29	4				
CYA	619	Raphidiopsis mediterranea											5,19	3
CYA	621	Rhabdoderma lineare					1,27	2	1,97	2				
CYA	624	Rhabdogloea smithii	2,95	3										
CYA	694	Snowella	1,55	1			1,06	1	1,59	1	1,10	2	2,05	1
CYA	691	Snowella atomus	1,55	1	1,99	1	1,06	1	1,59	1	1,10	2	2,05	1
CYA	692	Snowella lacustris	1,55	1	1,49	1	1,06	1	1,59	1				
CYA	693	Snowella litoralis	1,55	1	1,99	1	1,06	1	1,59	1	1,10	2	2,05	1
CYA	1307	Snowella septentrionalis	1,55	1	1,99	1	1,06	1	1,59	1			2,05	1
CYA	738	Synechococcus cedrorum	1,17	3										
CYA	737	Synechocystis aquatilis			5,16	1								
CYA	820	Woronichinia compacta									5,22	1		
CYA	1596	Woronichinia fusca			1,49	1								
CYA	821	Woronichinia naegeliana	1,68	2			2,66	2	4,19	2	5,16	2	4,54	1
DIN	102	Ceratium cornutum	0,81	3			0,68	3	0,60	3				
DIN	103	Ceratium furcoides					3,67	2	4,24	2	3,08	3	3,37	3
DIN	104	Ceratium hirundinella									1,92	1	1,69	1
DIN	390	Gymnodinium									2,22	1		
DIN	383	Gymnodinium acuminatum									2,22	1		
DIN	386	Gymnodinium cnecoides			0,81	4					2,22	1		
DIN	1604	Gymnodinium discoidale			0,81	4								
DIN	387	Gymnodinium fuscum									2,22	1		
DIN	877	Gymnodinium			0,81	4					2,22	1		



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
		lacustre												
DIN	389	Gymnodinium lantzschii	1,02	1							2,22	1		
DIN	385	Gymnodinium uberrimum	0,99	1	1,02	1	1,97	1	0,57	1	2,22	1	1,84	1
DIN	886	Peridiniopsis									4,89	4		
DIN	957	Peridiniopsis berolinense									4,89	4		
DIN	545	Peridiniopsis cunningtonii									4,89	4		
DIN	845	Peridiniopsis penardiforme									4,89	4		
DIN	546	Peridiniopsis polonicum									4,89	4		
DIN	547	Peridinium aciculiferum	2,77	1	2,20	1					4,10	2		
DIN	548	Peridinium bipes	2,39	2									1,50	4
DIN	549	Peridinium cinctum			2,18	2	1,21	1			4,15	1		
DIN	558	Peridinium umbonatum- Komplex	1,15	1									1,64	1
DIN	560	Peridinium willei	1,08	2	1,08	1	1,18	2	1,43	2	0,94	2		
DIN	1744	Woloszynskia ordinata			0,84	1								
EUG	326	Euglena	3,74	1	3,79	2	4,11	1	3,20	1	4,93	1		
EUG	322	Euglena acus	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	323	Euglena ehrenbergii	3,74	1	3,79	2	4,11	1	3,20	1	4,93	1		
EUG	1580	Euglena gasterosteus	3,74	1										
EUG	324	Euglena gracilis	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	1581	Euglena granulata	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	1261	Euglena hemichromata	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	326	Euglena limnophila							3,20	1				
EUG	1823	Euglena mutabilis	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	998	Euglena oxyuris	3,74	1	3,79	2	4,11	1	3,20	1	4,93	1		
EUG	325	Euglena pisciformis	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	1824	Euglena proxima	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	1825	Euglena spirogyra	3,74	1	3,79	2			3,20	1				
EUG	973	Euglena tripteris	3,74	1	3,79	2	4,11	1	3,20	1	4,93	1		
EUG	327	Euglena variabilis	3,74	1	3,79	2	4,11	1	3,20	1	4,93	1		
EUG	328	Euglena viridis	3,74	1	3,79	2	4,11	1	3,20	1	4,93	1		
EUG	569	Phacus	4,15	1										
EUG	986	Phacus acuminatus	4,15	1										
EUG	566	Phacus longicauda	4,15	1										
EUG	1777	Phacus orbicularis	4,15	1										



		Seegruppe	AVA		MG		TL_gesch		TgeschAW B		TL_poly		TpolyAW B	
AK	T_ID	Taxonname nach HTL	TAW 1	ST 1	TAW 2	ST 2	TAW 3	ST 3	TAW 4	ST 4	TAW 5	ST 5	TAW 6	ST 6
EUG	1674	Phacus platyaulax	4,15	1										
EUG	567	Phacus pleuronectes	4,15	1										
EUG	1297	Phacus pseudonordstedtii	4,15	1										
EUG	1849	Phacus pusillus	4,15	1										
EUG	568	Phacus pyrum	4,15	1			5,00	1	5,77	1	6,04	2	4,08	2
EUG	1850	Phacus suecicus	4,15	1										
EUG	1675	Phacus tortus	4,15	1										
EUG	1049	Phacus triqueter	4,15	1										
EUG	771	Trachelomonas volvocina	2,53	2										
HAP	144	Chrysochromulin a					1,91	1	0,63	1	2,54	1	1,53	1
HAP	143	Chrysochromulin a parva					1,91	1	0,63	1	2,54	1	1,53	1
PRA	684	Scourfieldia cordiformis											1,66	1
PRA	758	Tetraselmis cordiformis	1,20	2										
ULV	313	Elakatothrix									1,54	1	2,30	1
ULV	311	Elakatothrix gelatinosa					1,23	1	1,94	1	1,54	1	2,30	1
ULV	312	Elakatothrix genevensis									1,54	1	2,30	1
ULV	1574	Elakatothrix spirochroma											2,30	1
ULV	1218	Elakatothrix viridis			5,09	1							2,30	1
ULV	1592	Gloeotila pelagica f. spiralis			0,80	4								
ULV	413	Koliella longiseta					3,47	2	3,92	2	2,87	2	3,19	2
ULV	578	Planctonema lauterbornii	1,00	2										
ULV	1725	Stichococcus pelagicus			0,80	4								
XAN	377	Goniochloris mutica			5,70	2							5,16	3
XAN	852	Trachydiscus sexangularis							0,39	3				
XAN	852	Trachydiscus sexangulatus					0,65	2						
XAN	778	Tribonema					1,30	1	2,27	1	2,66	2	3,30	2
XAN	999	Tribonema aequale					1,30	1	2,27	1	2,66	2	3,30	2
XAN	776	Tribonema elegans							2,27	1			3,30	2
XAN	1314	Tribonema minus					1,30	1	2,27	1	2,66	2	3,30	2
XAN	777	Tribonema monochloron							2,27	1			3,30	2
XAN	779	Tribonema vulgare					1,30	1	2,27	1	2,66	2	3,30	2