



HANDBUCH PHYTO-SEE-INDEX – VERFAHRENSBESCHREIBUNG FÜR DIE BEWERTUNG VON SEEN MITTELS PHYTOPLANKTON

- STAND 15. DEZEMBER 2017

GEMÄß DEN ERGEBNISSEN DER PROJEKTE DES LÄNDERFINANZIERUNGSPROGRAMMS
O 3.06, O 7.08, O 9.08, O 9.09, O 4.10, O 8.12, O 1.15, O 7.16

ERSTELLT DURCH:

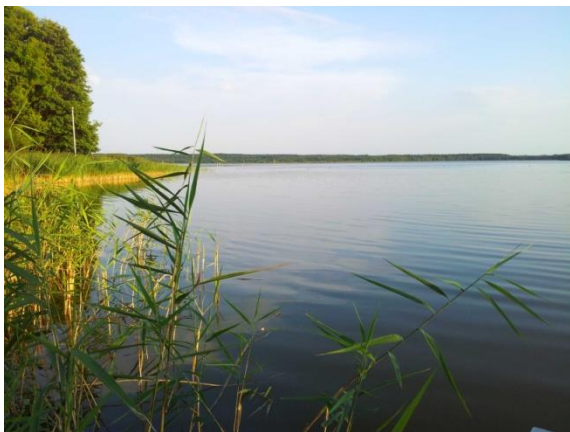
Ute Mischke, Ursula Riedmüller, Eberhard Hoehn, Brigitte Nixdorf



Pilsensee © LfU Bayern



Blankensee © Ute Mischke



Großer Labussee © MLUR, Seenprogramm MV



Baggersee Otterstädter Altrhein © Jürgen Böhmer



Finanzierung durch das Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall".

Projektbegleitung durch den LAWA-Expertenkreis "Biologische Bewertung Seen und Interkalibrierung nach WRRL".



Obleute des Expertenkreises:

Dipl. Biol. Gudrun Plambeck

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt
und ländliche Räume
des Landes Schleswig-Holstein
Abt. Gewässer
Hamburger Chaussee 25
24220 Flintbek

Dr. Jochen Schaumburg

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Referat: Ökologie der Seen
Demollstraße 31
82407 Wielenbach

BEARBEITER:

Dr. Ute Mischke

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
im Forschungsverbund Berlin e.V.
Müggelseedamm 310, 12587 Berlin
E-Mail: mischke@igb-berlin.de

Dipl. Biol. Ursula Riedmüller

E-Mail: bnoe@gewaesserfragen.de

Dipl. Biol. Eberhard Hoehn

LBH Freiburg

Glümerstr. 2a, D-79102 Freiburg

E-Mail: lbh@gmx.de

Prof. Dr. Brigitte Nixdorf

BTU Cottbus-Senftenberg

Lehrstuhl Gewässerschutz

Seestr. 45 , 15526 Bad Saarow

E-Mail: nixdorf@b-tu.de

ZITIERVORSCHLAG:

Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E., Nixdorf, B. (2017): Handbuch Phyto-See-Index - Verfahrensbeschreibung für die Bewertung von Seen mittels Phytoplankton. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms "Wasser, Boden und Abfall". Stand 15. Dezember 2017. 86 S.



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung und Werdegang des Phyto-See-Index	1
1.1	Verwendete Abkürzungen	4
1.2	Bewertungssystem und Kenngrößen – eine Übersicht	5
1.2.1	Aufbau des Phyto-See-Index	5
1.2.2	Einheiten des Phyto-See-Index	7
1.2.3	Verankerung der Bewertungsklassen im Trophiespektrum	7
1.3	Vorgaben für die Probenahme, Analytik, Auswertung und Bestimmung des Seetyps	10
1.3.1	Erforderliche Erhebungsdaten für die Bewertung	10
1.3.2	Erforderliche mikroskopische Analyseergebnisse	10
1.3.3	Bestimmung des Phytoplankton-Seetyps	11
1.3.3.1	Spezielle Bedingungen und Sondertypen	15
2	Schritt-für-Schritt-Berechnung des Phyto-See-Index	16
2.1	Metric "Biomasse"	16
2.1.1	Teil-Metric "Gesamtbiolumen"	17
2.1.2	Teil-Metric "Chlorophyll a-Saisonmittel"	18
2.1.3	Teil-Metric "Chlorophyll a-Maximum"	19
2.2	Metric "Algenklassen"	20
2.3	Bewertung mit Indikator taxa - PTSI	24
2.4	DI-PROF – ein fakultativer Diatomeen-Index für natürliche Tieflandseen	26
2.5	Ermittlung des ökologischen Potenzials	29
2.5.1	Allgemeine Strategie zur Bewertung von HMWB & AWB	29
2.5.2	Bewertung von im Referenzzustand sauren Tageauseen	30
2.5.2.1	Einführung und Ablauf der Bewertung	30
2.5.2.2	Diversitäts-Metric - Shannon-Index und Evenness	31
2.5.2.3	Problemstellung "mixotrophe Taxa und Biomassebewertung"	32
2.5.3	Bewertung von Talsperren mit Trophie-relevanten Pegelabsenkungen	36
2.5.3.1	Problemstellung	36
2.5.3.2	Talsperren-Fallgruppen und Phytoplanktonbewertung	36
2.5.3.3	Nachweis von Trophie-relevanten Seepegelabsenkungen - Fallgruppe 4	38
2.5.3.4	Typenschema und Seetypwechsel	41
2.6	Berechnung der Gesamtbewertung des Phyto-See-Index	43
2.6.1	Mindestanforderungen an die Eingangsdaten zur gesicherten Bewertung mittels PSI	45



3	PhytoSee – das Auswertungsprogramm zur Berechnung des Phyto-See-Index	46
3.1	Technische Voraussetzungen und Hinweise zur Benutzung	47
3.1.1	Löschen und anfügen von Daten in Access-Tabellen.....	48
3.1.2	Unterscheidung von Feldeigenschaften	49
3.1.3	Primärschlüssel und deren hierarchische Struktur im PhytoSee-Tool.....	50
3.2	Tabellarische Anordnung der Daten in der Formatvorlage	51
3.2.1	Wie listet man die Eingangstabelle "Gewässername_SeeNr"?	52
3.2.2	Wie listet man die Daten für die Eingangstabelle "Probanden_See"?.....	53
3.2.3	Wie listet man die Daten für die Eingangstabelle "Taxon_BV_Seen" oder alternativ für die "Aufsummierungshilfe"?.....	54
3.2.3.1	Importhilfe "Aufsummierungshilfe".....	56
3.2.3.2	Importhilfe "DV-kodiert"	57
3.2.3.3	Importhilfe "DV kodiert mit ProbeNdaten".....	58
3.3	Import der Excel-Eingangstabellen in PhytoSee	59
3.3.1	Gewässerimport.....	59
3.3.2	Probenimport	60
3.3.3	Taxadaten-Import	60
3.3.4	Löschen von unvollständig importierten Datenpaketen	62
3.3.5	Eingabe des extern berechneten DiProf-Index in das PhytoSee-Tool.....	62
3.4	Berechnung des Phyto-See-Index und Bewertungsausgabe	63
3.4.1	Prüfen der Vollständigkeit der Bewertungsergebnisse innerhalb des PhytoSee-Tools	63
3.4.2	Ausgabe der Bewertungsergebnisse	64
4	Literatur	66
4.1	National geltende Normen, Verordnungen und Beschlüsse	66
4.2	Literatur für die Beschreibung des Phyto-See-Index.....	67
5	Tabellenverzeichnis	70
6	Anhang.....	72
6.1	Anhang I: Veränderungen im Phytoplankton-HTL-Code	72
6.2	Anhang II: Indikatorlisten des PTSI	73



1 EINFÜHRUNG UND WERDEGANG DES PHYTO-SEE-INDEX

Die Biomasse und die Zusammensetzung der freischwebenden Algen, des sogenannten Phytoplanktons, sind in Seen ohne starke menschliche Nutzung durch den Mangel an Nährstoffen bestimmt. Die anthropogen verursachte übermäßige Zufuhr an Nährstoffen (Phosphor, Stickstoff) v.a. durch Düngemiteleinsetz und durch Abwasser verursacht die **Eutrophierung der Binnengewässer**. Die Biomasse des Phytoplanktons nimmt zu und die Zusammensetzung verändert sich erheblich (z.B. Blaualgenblüten). Diese "Zeigerqualität" des Phytoplanktons hinsichtlich Eutrophierung wird im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000, EU-Kommission 2008) zur Bestimmung des ökologischen Zustands von Seen europaweit genutzt.

In Deutschland wird seit 2008 eine einheitliche Methode zur Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) angewendet: Der Phyto-See-Index ist in Mischke & Nixdorf (2008) ausführlich dokumentiert und baut auf den Vorarbeiten von Nixdorf et al. (u.a. 2006) auf. Im Rahmen der europäischen Abstimmung der biologischen Verfahren, der sogenannten **Interkalibrierung**, wurde die englische Fassung dieser Verfahrensbeschreibung genutzt. Mittlerweile ist das Verfahren in der EU interkalibriert. Dies bedeutet u.a., dass das Verfahren vergleichbar streng wie solche anderer Staaten aus der gleichen Ökoregion bewertet (Birk et al. 2013, Phillips et al. 2014, Wolfram et al. 2014). Als Ergebnis der Interkalibrierung wurde der Phyto-See-Index und seine Zustandsklassen als Bewertungsverfahren für Deutschland im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht (Europäische Kommission 2008, Europäische Kommission 2013).

Der Phyto-See-Index basiert allein auf biologischen Parametern, d.h. ohne Berücksichtigung von chemischen Kenngrößen wie z.B. des Gesamtphosphors. Die Bewertung und die Verankerung der Zustandsklassen orientieren sich an den vorab ermittelten und innerhalb der Ökoregionen europaweit abgestimmten Referenzzuständen (Poikäne et al. 2010, 2014, Järvinen et al. 2013).

Der Phyto-See-Index wurde in sieben Projekten¹ weiterentwickelt, die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA; <http://www.lawa.de/>) begleitet und unterstützt sowie im LFP "Wasser, Boden und Abfall" 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. 2013a)
- Erweiterung der Bewertungsmöglichkeiten für Seen gemäß EG-WRRL für die Biokomponente Phytoplankton (LAWA O 8.12; Riedmüller et al. 2015)
- Weiterentwicklung des Verfahrens zur Bewertung von sauren Tagebauseen anhand des Phytoplanktons gemäß den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie (LAWA O 1.15, Leßmann et al. 2017))

¹Die Berichte sind im Internet verfügbar: <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/> unter Rubrik "Vorhaben" und Rubrik "Vorhaben des Ausschusses Oberflächengewässer und Küstengewässer (AO)", www.gewaesserfragen.de, www.gewaesser-bewertung.de



- Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für Seen mit Phytoplankton gemäß EG-WRRL (LAWA O 7.16; Projektbericht Riedmüller et al. 2018, in Bearbeitung)

Im folgenden Kasten sind die wesentlichen inhaltlichen Änderungen in chronologischer Reihenfolge aufgeführt. Die Programmänderungen im PhytoSee-Auswertetool sind im Access-Tool in den Tabellen "Info" und "Programmaenderung_seit_Mai09" dokumentiert.

Alle Verfahrensänderungen seit Mischke et al. (2008) - Stichtag 15. Dezember 2017

- 1) Verfahrenserweiterung für Seen im Mittelgebirge sowie für künstliche und stark veränderte Seen (AWB und HMWB), worunter Talsperren, Baggerseen und Sondertypen natürlicher Seen 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) Harmonisierung der Bewertungsgrenzen für die Kenngrößen des Biomassemetrics mit der Lage der Trophiestufen im überarbeiteten Trophie-Index nach LAWA (2014).
- 3) Wie im Trophie-Index nach LAWA wurden alle Saisonmittel im PSI auf ein direktes Mittel aus den Termindaten umgestellt und nicht mehr über den Zwischenschritt "Monatsmittelwert". Dies betrifft auch den PTSI-Jahreswert.
- 4) 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) Der PhytoSee-Bewertung wird das PhytoLoss-Verfahren zur Seite gestellt. In PhytoLoss-Auswertetool (Bezug Tool und Handbuch u.a. über www.phytoloss.de) werden Zooplanktonbefunde verarbeitet, welche gleichzeitig zum Phytoplankton erhoben werden. Es werden Indices für die Grazing-Effektstärke errechnet, wodurch eine erweiterte Interpretation des Phyto-See-Index und des Nahrungsnetzes erfolgt. Daraus können weitere Handlungsoptionen für die Maßnahmenplanung abgeleitet werden.
- 6) Zur Qualitätssicherung des Untersuchungsverfahrens "Phytoplankton zur Bestimmung des Phyto-See-Index" wurde ein QS-Handbuch erarbeitet (Mischke 2014). Aktualisierung in Bearbeitung.
- 7) Überarbeitung der Bewertung der Alpenvorland- und Alpenseen (Modul AVA): Die vormals zusammengefassten Seetypen 1, 2 und 3 wurden als unabhängige Gewässertypen mit jeweils eigener Referenztrophy unterschieden (LAWA O 8.12 und O 7.16). Die Bewertung des Seetyps 4 (tiefe Alpenseen) wurde optimiert. Es folgte eine Dokumentation zur Gleichwertigkeit des überarbeiteten Phyto-See-Index mit den Ergebnissen der Europäischen Interkalibrierung erstellt (LAWA Projekt O 2.15; Riedmüller et al. 2016).
- 8) Möglichkeit der Berücksichtigung von starken, die Trophie beeinflussenden Stauspiegelabsenkungen bei der Bewertung des ökologischen Potenzials von Talsperren (HMWB): Definition von Fallgruppen, Empfehlung zum Prozedere mittels Seetyp-Wechsel, Schaffen von zwei zusätzlichen HMWB-Seetypen HMWB 5 und HMWB 8 (LAWA Projekt O 7.16; Projektbericht Riedmüller et al. 2018 in Bearbeitung).
- 9) Erweiterung des PSI um die Bewertungsmöglichkeit von im Referenzzustand sauren Tageauseen mit dem Biomasse- und Diversitäts-Metric. Berücksichtigung des Vorkommens von mixotrophen Taxa, Optimierung der Biomasse- und Diversitätsbewertung (Leßmann & Nixdorf 2009, Leßmann et al. 2017).



Vor Inkrafttreten der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000) wurden in Deutschland Seen mit mehr als 1 ha Wasseroberfläche hinsichtlich ihrer trophischen Belastung mit den sogenannten **LAWA-Richtlinien** klassifiziert und bewertet. Diese als vorläufig bezeichneten Richtlinien beinhalten Empfehlungen zur Klassifikation und Bewertung von natürlichen Seen (LAWA 1999), von Talsperren (LAWA 2001) und Baggerseen (LAWA 2003). Der gemäß dieser Werke ermittelbare LAWA-Index stellt einen auf den Parametern Chlorophyll a, Sichttiefe und Gesamtphosphor basierenden Trophie-Index dar, der eine Aussage über den Trophiestatus in sieben Klassen von oligo- bis hypertroph zulässt. Diese Parameter wurden in der weltweiten OECD-Studie (1982) als die am besten geeigneten Trophieparameter ermittelt. Eine Bewertung konnte nach den genannten Werken unter Berücksichtigung von Vorstellungen zur Referenzsituation ebenfalls abgeleitet werden.

Im Zuge der Entwicklung der Bewertungsverfahren zur nationalen Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie mit der Qualitätskomponente Phytoplankton entstand eine umfangreiche Datenbank, welche Trophie-relevante Kenngrößen und Phytoplanktonbefunde enthält. Auf Basis der erheblich erweiterten Datengrundlage wurde die Gültigkeit der bestehenden Klassifikationsansätze geprüft. In Folge wurde eine Anpassung der LAWA-Indices empfohlen. Der "Bewertungs"ansatz auf Basis des Trophie-Index wurde nicht weiter verfolgt, da mit dem Phyto-See-Index valide Bewertungswerkzeuge für eine Referenz-basierte Trophie-Bewertung zur Verfügung stehen.

In der überarbeiteten Fassung wurden die drei LAWA-Richtlinien (1999, 2001, 2003) zusammengeführt. Der **überarbeitete Trophie-Index nach LAWA (2014)** klassifiziert für sechs neu definierte Seegruppen. Die Seen einer Gruppe weisen ein ähnliches trophisches Verhalten auf. Eine Unterscheidung nach der Entstehungsgeschichte (natürlich versus Abgrabung versus Aufstau) wird nicht mehr vollzogen. Seen kleiner als 50 ha können in den Seegruppen ebenfalls klassifiziert werden. Geschichtete Kleinseen, kleiner als 5 ha, stellen eine eigene Gruppe dar.

Ein weiteres Anliegen der Überarbeitung war die **Harmonisierung der Probenahme-Methoden und der verwendeten Überwachungskenngrößen** mit dem WRRL-konformen PhytoSee-Verfahren. Im Falle eines vorliegenden WRRL-Monitorings sind für die Trophieklassifikation keine zusätzlichen Probenahmen notwendig. Des Weiteren tritt an die Stelle des bisher in der Klassifikation verwendeten Sommermittels der Saisonmittelwert der Trophieparameter. Dies hat den Vorteil, dass sowohl die Bewertung mit dem Phyto-See-Index (PSI) als auch die Trophieklassifikation mit dem Trophie-Index auf denselben Kennwerten basieren und die Datenhaltung zusätzlich vereinfacht wird.

Die Trophieparameter Sichttiefe und Gesamtphosphor sind Bestandteil der unterstützenden allgemeinen chemisch-physikalischen Qualitätskomponente im Rahmen der ökologischen Qualitätskomponente nach WRRL und Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016). In Deutschland wurden **Hintergrund- und Orientierungswerte** für die Klassengrenze "sehr gut/gut" und "gut/mäßig" für jeden Phytoplankton-Seetyp definiert (LAWA-AO 2015: RAKON-Arbeitspapier II nach Riedmüller et al. 2013a). Für die neu differenzierten Phytoplankton Seetypen 1, 2, 3 werden die Grenzen im laufenden LAWA-Projekt O 7.16 angepasst.

Das **Verfahren PhytoLoss** wird im Teil B des Handbuchs in einer Kurzanleitung sowie in einer umfassenden Verfahrensanleitung im Anhang des Abschlussberichtes LAWA O 8.12 beschrieben (Deneke et al. 2015). Das PhytoSee-Tool in der Version 6.0 enthielt das PhytoLoss-Modul in der Version 1.2. In der aktuellen PhytoSee-Version 7.0 sind die PhytoLoss-Auswerterroutinen nicht mehr enthalten. Das PhytoLoss-Auswertetool kann sich auf diese Weise unabhängig weiterentwickeln. Die Kopplung zu den Phytoplanktondaten wird über eine Verknüpfungshilfe an die jeweils aktuelle PhytoSee-Version bewerkstelligt. Neue Versionen für Handbücher und Tool sowie ein PhytoLoss-Newsletter sind über Internetseite www.phytoloss.de zu erhalten.

**Weitere für das PhytoSee-Verfahrens wichtige Zusatzdokumente:**

- I) vereinheitlichte Vorgehensweise bei der Probenahme in Seen (Nixdorf et al. 2008, 2010)
- II) die Steckbriefe der deutschen Seetypen mit Begleittext zur Typzuordnung (Riedmüller et al. 2013b),
- III) die operative, "harmonisierte" Taxaliste des Phytoplanktons (HTL; Mischke & Kusber Mai 2009) und
- IV) die Bewertungssoftware PhytoSee zur Berechnung des Phyto-See-Index (Erläuterung s. Kap. 3).

Künstliche (AWB), erheblich veränderte Seen (HMWB) inkl. Talsperren, Sondertypen natürlicher Seen und sauren Tagebauseen können meist ebenfalls mit dem Phyto-See-Index bewertet werden.

1.1 VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

AK	Algenklassen
AVA	Ökoregion Alpenvorland und Alpen
AWB	Künstlich entstandener Wasserkörper (artificial waterbody), z.B. Bagger- und Tagebauseen
BV	Phytoplankton-Biovolumen
DI-PROF	Diatomeen-Index Profundal nach Schönfelder (2006)
HMWB	Erheblich veränderter Wasserkörper (heavily modified waterbody), z.B. Talsperren oder nachträglich ausgebagerte Altarme großer Flüsse
HTL	Harmonisierte Taxaliste des Phytoplanktons nach Mischke & Kusber (2009)
MG	Mittelgebirge
PP-Seetyp	Phytoplankton-Seetyp, speziell für den PSI entwickelte Typologie, welche das trophische Verhalten von Seen berücksichtigt
PSI	Phyto-See-Index
PTSI	Phytoplanktontaxa-Index
TL	Norddeutsches Tiefland
VQ	Volumenquotient = Einzugsgebiet (m ²)/ Seevolumen (m ³)
VTQ	Volumentiefenquotient = VQ/mittlere Tiefe (m)
WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000)



1.2 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 WRRL zu beschreibenden ökologischen Zustandsklassen ein. Zur Kalibrierung des Bewertungssystems hinsichtlich Eutrophierung wurde bei der Verfahrensherleitung der Trophie-Index nach LAWA genutzt.

1.2.1 AUFBAU DES PHYTO-SEE-INDEX

Der Phyto-See-Index besteht obligat aus den drei Metrics "Biomasse", "Algenklassen" und "Phytoplankton-Taxa-Seen-Index" (PTSI). Eine Sondergruppe sind die sauren Tagebauseen, bei deren Bewertung der Metric "Algenklassen" und PTSI entfällt und stattdessen der Diversitätsindex nach Shannon verwendet wird (Leßmann & Nixdorf 2009). Des Weiteren steht für natürliche Tieflandseen optional der Metric "DI-PROF" (Diatomeen- Index Profundal nach Schönfelder 2006) zur Verfügung. Dieser kann anstelle des PTSI zur Bewertung der taxonomischen Zusammensetzung auf Artebene eingesetzt werden. Er wird anhand der taxonomischen Zusammensetzung der Schalenreste planktischer Diatomeen, welche auf die Sedimentoberfläche abgesunken sind und dort gewonnen werden, ermittelt.

Die Metrics wurden entlang der Belastungsgröße "Eutrophierung" (i.d.R. Gesamtphosphor und Biomassekenngößen) kalibriert. Unter Berücksichtigung der jeweils seetypspezifischen Referenztrophie kann die Bewertung erfolgen. Für jeden Bewertungsparameter wurden Bewertungsfunktionen angepasst. Die so errechneten Bewertungswerte nehmen kontinuierliche Werte zwischen 0,5 und 5,5 an und werden gemäß Tabelle 1 in eine der fünf ökologischen Zustandsklassen zugeordnet. Eine Dokumentation der Auswahl und Herleitung der Metrics finden sich in den eingangs gelisteten Forschungsberichten.

Die Haupt-Metrics des PhytoSee-Verfahrens:

1) Metric "Biomasse":

Der Metric "Biomasse" ist das Mittelwertergebnis 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 (Saison-) Maximum-Wert (falls dieser um 25% größer als der Saisonmittelwert ist)

2) Metric "Algenklassen":

Biovolumina z.B. der Cyanobacteria, Chlorophyceae oder Cryptophyceae oder ihr Prozentanteil am Gesamtbiovolumen (Chrysophyceae, Dinophyceae) werden je nach Seetyp als Saisonmittel oder als Spätsommermittel verrechnet. Die Abweichung von der Referenzsituation wird berücksichtigt. Je nach Seetyp kommen 4-6 Algenklassen bei der Bewertung zum Zug. Die Einzelergebnisse werden arithmetisch gemittelt.



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

Der auf Indikatorarten basierende PTSI wird für jeden Probenbefund berechnet. Der PTSI pro Jahrgang basiert auf dem arithmetischen Jahresmittelwert. Dieser ist zunächst ein Trophie-Klassifikationsindex in der Skala des LAWA-Trophieindex (LAWA 2014, s. Tabelle 3). Erst nach der Verrechnung mit der seetypspezifischen Referenztrophie wird der PTSI-Metric (Wertebereich 0,5-5,5) und die ökologische Zustandsklasse ermittelt.

Für den PTSI wurden sechs Indikatorlisten definiert (s. Kap. 2.3), 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) Optionaler Metric für Tieflandseen: 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) Bewertung von im Referenzzustand sauren Tagebauseen mit Biodiversitätsindices

Bei der Bewertung des ökologischen Potenzials von sauren Tagebauseen wird anstelle der Artenzusammensetzungsmetrics der Shannon- und Evenness-Biodiversitäts-Index eingesetzt. Grundlage ist die Anzahl der Taxa und deren Dominanzverteilung. Je höher die Biodiversität desto besser ist das ökologische Potenzial.



1.2.2 EINHEITEN DES PHYTO-SEE-INDEX

Die Ergebnisse aller Metrics des Bewertungsverfahrens liegen im Wertebereich von 0,5 bis 5,5. Der Wert 0,5 steht für den bestmöglichen und der Wert 5,5 für den schlechtesten Zustand. Die Werte liegen im Bereich der ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5 und können gemäß WRRL als "ökologische Qualität" (EQ = ecological quality) verstanden werden (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Indexwerte des PSI und Zustandsklassen zur Herleitung der ökologischen Qualitätsverhältnisse (EQ = ecological quality, EQR = ecological quality ratio).

PSI (EQ)	Zustandsklasse	normalisierter EQR	Kennfarben
0,50–1,50	1 = sehr gut (H = high)	0,81–1,00	blau
1,51–2,50	2 = gut (G = good)	0,61–0,80	grün
2,51–3,50	3 = mäßig (M = moderate)	0,41–0,60	gelb
3,51–4,50	4 = unbefriedigend (P = poor)	0,21–0,40	orange
4,51–5,50	5 = schlecht (B = bad)	0,00–0,20	rot

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

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

Nach Tabelle 1 können die PSI-Werte den fünf Zustandsklassen gemäß WRRL und den normalisierten EQR-Werten zugeordnet werden. Die Verrechnung der Einzelmetrics (Biomasse, Algenklassen, PTSI) zum Phyto-See-Index erfolgt über Gewichtungsfaktoren (s. Kap. 2.6).

1.2.3 VERANKERUNG DER BEWERTUNGSKLASSEN IM TROPHIESPEKTRUM

Die Bewertung eines Sees bzw. deren "Strenge" ist abhängig davon, welchem Seetyp er zugeordnet wird. Mit der Zuordnung zum Seetyp wird der Trophiestatus (s. Tabelle 3) im anthropogen gering beeinflussten Zustand, der Referenzzustand, bestimmt (Verankerung s. Tabelle 2). Der Referenzzustand stellt nach den Erfordernissen der WRRL den Leitwert bzw. den oberen Ankerpunkt für die Bewertung dar. Im Phyto-See-Index wird der trophische Referenzwert 0,5 Trophieindex-Einheiten kleiner (also "oligotropher") als die Grenze zwischen dem "sehr guten" und "guten" Zustand angenommen.

In den in Kap. 1 genannten Vorgängerstudien wurde die nationale "LAWA-Typologie" der natürlichen Seen nach Mathes et al. (2002) auf ihre Relevanz für die Phytoplanktonbewertung geprüft. Darauf basierend wurde eine etwas höher differenzierende "Phytoplanktontypologie" mit damit verbundenen Vorstellungen zur Referenztrophy erarbeitet (unterschiedliche Referenztrophy von Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 3). Diese Referenzbedingungen wurden im europäischen Rahmen für weiter verbreitete Seetypen innerhalb einer Ökoregion abgestimmt (Poikane et al. 2010, 2014, Järvinen et al. 2013).

Die Tabelle 2 gibt die seetypspezifische Verankerung der Zustandsklassen im Trophiesystem nach LAW A (2014) sowie die Referenztrophy des Phytoplankton-Seetyps (PP-Seetypen) wider. Einige Seetypen besitzen die selbe Referenztrophy (Tabelle 1), werden jedoch in den Artenzusammensetzungsmetrics



Tabelle 2: Lage der Referenztrophie und der Zustandsklassen der deutschen Phytoplankton-Seetypen im System des LAWA-Trophie-Index. Sortierung in den Ökoregionen nach Lage der Referenztrophie. Wertebereich der Ökologischen Qualität (ÖQ) von 0,5 bis 5,5.

Phytoplankton-Seotyp	trophischer Referenzwert zur Berechnung der ÖQ	trophischer Referenzzustand Obergrenze	sehr gut/ gut Grenze ÖQ 1,5	gut/ mäßig Grenze ÖQ 2,5	mäßig/ unbefriedigend Grenze ÖQ 3,5	unbefriedigend/ schlecht Grenze ÖQ 4,5
Alpen und Alpenvorland						
4	0,75	oligo	1,25	1,75	2,25	2,75
3	1,00	oligo	1,50	2,00	2,50	3,00
2	1,25	meso 1	1,75	2,25	2,75	3,25
1	2,00	meso 2	2,50	3,00	3,50	4,00
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
HMWB 5/8	1,50	meso 1	2,00	2,50	3,00	3,50
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, HMWB und Sondertypen im Norddeutschen Tiefland erhalten hinter der Seetypnummer das Suffix "k", im Referenzzustand saure Seen im Mittelgebirge und Tiefland das Suffix "s". HMWB 5 oder 8: für Talsperren mit starken Seepegelabsenkungen (s. Kap. 2.5.3). Die hier dargestellte Grenzwertlegung gilt auch für die "k" und "s"-Typen.

Tabelle 3: Wertebereiche für den Trophie-Index nach LAWA (2014) und für die daran orientierten Klassifizierungs-Indices im Phyto-See-Index-Verfahren sowie Zuordnung zu einer Trophieklasse. Abkürzungen nach LAWA (1999) und Riedmüller et al. (2013b).

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



Tabelle 4: Verankerung der ökologischen Zustandsklassen der PSI-Bewertung im System der LAWA-Trophieklassifikation LAWA (2014) für die deutschen Phytoplankton-Seetypen und trophische Referenzwerte.

LAWA-Trophie-Klassifizierung		Trophie-Bewertung (PhytoSee-Verfahren) Verankerung der ökologischen Zustandsklassen für die PP-Seetypen							
Trophie klassen (LAWA Trophie-Index)	LAWA-Trophie-Index Klassen-Obergrenzen	geschichtete Seen				gesch u. poly Seen	polymiktische Seen		
		4	3 7 9	2 5 8 13	10.1 HMWB 5 HMWB 8	6.1 10.2 14	1 6.2 11.1	6.3 11.2	12
oligotroph	0,75								
	1,00	0,5 – 1,5							
	1,25		0,5 – 1,5						
	1,50	1,5 – 2,5	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5					
mesotroph 1	1,75		1,5 – 2,5	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5				
	2,00	2,5 – 3,5	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5		0,5 – 1,5			
mesotroph 2	2,25		2,5 – 3,5	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5		0,5 – 1,5		
	2,50	3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	2,5 – 3,5		1,5 – 2,5	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5	
eutroph 1	2,75		3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	2,5 – 3,5	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5
	3,00	4,5 – 5,5	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5		2,5 – 3,5	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5	0,5 – 1,5
eutroph 2	3,25		4,5 – 5,5	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	2,5 – 3,5	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5
	3,50			4,5 – 5,5		3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	2,5 – 3,5	1,5 – 2,5
polytroph 1	3,75				4,5 – 5,5	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	2,5 – 3,5
	4,00					4,5 – 5,5	3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	2,5 – 3,5
polytroph 2	4,25						4,5 – 5,5	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5
	4,50							4,5 – 5,5	3,5 – 4,5
hypertroph	4,75							4,5 – 5,5	4,5 – 5,5
	5,00								4,5 – 5,5
	5,50								
trophischer Referenzwert		0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50

Farbsignatur für die ökologischen Zustandsklassen s. Tabelle 1.

Die hier dargestellte Verankerung gilt auch für die "k" und "s"-Typen.



1.3 VORGABEN FÜR DIE PROBENAHME, ANALYTIK, AUSWERTUNG UND BESTIMMUNG DES SEETYP

Die deutsche Methode für die Bewertung von Seen mit Phytoplankton erfordert standardisierte Methoden (Nixdorf et al. 2008, 2010) für die Datenerhebung bei der

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

Für Details zur Probenahme und für die Einzelheiten bei der mikroskopischen Analyse muss die Vorschrift in Nixdorf et al. (2010) beachtet werden. Zu beachtende Normen und viele weitere Aspekte der Fehlervermeidung werden im Handbuch zur Qualitätssicherung (Kap. 7) gelistet.

1.3.1 ERFORDERLICHE ERHEBUNGSDATEN FÜR DIE BEWERTUNG

Zur Bewertung von Seen mit dem Phyto-See-Index sind folgende Daten notwendig:

1. Chlorophyll a-Werte (nach DIN) an mindestens sechs Terminen aus derselben Mischprobe wie die Phytoplanktonprobe, mindestens vier Termine aus der Periode Mai bis September
2. Phytoplanktonbefunde pro Termin (Mindestanforderung: Taxon, HTL-ID und Taxon-Biovolumen), s. Kap. 1.3.2
3. Gewässername und Phytoplankton-Seetyp

Mit diesen Eingangsdaten werden im Auswertetool PhytoSee die Metrics des PhytoSee-Index gemäß PP-Seetyp ausgerechnet.

Für den Datenimport in das Auswertungsprogramm PhytoSee müssen die Erhebungsdaten in drei Tabellen ("Gewässername_SeeNr", "Probendaten_Seen" und "Taxon_BV_Seen") in einem bestimmten Format angeordnet werden. Die Formatierung der Erhebungsdaten, eine Beschreibung der Pflicht- und Zusatzfelder sowie die Anleitung zur Verwendung des PhytoSee-Tools finden sich in Kap. 3. Die Details sind darüber hinaus in den Formatvorlagen (Excel-datei) beschrieben, die gemeinsam mit dem Auswertungsprogramm PhytoSee verfügbar sind.

1.3.2 ERFORDERLICHE MIKROSKOPISCHE ANALYSEERGEBNISSE

Als Basis werden mindestens sechs Lugol-fixierte Proben je Untersuchungsjahr 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 der 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 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 centrischen Diatomeen (Bacillariophyceae) dominiert, welche mit der Utermöhl-Methode nicht sicher auf Artniveau bestimmt werden können.

Während sich für die Seen der Alpen und des Alpenvorlandes die Präparation von Diatomeenschalen aus den pelagischen Proben etabliert hat, wird für Tieflandseen eine Profundalprobe der obersten Sedimentschicht zur Bestimmung des Metrics DiProf (Schönfelder 2004, 2006) entnommen. Diese Probenahme erfolgt nur einmal im Jahr. Für die taxonomische Bearbeitung wird ebenfalls ein Diatomeenschalen-Präparat angefertigt.

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 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 zumindest den Ausgabewert "Biovolumen" des Taxons enthalten, wenn möglich des Weiteren die Zellzahlen pro ml und die verwendeten Zellvolumina. Die für das Bewertungsverfahren erforderliche taxonomische Bestimmungstiefe wird in der harmonisierten Taxaliste (HTL) gesondert ausgewiesen.

1.3.3 BESTIMMUNG DES PHYTOPLANKTON-SEETYPES

Voraussetzungen für die Anwendung des Bewertungsverfahrens mittels Phytoplankton:

- Der See ist größer als 50 ha (WRRL-relevante Seen). Darüber hinaus zeigen die Erfahrungen, dass kleinere Seen mit 5 – 50 ha ebenfalls plausibel mit dem Phyto-See-Index bewertet werden können.
- Der See ist kein Marschengewässer oder weist auch aus anderen Gründen keine hohen Salzgehalte auf.
- Die korrekte Zuordnung zu einem der Phytoplankton-Seetypen ist möglich.

Die WRRL verlangt eine Einteilung der Seen in Gewässertypen nach geographischen (Ökoregion), physikalischen (mittlere Seetiefe, Seevolumen) und chemischen (Alkalinität, Wasserfärbung) Kriterien, die in Deutschland durch zusätzliche Kriterien erweitert wurden (s. Tabelle 5).

Die Typisierung für das vorliegende Verfahren lehnt sich an die Typisierung der deutschen Seen nach LAWA (Mathes et al. 2002) an. Davon abweichend werden für die Phytoplanktonbewertung zusätzliche "See-Subtypen" unterschieden. Die LAWA-Typen sind in den Steckbriefen für Seen (Riedmüller et al. 2013b) beschrieben sowie die korrespondierenden Phytoplankton-, Makrophyten-, Phytobenthos-, Makrozobenthos- und Fisch-Seetypen, deren Verwendung für die jeweilige Bewertung obligat sind.

Im Phytoplanktonverfahren wird z.B. der Seetyp 6 der polymiktischen Mittelgebirgsseen in drei "Subtypen" separiert und nicht nach dem Volumenquotienten $VQ = EZG \text{ (m}^2\text{)}/\text{Seevolumen (m}^3\text{)}$ nach Mathes et al. (2002) unterschieden sondern nach dem Volumen-Tiefen-Quotient $VTQ = VQ/\text{mittlere Tiefe (m)}$ gemäß Riedmüller & Hoehn (2011).



Für die Zuordnung zu einem **Phytoplankton-Seotyp (PP-Seotyp)** (Tabelle 6) sind die in der Tabelle 5 aufgeführten (grün unterlegten) Parameter eines Sees erforderlich. Die Kriterien sind: Ökoregion, das Schichtungsverhalten im Sommer "thermisch geschichtet" oder überwiegend "polymiktisch", die mittlere Seetiefe, Calciumgehalt, die relative Größe des Einzugsgebietes im Verhältnis zum Seevolumen bzw. der mittleren Tiefe (VQ und VTQ) und die aus dem Oberflächenabfluss und dem Seevolumen berechnete theoretische Wasserverweilzeit.

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

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

Tabelle 5: Phytoplankton-Seotypen in Deutschland und deren Zugehörigkeit zu den LAWA-Seotypen nach Mathes et al. (2002) sowie Typisierungskriterien. Grün = zur Typeinstufung führende (obligate) Kriterien, alle weiteren können als Hilfskriterien und zur Plausibilisierung der Typeinstufung verwendet werden.

Phyto-plankton-Seotyp	LAWA-Seotyp MATHES	Öko-region	Calcium Gehalt	Schichtung	VQ-Grenzen (m ² /m ³ → m ⁻¹)	VTQ-Grenzen (m ⁻²)	mittlere Tiefe	τ theoretische Verweilzeit
1	1	AVA	calcium-reich	poly	alle VQ		≤ 3 m	
2	2	VA		gesch	> 1,5		3-15 m	
3	3	VA			≤ 1,5		3-15 m	
4	4	A		alle VQ		> 15 m		
5*	5/7	MG	calcium-reich	gesch	> 1,5	> 0,18	< 8 m	
7	5/7		calcium-reich	gesch	≤ 1,5	≤ 0,18	> 8 m	
8*	8/9		calcium-reich	gesch	> 1,5	> 0,18	< 8 m	
9	8/9		calcium-reich	gesch	≤ 1,5	≤ 0,18	> 8 m	
6.1	6		calcium-reich oder -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	calcium-reich	gesch	1,5-15		
10.2		> 15						0,1-1 a
13		≤ 1,5						10-100 a
11.1	11	poly			> 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

AVA = Alpen (A) und Alpenvorland (VA), MG = Mittelgebirge, TL = Norddeutsches Tiefland, poly = polymiktisch, gesch = geschichtet, VQ = Volumenquotient = Einzugsgebiet (m²) / Seevolumen (m³), VTQ (Volumen-Tiefen-Quotient) = VQ/mittlere Tiefe (m), τ = mittlere theoretische Wasserverweilzeit in Tagen (d) oder Jahren (a).

*Für Talsperren mit Trophie-relevanten Seepegelabsenkungen des Seetyps 5 und 8 gibt es zusätzlich die Typen HMWB 5 und 8 (s. Tabelle 6 und Kap. 2.5.3).

**Tabelle 6:** Bezeichnung für die deutschen Phytoplankton-Seetypen (erweitert nach Riedmüller et al. 2013b).

PP-Subtyp	Bezeichnung Phytoplankton-Seetypen
PP 1	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenvorlandseen, calciumreich, polymiktisch
PP 2	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenvorlandseen, calciumreich,, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), geschichtet
PP 3	Natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenvorlandseen, calciumreich, , relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$),, geschichtet
PP 4	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Alpenseen, calciumreich, geschichtet
PP 5	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VTQ \leq 0,18$), geschichtet
PP 7	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet ($VTQ > 0,18$), geschichtet
PP 6.1	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, relativ kleines Einzugsgebiet ($VTQ \leq 2$), polymiktisch
PP 6.2	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, mäßig großes Einzugsgebiet ($VTQ 2 - 6$), polymiktisch
PP 6.3	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, relativ großes Einzugsgebiet ($VTQ > 6$), polymiktisch
PP 8	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumarm, relativ großes Einzugsgebiet ($VTQ > 0,18$), geschichtet
PP 9	natürliche, künstliche und erheblich veränderte Mittelgebirgsseen, calciumarm, relativ kleines Einzugsgebiet ($VTQ \leq 0,18$), geschichtet
HMWB 5	HMWB-Seetyp: Talsperren mit Trophie-relevanten Stauspiegelabsenkungen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet, ($VTQ > 0,18$ oder $0,65$), geschichtet
HMWB 8	HMWB-Seetyp: Talsperren mit Trophie-relevanten Stauspiegelabsenkungen, calciumarm, relativ großes Einzugsgebiet, ($VTQ > 0,18$ oder $0,65$), geschichtet
PP 10.1	natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ 1,5 - 15$), geschichtet
PP 10.2	natürliche Tieflandseen, calciumreich, sehr großes Einzugsgebiet ($VQ > 15$), geschichtet
PP 13	natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$), geschichtet
PP 11.1	natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), polymiktisch, Verweilzeit > 30 d, mittlere Tiefe > 3 m
PP 11.2	natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), polymiktisch, Verweilzeit > 30 d, mittlere Tiefe ≤ 3 m
PP 12	natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), polymiktisch, Verweilzeit 3 - 30 d
PP 14	natürliche Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$), polymiktisch
PP 10.1k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ 1,5 - 15$), geschichtet
PP 10.2k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, sehr großes Einzugsgebiet ($VQ > 15$), geschichtet
PP 13k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$), geschichtet
PP 11.1k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), polymiktisch, Verweilzeit > 30 d, mittlere Tiefe > 3 m
PP 11.2k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), polymiktisch, Verweilzeit > 30 d, mittlere Tiefe ≤ 3 m
PP 12k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ großes Einzugsgebiet ($VQ > 1,5$), polymiktisch, Verweilzeit 3 - 30 d
PP 14k	künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$), polymiktisch
PP 7s	saure Tagebauseen im Mittelgebirge ($pH > 3 - 6$), relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$), geschichtet
PP 10.1s	saure Tagebauseen im Tiefland ($pH > 3 - 6$), relativ großes Einzugsgebiet ($VQ 1,5 - 15$), geschichtet
PP13s	saure Tagebauseen im Tiefland ($pH > 3 - 6$), relativ kleines Einzugsgebiet ($VQ \leq 1,5$), geschichtet



AWB-, HMWB-Seen und Sondertypen natürlicher Seen werden wie der ähnlichste natürliche PP-Seetyp bewertet. Liegen diese im norddeutschen Tiefland wird hinter den PP-Seetyp das Suffix "k" angehängt, z.B. 10.1k. Für diese Seen wird eine andere Indikatorliste verwendet. Liegen diese im Alpenvorland, in den Alpen oder im Mittelgebirge ist kein Suffix notwendig. Die Bewertung erfolgt in allen Metrics in gleicher Weise wie für natürliche Seen.

Ist der See sauer (pH-Wert > 3,0-6,0), z.B. ein saurer Tageausee, für den ein saurer Referenzzustand angenommen wird, muss das Suffix "s" angehängt werden, z.B. 7s. Für diese Seen wird die Artenzusammensetzung (Algenklassen, PTSI) nicht zur Bewertung herangezogen. Stattdessen werden Diversitätsindices angewendet (s. Kap. 2.5.2)

Für Talsperren (HMWB) mit Trophie-relevanten Stauspiegelabsenkungen kann ein Seetypwechsel mit dem Ziel einer milderer Bewertung durchgeführt werden. Müssen Talsperren des PP-Seetyps 5 und 8 diesbezüglich milder bewertet werden, stehen der HMWB 5 und 8 zur Verfügung (s. Tabelle 6). Weitere Ausführungen und Handlungsempfehlung zum Nachweis der "Trophierelevanz" s. Kap. 2.5.3.

Die Einstufung der mitunter sehr individuell reagierenden Seen in Seetypen kann oft nur eine Annäherung an die realen Verhältnisse sein. Falls die "obligaten" Typkriterien nicht vorliegen (vgl. Tabelle 5) oder sind diese nicht auf dem neuesten Stand wie z.B. die Tiefenverlotung, können die Hilfskriterien verwendet werden. Liegen Kriterien an den Typgrenzen wie z.B. einen VQ von 1,45, kann dies vom Vorort-Experten z.B. im Fall eines geschichteten Tieflandsees in die eine (Typ 10.1) oder andere (Typ 13) Richtung interpretiert werden.

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 anhand der Artzusammensetzung von Diatomeen, deren Kieselschalen im Sediment erhalten geblieben sind, als Bohrkern entnommen werden, und die durch Gesamtphosphor-Diatomeen-Transferfunktionen Rückschlüsse auf die Nährstoffsituation in der Vergangenheit zulassen (z.B. Hübener 2006/2009, Hofmann & Schaumburg 2005a/b/c, Voigt 1996). Paläolimnologische Erkenntnisse haben insbesondere für polymiktische Seen die hier vorgestellten Annahmen zur Referenztrophie und diesbezüglicher Typunterscheidung teilweise bestätigt (s. u.a. Kap. 3.1.5 in Mischke et al. 2010). In einigen Fällen sind die rekonstruierten TP-Konzentrationen höher als die in den Hintergrund- und Orientierungswerten angenommenen Werte (Riedmüller et al. 2013a).

Die Bezeichnungen für die Phytoplankton-Seetypen (Tabelle 6) sind im Bewertungstool ab der PhytoSee-Version 5.1 hinterlegt und werden mit der Bewertung ausgegeben.



1.3.3.1 SPEZIELLE BEDINGUNGEN UND SONDERTYPEN

Bei 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. (2013a; 2015) für die Gültigkeit der seetypspezifischen 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 Erwartung auf Basis der Gesamtphosphorkonzentration (TP) im Folgenden gelistet:

Spezielle Bedingung oder Sondertyp	Wirkung auf Phyto-See-Index (PSI) ²
A Durch Makrophyten dominierte Seen ³	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 erbringen	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
K Seen mit strenger Stickstofflimitierung	PSI fällt besser aus als TP erwarten lässt

Liegen für einen See eine oder mehrere dieser speziellen Bedingungen vor (**A - K**), sollte die Bewertung mit dem Phyto-See-Index besonders im Zusammenhang mit den vorherrschenden Nährstoffkonzentrationen im limnologischen Kontext diskutiert werden und der See ggf. als Sondertyp im Feld "Gewässerart_Sondertyp" gekennzeichnet werden. Der Umgang mit erheblich veränderten Gewässern (HMWB) und künstlichen Seen (AWB) ist im nächsten Kap. 2.5.1 gesondert erläutert.

Zu G: Im Tiefland kommen in Deutschland nur sechs stark Huminstoff-geprägte natürliche Seen größer 50 ha 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, geschichteten Mittelgebirgsseen der Seetypen 8 und 9 sind ein natürlicher Huminstoff-geprägter See (Titisee) und mehr als 20 Huminstoff-geprägte Talsperren identifiziert und können als "Braunwassersee" im Feld "Gewässerart_Sondertyp" zur Plausibilisierung des Phyto-See-Index gekennzeichnet werden.

Zu I und J: Zur Identifizierung von starken Grazing-Effekten durch das Zooplankton auf das Phytoplankton wurde das Modul PhytoLoss entwickelt (s. Deneke et al. 2015).

²) bei Bewertung nach ähnlichstem Phytoplankton-Seetyp

³) Makrophyten-Dominanz ist ein Bestandteil der Definition des Referenzzustandes in vielen Seetypen s. Poikane et al. 2014



2 SCHRITT-FÜR-SCHRITT-BERECHNUNG DES PHYTO-SEE-INDEX

Ausgehend von den mikroskopischen (quantitativen Befundelisten) und den photometrischen Analyseergebnissen (Chlorophyll a-Konzentration nach DIN) aus sechs Einzelproben wird der Phyto-See-Index des Untersuchungsgewässers anhand der drei Metrics "Biomasse", "Algenklassen" und PTSI errechnet. Fakultativ kann zusätzlich der Metric DI-PROF anhand der Dominanzwerte von Kieselalgeschalen planktischer Diatomeentaxa in einer Profundalprobe berechnet werden.

Für eine Bewertung ist die Angabe des Phytoplankton-Seetyps obligat (s. Kap. 1.3.3). Die Zuordnung zu einem Seetyp erfolgt nach Angaben der zuständigen Fachbehörde des zugehörigen Bundeslandes oder nach den Kriterien in Tabelle 5. Alle Berechnungsschritte sowie alle Indices werden im Auswertetool PhytoSee automatisch berechnet, sofern die erforderlichen Untersuchungs- und Kenndaten entsprechend der Formatvorlagen importiert wurden.

Die nachfolgende Schritt-für-Schritt-Berechnung des Phyto-See-Index dient der Dokumentation und Nachvollziehbarkeit des aktuellen Verfahrens.

2.1 METRIC "BIOMASSE"

Für den Metric "Biomasse" werden aus den folgenden Parametern Einzelindices berechnet:

- Gesamtbiovolumen-Saisonmittel,
- Chlorophyll a-Saisonmittel und
- Chlorophyll a-Maximum-Wert der Saison

Die Ergebnisse der Einzelindices werden arithmetisch gemittelt.

Bewertungswerte kleiner als 0,5 werden gleich 0,5 und Bewertungswerte größer als 5,5 werden gleich 5,5 gesetzt.



2.1.1 TEIL-METRIC "GESAMTBIOVOLUMEN"

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

- Summe der Taxonbiovolumina pro Probe unter Ausschluss von heterotrophen Organismen. Alle heterotrophen Taxa sind in der Harmonisierten Taxaliste (kurz HTL) gekennzeichnet und werden herausgefiltert.
- Saison-Mittelwert aus den Werten der Beprobungstermine im Zeitraum März–November

Dieser Saison-Mittelwert des Gesamtbiovolumens (x) wird durch eine Seetyp-spezifische Formel (s. Tabelle 7) in den Bewertungswert des Parameters (y) umgerechnet. Zusätzlich werden in Tabelle 7 die Klassengrenzen der Zustandsklassen angegeben.

Tabelle 7: Zustandsklassengrenzen und Formeln für die Bewertung des Gesamtbiovolumen-Saisonmittelwerts. Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 5 und Tabelle 6.

Ökoregion	PP-Seetyp	sehr gut/ gut	gut/ mäßig	mäßig/ unbefried.	unbefr./ schlecht	Bewertungs formel (y = Bewertungszahl, x = Parameter)
Alpenvorland	1	2,72	5,13	9,68	18,24	$y = 1,5772 \cdot \ln(x) - 0,0795$
	2	0,82	1,48	2,65	4,76	$y = 1,7109 \cdot \ln(x) + 1,8296$
	3	0,61	1,11	2,01	3,65	$y = 1,6733 \cdot \ln(x) + 2,3322$
Alpen	4	0,52	0,82	1,31	2,07	$y = 2,17 \cdot \ln(x) + 2,9187$
Mittelgebirge	5 und 8	1,10	1,90	3,50	6,20	$y = 1,6841 \cdot \ln(x) + 1,4139$
	6.1	1,90	3,40	5,50	8,60	$y = 1,9958 \cdot \ln(x) + 0,1454$
	6.2	2,50	4,20	6,90	11,40	$y = 1,9958 \cdot \ln(x) - 0,3546$
	6.3	3,30	5,40	8,90	14,60	$y = 1,9958 \cdot \ln(x) - 0,8546$
	7 und 9	0,80	1,40	2,50	4,50	$y = 1,6793 \cdot \ln(x) + 1,9635$
	HMWB 5 und 8	1,42	2,56	4,64	8,41	$y = 1,6841 \cdot \ln(x) + 0,9139$
Norddeutsches Tiefland	10.1	1,51	2,64	4,61	8,07	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) + 0,7616$
	10.2	2,00	3,49	6,10	10,67	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) + 0,2616$
	13	1,14	2,00	3,49	6,10	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) + 1,2616$
	11.1	2,64	4,61	8,07	14,10	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) - 0,2384$
	11.2	3,49	6,10	10,67	18,64	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) - 0,738$
	12	4,61	8,07	14,10	24,65	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) - 1,2384$
	14	2,00	3,49	6,10	10,67	$y = 1,7906 \cdot \ln(x) + 0,2616$

Für alle Typen gilt: wenn $y < 0,5$ dann wird 0,5 gesetzt, wenn $y > 5,5$ wird 5,5 gesetzt.



2.1.2 TEIL-METRIC "CHLOROPHYLL A-SAISONMITTEL"

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

1. Mittelwert aus mehreren Beprobungen, wenn sie zum gleichen Termin gehören (Tagessmittelwert) und sich auf **eine** Phytoplanktonprobe beziehen sollen
2. Saison-Mittelwert aus mindestens 4 Tagessmittelwerten im Zeitraum März–November

Das Saisonmittel des Chlorophyll a (x) wird durch eine seetypspezifische Formel (s. Tabelle 8) in den Bewertungswert des Parameters (y) umgerechnet. Zusätzlich werden die Klassengrenzen der Zustandklassen angegeben.

Tabelle 8: Zustandklassengrenzen und Formeln für die Bewertung des Chlorophyll a-Saisonmittelwerts. Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 5 und Tabelle 6.

Ökoregion	PP-Seetyp	sehr gut/ gut	gut/ mäßig	mäßig/ unbefried.	unbefr./ schlecht	Bewertungs formel (y = Bewertungszahl, x = Parameter)
Alpenvorland	1	10,8	19,4	34,9	62,5	$y = 1,6063 * \ln(x) - 0,5962$
	2	4,0	7,2	12,9	23,2	$y = 1,6063 * \ln(x) - 0,5962$
	3	3,0	5,4	9,6	17,3	$y = 1,6063 * \ln(x) - 0,5962$
Alpen	4	2,5	4,0	6,5	10,4	$y = 1,6063 * \ln(x) + 0,4038$
Mittelgebirge	5 und 8	4,0	7,2	13,0	23,0	$y = 1,7129 * \ln(x) - 0,8799$
	6.1	6,3	11,5	19,0	34,0	$y = 1,7987 * \ln(x) - 1,8358$
	6.2	8,4	14,7	26,0	45,0	$y = 1,7987 * \ln(x) - 2,3358$
	6.3	11,1	19,4	34,0	59,0	$y = 1,7987 * \ln(x) - 2,8358$
	7 und 9	4,0	7,2	13,0	23,0	$y = 1,7271 * \ln(x) - 0,4071$
	HMWB 5 und 8	5,4	9,6	17,3	31,0	$y = 1,7129 * \ln(x) - 1,3799$
Norddeutsches Tiefland	10.1	5,4	9,6	17,3	31,0	$y = 1,7113 * \ln(x) - 1,3776$
	10.2	7,2	12,9	23,2	41,5	$y = 1,7113 * \ln(x) - 1,8776$
	13	4,0	7,2	12,9	23,2	$y = 1,7113 * \ln(x) - 0,8776$
	11.1	9,6	17,3	31,0	55,6	$y = 1,7113 * \ln(x) - 2,3776$
	11.2	12,9	23,2	41,5	74,5	$y = 1,7113 * \ln(x) - 2,8776$
	12	17,3	31,0	55,6	99,8	$y = 1,7113 * \ln(x) - 3,3776$
	14	7,2	12,9	23,2	41,5	$y = 1,7113 * \ln(x) - 1,8776$

Für alle Typen gilt: wenn $y < 0,5$ dann wird 0,5 gesetzt, wenn $y > 5,5$ wird 5,5 gesetzt.



2.1.3 TEIL-METRIC "CHLOROPHYLL A-MAXIMUM"

Um ein gültiges Saisonmaximum zu erhalten, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- mindestens 4 Termine mit Chlorophyll-Werten im Zeitraum März bis November und
- der Chlorophyll a-Maximalwert muss mindestens 125% des Chlorophyll a-Saisonmittelwertes betragen

Der Chlorophyll-Maximum-Wert (x) wird durch eine Seetyp-spezifische Formel (s. Tabelle 9) in den Bewertungswert des Parameters (y) umgerechnet. Treffen die Kriterien unter Punkt a und b nicht zu, wird der Chlorophyll-Max-Wert nicht gewertet. Zusätzlich werden die Klassengrenzen der Zustandklassen angegeben.

Tabelle 9: Zustandklassengrenzen und Formeln für die Bewertung des Chlorophyll a-Saisonmittelwerts. Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 5 und Tabelle 6.

Ökoregion	PP-Seetyp	sehr gut/ gut	gut/ mäßig	mäßig/ unbefried.	unbefr./ schlecht	Bewertungs formel (y = Bewertungszahl, x = Parameter)
Alpenvorland	1	24,8	43,8	77,6	137,3	$y = 1,7509 * \ln(x) - 4,1188$
	2	7,3	13,6	25,1	46,5	$y = 1,6245 * \ln(x) - 1,7357$
	3	5,7	10,0	17,7	31,4	$y = 1,7547 * \ln(x) - 1,546$
Alpen	4	4,8	7,7	12,4	19,9	$y = 2,1137 * \ln(x) - 1,8208$
Mittelgebirge	5 und 8	7,6	17,7	28,5	54,2	$y = 1,5237 * \ln(x) - 1,5933$
	6.1	11,0	23,0	44,0	84,0	$y = 1,495 * \ln(x) - 2,1374$
	6.2	16,0	31,0	61,0	118,0	$y = 1,495 * \ln(x) - 2,6374$
	6.3	22,0	43,0	85,0	166,0	$y = 1,495 * \ln(x) - 3,1374$
	7 und 9	7,6	17,7	28,5	54,2	$y = 1,5366 * \ln(x) - 1,1267$
	HMWB 5 und 8	10,6	20,4	39,3	75,7	$y = 1,5237 * \ln(x) - 2,0933$
Norddeutsches Tiefland	10.1	10,8	19,3	34,6	62,0	$y = 1,7113 * \ln(x) - 2,5638$
	10.2	14,4	25,8	46,3	83,1	$y = 1,7113 * \ln(x) - 3,0638$
	13	8,0	14,4	25,8	46,3	$y = 1,7113 * \ln(x) - 2,0638$
	11.1	19,3	34,6	62,0	111,3	$y = 1,7113 * \ln(x) - 3,5638$
	11.2	25,8	46,3	83,1	149,1	$y = 1,7113 * \ln(x) - 4,0638$
	12	34,6	62,0	111,3	199,6	$y = 1,7113 * \ln(x) - 4,5638$
	14	14,4	25,8	46,3	83,1	$y = 1,7113 * \ln(x) - 3,0638$

Für alle Typen gilt: wenn $y < 0,5$ dann wird 0,5 gesetzt, wenn $y > 5,5$ wird 5,5 gesetzt.



2.2 METRIC "ALGENKLASSEN"

Der Metric "Algenklassen" setzt sich je nach Seetyp aus 2–4 unterschiedlichen Einzelkenngrößen zusammen. 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 für heterotrophe Taxa, die von der Summe ausgeschlossen werden.

Tabelle 10: Verwendung der Einzelkenngrößen (1. Spalte) als Saisonmittel (Sais) oder Spätsommermittel (JO) innerhalb des Metrics "Algenklassen" für die Bewertung der einzelnen Seetypen nach LAWA (2. Zeile) geordnet nach Zugehörigkeit zu einer Ökoregion und des verwendeten Kenngrößentyps (Biovolumen oder Prozentanteil). Es werden sowohl natürliche als auch HMWB & AWB Seen mit den gleichen Größen bewertet.

Ökoregion	Alpen & Alpenvorland			Zentrale Mittelgebirge			Norddeutsches Tiefland	
Phytoplankton-Seetyp	1	2	4	5	6.1	8	10.1	11.1
Algenklasse oder Algenklassen-Kombination		3		7	6.2	9	10.2	11.2
					6.3		13	14
Kenngröße: Biovolumen-Mittelwert in der Saison (Sais) oder von Juli-Oktober (JO)								
Bacillario- & Chlorophyceae							Sais	
Chloro- & Cryptophyceae	Sais	Sais			Sais			
Chloro- & Euglenophyceae	Sais							
Chlorophyceae				Sais				Sais
Bacillario- & Cryptophyceae			Sais					Sais
Cryptophyceae				Sais		Sais	Sais	
Cryptophyceae & Cyanobacteria	Sais	Sais	Sais					Sais
Cyanobacteria				Sais	JO	Sais		
Dinophyceae & Cyanobacteria							JO	
Kenngröße: Prozentualer Anteil der Algenklasse am Gesamtbiovolumen im Saisonmittel (Sais)								
Chryso- & Dinophyceae					Sais	Sais		
Chrysophyceae				Sais			Sais	
Dinophyceae			Sais					

Berechnungsschritte im Algenklassen-Metric:

1. Die Biovolumina aller Taxa, die zu einer Algenklasse gehören, werden für jede Probe unter Ausschluss der heterotrophen Organismen aufsummiert. Für einige Einzelkenngrößen werden die Biovolumina von zwei Algenklassen aufsummiert (z.B. Bacillario- & Chlorophyceae in Tabelle 10).
2. Aus den Tageswerten wird das Saisonmittel (s. "Sais" in Tabelle 10) für die Periode März/April bis einschließlich Oktober/November gebildet bzw. das Spätsommermittel für den Zeitraum Juli bis Oktober (s. "JO" in Tabelle 10).
3. Für einige Seetypen (z.B. Chryso- & Dinophyceae im Seetyp 6.1 bis 6.3, s. Tabelle 10) muss der prozentuale Anteil der Algenklasse am Gesamtbiovolumen errechnet werden. Beide Ausgangswerte sind Saisonmittelwerte.
4. Analog zum Vorgehen bei der PTSI-Berechnung wird aus jeder **Algenklassenkenngröße (x)** in einem **1. Schritt ein Klassifikationswert (y)** berechnet. Dieser entspricht in seiner Bedeutung und Skala dem LAWA-Trophie-Index. Die Berechnungsformeln zur Klassifikation sind in der Tabelle 11 enthalten. Alle Klassifikationsergebnisse



des zu bewertenden Jahrgangs werden dann arithmetisch gemittelt. Erst dann wird in einem **2. Schritt** das Algenklassen-Klassifikationsergebnis nach dem "Verankerungs-Schema" in Tabelle 2 in eine Bewertungszahl umgerechnet nach der Formel **EQ PTSI = 0,5 + (PTSI – trophischer Referenzwert) x 2**

- 5. Die Zustandsklassen-Grenzen (Bewertung!) in den Algenklassen-Einzelmetrics sind in der Tabelle 12 aufgeführt.
- 6. Bewertungswerte kleiner als 0,5 werden gleich 0,5 und Bewertungswerte größer als 5,5 werden gleich 5,5 gesetzt.

Tabelle 11: Formeln für die Trophieklassifikation mit Algenklassenkenngrößen und Grenzen der Klassifizierung in den deutschen Phytoplankton-Seetypen inklusive k-Typen im Tiefland. BV = Gesamtbiovolumen, Sais = Saisonmittelwert, JO = Mittelwert Juli-Oktober, x = Algenklassenkenngröße, y = Index in der Skala des LAWA-Trophie-Index, Dom = Dominanz (%).

PP-Seetyp	Algenklassen-"Submetric"	Kenngröße	Formeln zur Trophieklassifizierung	Grenzen der Klassifizierung
1	Chloro- & Euglenophyceae	BV Sais	$y = 0,4592 * \ln(x) + 3,25$	
	Chloro- & Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,6194 * \ln(x) + 2,6582$	
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,6971 * \ln(x) + 2,8109$	
2	Chloro- & Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,6297 * \ln(x) + 2,95$	
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,608 * \ln(x) + 2,8333$	
3	Chloro- & Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,6297 * \ln(x) + 2,85$	
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,608 * \ln(x) + 2,7333$	
4	Bacillario- & Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,6514 * \ln(x) + 2$	
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,6724 * \ln(x) + 2,8907$	
	Dinophyceae	% Sais	$y = -0,746 * \ln(x) + 2,7467$	Dom > 1,5%
5 7	Chrysophyceae	% Sais	$y = -0,563 * \ln(x) + 2,7401$	Dom > 0,6%
	Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,7699 * \ln(x) + 3,5305$	
	Chlorophyceae	BV Sais	$y = 0,5045 * \ln(x) + 3,538$	
	Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,4957 * \ln(x) + 2,5445$	BV > 0,3 mm ³ /l
8 9	Chryso- & Dinophyceae	% Sais	$y = -0,666 * \ln(x) + 3,4112$	Dom < 60%
	Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,9194 * \ln(x) + 4,2431$	
	Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,4343 * \ln(x) + 2,6576$	BV > 0,4 mm ³ /l
6	Cyanobacteria	BV JO	$y = 0,486 * \ln(x) + 2,7623$	BV > 1,0 mm ³ /l
	Chloro- & Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,9378 * \ln(x) + 3,0329$	
	Chryso- & Dinophyceae	% Sais	$y = -0,586 * \ln(x) + 4,2567$	Dom > 0,6%
11	Bacillario- & Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,907 * \ln(x) + 2,6112$	
12	Chlorophyceae	BV Sais	$y = 0,6535 * \ln(x) + 4,2069$	
14	Cryptophyceae & Cyanobacteria	BV Sais	$y = 0,6577 * \ln(x) + 2,7114$	
10 13	Bacillario- & Chlorophyceae	BV Sais	$y = 0,8524 * \ln(x) + 2,7229$	
	Chrysophyceae	% Sais	$y = -0,924 * \ln(x) + 3,383$	Dom > 0,4 %
	Cryptophyceae	BV Sais	$y = 0,7884 * \ln(x) + 3,3432$	
	Dinophyceae & Cyanobacteria	BV JO	$y = 0,5693 * \ln(x) + 2,3579$	

Für alle Typen gilt: wenn $y \leq 0$ dann wird (in der Trophieklassifikation) der Wert 0,1 gesetzt.



Die Klassifizierung findet in Seetypgruppen statt, z.B. 8+9 oder 10+13 (s. Tabelle 11). Die Bewertung erfolgt dann PP-Seetyp-spezifisch nach der Verankerung in Tabelle 2 und der oben genannten Formel unter "4."

Tabelle 12: Seetypspezifische Grenzwerte der "Algenklassen-Submetrics" (Bewertungsgrenzen).

PP-Seetyp	Algenklassen-"Submetric"	sehr gut/ gut- Grenze	gut/ mäßig- Grenze	mäßig/ unbefried.- Grenze	unbefried./ schlecht- Grenze
1	Chloro- & Euglenophyceae	0,19	0,55	1,63	4,9
	Chloro- & Cryptophyceae	0,78	1,74	3,9	8,7
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	0,64	1,31	2,68	5,5
2	Chloro- & Cryptophyceae	0,15	0,22	0,33	0,50
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	0,17	0,25	0,38	0,60
3	Chloro- & Cryptophyceae	0,12	0,17	0,26	0,40
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	0,13	0,20	0,30	0,50
4	Bacillario- & Cryptophyceae	0,32	0,46	0,68	1,0
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	0,09	0,13	0,18	0,27
	Dinophyceae	7,4	5,3	3,8	2,7
5	Chrysophyceae	5,8	2,4	1	--
	Cryptophyceae	0,10	0,19	0,36	0,69
	Chlorophyceae	0,03	0,08	0,21	0,56
	Cyanobacteria	--	0,55	1,5	4,1
7	Chrysophyceae	9,0	3,7	1,5	0,60
	Cryptophyceae	0,07	0,14	0,26	0,50
	Chlorophyceae	0,02	0,05	0,13	0,34
	Cyanobacteria	--	0,33	0,91	2,5
8	Chryso- & Dinophyceae	12,1	5,7	2,7	1,3
	Cryptophyceae	0,07	0,11	0,20	1,3
	Cyanobacteria	--	0,39	1,2	3,9
9	Chryso- & Dinophyceae	17,6	8,3	3,9	1,9
	Cryptophyceae	0,05	0,09	0,15	1,3
	Cyanobacteria	--	--	0,7	2,2
6.1	Cyanobacteria	1,0	2,7	7,6	21
	Chloro- & Cryptophyceae	0,74	1,3	2,1	3,6
	Chryso- & Dinophyceae	13	5,6	2,4	1,2
6.2	Cyanobacteria	1,6	4,6	13	36
	Chloro- & Cryptophyceae	1	1,6	2,8	4,8
	Chryso- & Dinophyceae	8,5	3,6	1,4	0,7
6.3	Cyanobacteria	2,7	7,6	21	60
	Chloro- & Cryptophyceae	1,3	2,1	3,6	6,2
	Chryso- & Dinophyceae	5,6	2,4	1,2	0,43
13 (k)	Bacillario- & Chlorophyceae	0,32	0,57	1,0	1,9
	Chrysophyceae	5,9	3,4	2,0	1,2
	Cryptophyceae	0,13	0,25	0,47	0,89
	Dinophyceae & Cyanobacteria	0,34	0,83	2,0	4,8



PP-Seetyp	Algenklassen-"Submetric"	sehr gut/ gut- Grenze	gut/ mäßig- Grenze	mäßig/ unbefried.- Grenze	unbefried./ schlecht- Grenze
10.1 (k)	Bacillario- & Chlorophyceae	0,43	0,77	1,4	2,5
	Chrysophyceae	4,5	2,6	1,5	0,90
	Cryptophyceae	0,18	0,34	0,65	1,2
	Dinophyceae & Cyanobacteria	0,53	1,3	3,1	7,4
10.2 (k)	Bacillario- & Chlorophyceae	0,57	1,0	1,9	3,4
	Chrysophyceae	3,4	2,0	1,2	0,67
	Cryptophyceae	0,25	0,47	0,89	1,7
	Dinophyceae & Cyanobacteria	0,83	2	4,8	12
14 (k)	Bacillario- & Cryptophyceae	0,7	1,2	2,0	3,5
	Chlorophyceae	0,05	0,11	0,23	0,50
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	0,50	1,1	2,3	4,9
11.1 (k)	Bacillario- & Cryptophyceae	0,90	1,5	2,7	4,6
	Chlorophyceae	0,07	0,16	0,34	0,73
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	0,73	1,6	3,3	7,1
11.2 (k)	Bacillario- & Cryptophyceae	1,2	2,0	3,5	6,1
	Chlorophyceae	0,11	0,23	0,50	1,1
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	1,1	2,3	4,8	10,4
12 (k)	Bacillario- & Cryptophyceae	1,5	2,7	4,6	8,0
	Chlorophyceae	0,16	0,34	0,73	1,6
	Cryptophyceae & Cyanobacteria	1,6	3,3	7,1	15



2.3 BEWERTUNG MIT INDIKATORTAXA - PTSI

Für die Ermittlung des PTSI stehen sechs nach Ökoregion, ggf. Schichtungstyp und Gewässerart (AWB, HMWB oder Sondertyp) differenzierende Indikatorlisten zur Verfügung (s. Tabelle 13). In den Listen im Anhang II (s. Tabelle 29) sind über 450 Indikator taxa jeweils mit ihren Taxon-spezifischen Trophieankerwerten (TAW) und Gewichtungsfaktoren (= Stenökiefaktor) enthalten.

Tabelle 13: Indikatorlisten für den PTSI und die mit der Liste anzusprechenden Phytoplankton-Seetypen (PP-Seetyp) nach Riedmüller et al. (2013b).

Indikatorliste	Abkürzung Seegruppe	PP-Seetypen
Liste für natürliche Seen 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, 6.1, 6.2, 6.3, 7, 8, 9
Liste für natürliche geschichtete Seen des norddeutschen Tieflands	TLgesch	10.1, 10.2 und 13
Liste für natürliche polymiktische Seen des norddeutschen Tieflands	TLpoly	11.1, 11.2, 12, 14
Liste für geschichtete HMWB & AWB des norddeutschen Tieflands	TgeschAWB	10.1k, 10.2k, 13k
Liste für polymiktische HMWB & AWB des norddeutschen Tieflands	TpolyAWB	11.1k, 11.2k, 12k, 14k

zu Schritt 1: Trophische Klassifizierung

Der PTSI wird für jeden Probenbefund einzeln errechnet. Hierzu werden den Indikator taxa in der Befundliste jeweils die Taxon-spezifischen Trophieanker- und Stenökiewerte aus der Tabelle 29 im Anhang II zugeordnet. Die Berücksichtigung der Abundanz des Indikator taxons in der Probe erfolgt in Form von "Abundanzklassen", wobei Abundanz = Taxonbiovolumen bedeutet. Die Taxonbiovolumina werden nach Tabelle 14 in die acht "Abundanzklassen" umgewandelt.

Die Berechnung des PTSI auf Basis eines Probenbefundes erfolgt mit einer gewichteten Mittelwertbildung:

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

PTSI = Phytoplankton-Taxa-Seen-Index pro Probe

Abundanzklasse_i = Abundanzklasse des i-ten Taxons in der Probe, Biovolumenklassen nach Tabelle 14.

TAW_i = Trophieankerwert des i-ten Indikator taxons

Stenökiefaktor_i = Stenökiefaktor des i-ten Indikator taxons

Für die trophische Klassifizierung eines Seenjahres, in dem die Einzeltermine möglichst gleichmäßig verteilt liegen sollten, ist eine arithmetische Mittelung durchzuführen. 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 21 der trophische Status des Sees ermittelt werden.



Tabelle 14: Bildung von "Abundanzklassen" des durch die mikroskopische Analyse ermittelten Biovolumens eines Indikatorartaxons zur Verrechnung im PTSI.

Taxon-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 15: Ermittlung des trophischen Status des Sees anhand des PTSI (Wertebereiche und trophischer Status entsprechen der LAWA-Trophieklassifizierung 2014).

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 WRRL unter Berücksichtigung der seetypspezifischen Referenztrophi

Anhand der Abweichung des Jahres-PTSI von der Referenztrophi – mathematisch als Differenz errechnet – kann die ökologische Zustandsklasse gemäß WRRL bzw. ein kontinuierlicher PTSI-Bewertungswert (= ÖQ = ökologische Qualität) zwischen 0,5 und 5,5 ermittelt werden. Der trophische Referenzwert je Seetyp ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Der PTSI-Bewertungswert oder Metric 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 1 kann eine Zuordnung in die ökologischen Zustandsklassen der WRRL (ÖZK) erfolgen.

Die untere Grenze einer sinnvollen Trophi-Indikation liegt bei vier Indikatorartaxa/Probe im Jahresmittel und bei vier bewerteten Probestimmen pro Untersuchungsjahr. Bei Nichterfüllung eines der beiden Kriterien wird der PTSI-Metric im PhytoSee-Auswertetool nicht mehr berechnet und der Phyto-See-Index dieses Jahrgangs als ungültig ausgegeben!



2.4 DI-PROF – EIN FAKULTATIVER DIATOMEEN-INDEX FÜR NATÜRLICHE TIEFLANDSEEN

Neben den drei obligaten Metrics "Biomasse", "Algenklassen" und "PTSI" kann 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 bis zur 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 1200facher Vergrößerung mit Ölimmersionsobjektiven 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 16). Aufgrund erheblicher nomenklatorischer und taxonomischer Umgruppierungen in der DV-Liste in der Version vom September 2011 gegenüber der Version vom August 2007 hat 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 16 zu entnehmen. Die genaue Berechnung des DI-PROF einer Probe k erfolgt nach folgender Gleichung:

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

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 16:** Trophie-Optimum- (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. 2003, 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 tenue</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 der planktischen Diatomeen beziehen soll. Die Zugehörigkeit zum Lebensformtyp "planktisch" oder "benthisch" ist jedoch nicht für alle möglichen Diatomeentaxa eindeutig, so dass dies für den DI-PROF-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 und 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 Referenztrophie – mathematisch als Differenz errechnet – kann die ökologische Zustandsklasse gemäß WRRL ermittelt werden. Dabei ist die eigens für den DI-PROF zugrunde gelegte Referenztrophie der Seetypen zu beachten (s. Tabelle 17), die keine "See-Subtypen" unterscheidet und an der sehr gut/gut –Grenze eine Trophie annimmt, die um 0,25 LAWA-Index-Einheiten höher (Seetyp 12 und Seetyp 10.1) oder tiefer (Typ 11.2) als beim Phyto-See-Index ohne DI-PROF liegt (vergl. Tabelle 2 und Tabelle 17).

Tabelle 17: Klassengrenzen für die Bewertung norddeutscher, glazial entstandener Seen mit dem Planktonmetric DI-PROF nach Schönfelder (2006).

Seetyp	Trophie 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



2.5 ERMITTLUNG DES ÖKOLOGISCHEN POTENZIALS

2.5.1 ALLGEMEINE STRATEGIE ZUR BEWERTUNG VON HMWB & AWB

Über den Seetyp hinaus, muss für eine Bewertung 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 zu einem Seetyp und die Ausweisung als HMWB oder AWB erfolgt durch die zuständigen Fachbehörden der Bundesländer. Zur Bewertung des ökologischen Potenzials wurde von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-Expertenkreis Seen 2017) ein Papier (Produktdatenblatt 2.6.1, RaKon VI) erarbeitet.

Die Qualitätskomponente Phytoplankton ist in der Regel nicht wesentlich von den hydromorphologischen Randbedingungen, welche oft nutzungsbedingt oder aufgrund des künstlichen Charakters von natürlichen Strukturen abweichen, beeinflusst. Deshalb kann das PSI-Verfahren in nahezu allen AWB und HMWB-Seen zur Nährstoffindikation angewandt werden. Die Bewertung erfolgt im ähnlichsten natürlichen PP-Seetyp (s. Tabelle 6). In der Tieflandregion werden die als HMWB und AWB ausgewiesenen Seen im PTSI mit einer separaten Indikatorliste bewertet. Hierzu bekommen sie zur Kennzeichnung das Suffix "k" nachgestellt, z.B. 13k für einen Baggersee mit relativ kleinem Einzugsgebiet.

Die pH-neutralen AWB- und HMWB-Seen können in Regel plausibel mit dem PSI bewertet werden. Die pH-saure Seen mit pH-Werten kleiner als 6 besitzen aufgrund der "Säure-Selektion" andere Artengemeinschaften (vgl. Leßmann et al. 2017) und die Artenzusammensetzungsmetrics Algenklassen und PTSI ergeben kein stimmiges Ergebnis. Hinsichtlich des Metrics "Biomasse" entspricht das Verfahren demjenigen für neutrale Seen. Zur korrekten Ansprache wird hinter dem PP-Seetyp das Suffix "s" gestellt (z.B. 7s für einen sauren Tagebausee in der Mittelgebirgsregion). Des Weiteren kommen die Diversitätsindices Shannon-Index und Evenness zum Einsatz. Das Bewertungsverfahren wurde von Leßmann & Nixdorf (2009) erstmals entworfen und von Leßmann et al. (2017) überarbeitet und erweitert.

Starke Seepiegelabsenkungen in Talsperren können zu einer veränderten trophischen Situation führen und sind deshalb in ausgeprägten Fällen als nutzungsbedingte Beeinträchtigung und als "physikalische Veränderung mit stofflichen Folgen" bei der Bewertung zu berücksichtigen. Hierzu wurden von Riedmüller et al. (2015) Voruntersuchungen durchgeführt und Fallunterscheidungen sowie ein Prozedere zur angepassten Potenzialbewertung vorgeschlagen. Dieses wurde im aktuellen PhytoSee-Auswertetool umgesetzt und im vorliegenden PSI-Handbuch als Handlungsempfehlung aufgenommen (s. Kap. 2.5.3).



2.5.2 BEWERTUNG VON IM REFERENZZUSTAND SAUREN TAGEBAUSEEN

2.5.2.1 EINFÜHRUNG UND ABLAUF DER BEWERTUNG

Die Bewertung erfolgt nach des von Leßmann et al. (2017) überarbeiteten Verfahrens, welches eine Ausarbeitung von Leßmann & Nixdorf (2009) zur Basis hatte. Obwohl der Säurestatus eine starke Einflussgröße auf viele chemischen Prozesse und die biologische Besiedlung darstellt, ist bei der Bewertung zu vermeiden, dass dieser als Belastung angesehen wird. Ein Tagebausee kann im geogen und durch die Nutzungsgeschichte begründeten sauren Status verbleiben, wenn er keinen Ablauf in andere Oberflächengewässer besitzt, deren Referenzzustand im pH-neutralen Bereich liegt und deren Fauna und Flora beeinträchtigt würde (vgl. LAWA Expertenkreis Seen 2017). Die Anforderungen an Probenahme und Daten sind identisch mit denjenigen für den PSI für pH-neutrale Seen (s. Kap. 1.3).

Wichtige Voraussetzungen für die Bewertung (s. Abb. 1):

- pH-Wert größer als 3,0 und keiner als 6,0, Anwendung auf Seen mit $\text{pH} \leq 3$ ist sehr eingeschränkt (Diversitätsmetric nicht anwendbar)
- Ende der Bergbautätigkeit, Füllstand erreicht und stabile hydrologische und chemische Bedingungen (s. hierzu auch das Produktdatenblatt LAWA Expertenkreis Seen 2017)

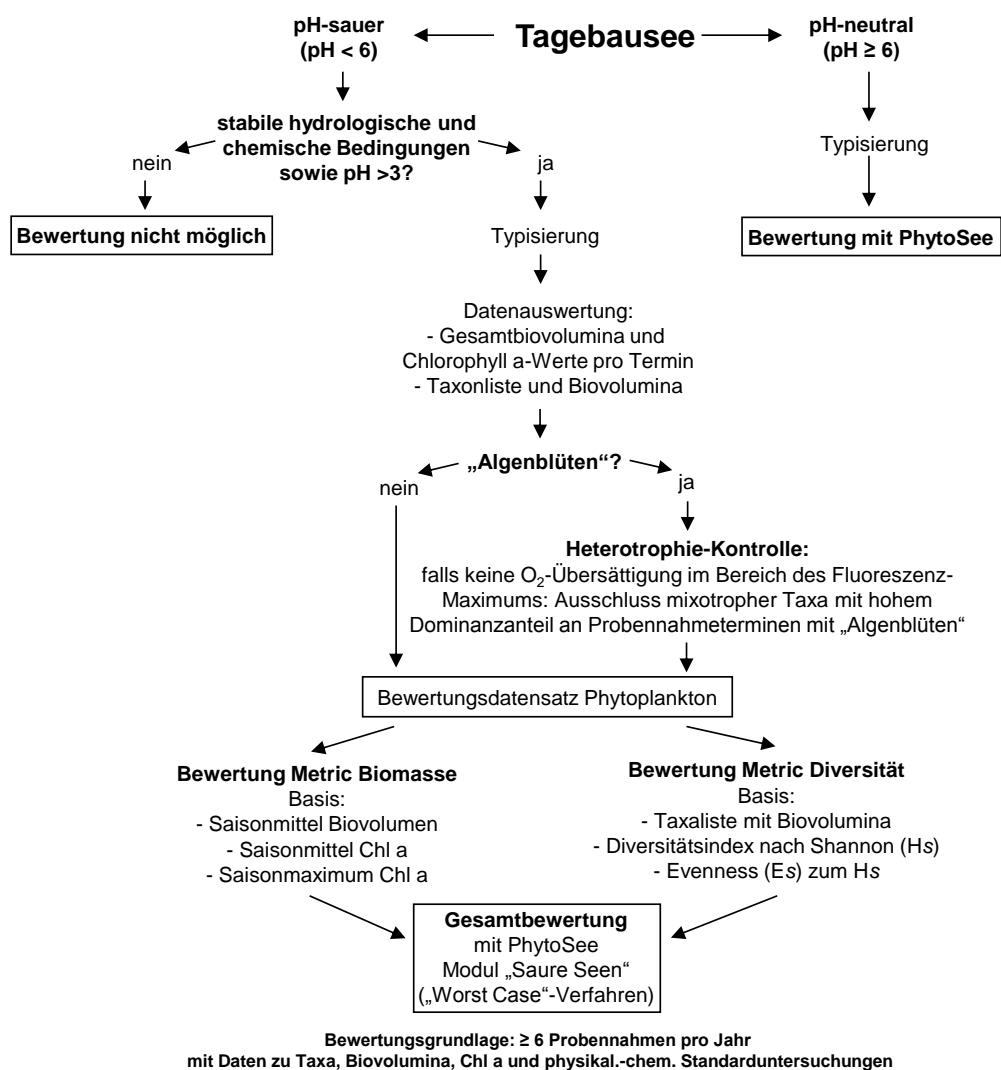


Abb. 1: Ablaufschema für die Potenzialbewertung von Tagebauseen.



Die Bewertung des ökologischen Potenzials erfolgt mit **zwei Hauptmetrics**:

1. Biomasse-Metric: Bewertungsgrundlagen gemäß ähnlichstem natürlichen Seetyp, z.B. saurer Seetyp 10.1s wird wie Typ 10.1/10.1k bewertet mit den Teilmetrics Biovolumen, Chlorophyll a-Saisonmittel und -Maximum als arithmetisches Mittel.

2. Diversität-Metric: Bewertung auf Basis des **Shannon-Index** und der **Evenness**. Verschneidung der Metrics nach dem "best case"-Prinzip, d.h. das bessere Teilergebnis wird für die Ermittlung der Gesamtbewertung PSI_s weiter verwendet.

Die beiden Hauptmetrics werden nach dem "**worst case**"-Prinzip verschnitten, d.h. das schlechtere Teilergebnis ist das **Endergebnis der Potenzialbewertung** und wird im Auswertetool "**PSI_s**" genannt. Begründung: Der Biomassemetric zeigt die Folgen der Eutrophierung mit Nährstoffen an. Der Diversitäts-Metric ist Ausdruck einer "allgemeinen Degradation". Die beiden Hauptmetrics besaßen im Projektdatensatz (Leßmann et al. 2017) keine Korrelation zueinander und indizieren somit unterschiedliche Stressoren. Details und Besonderheiten der Bewertung von sauren Seen sind dem Projektbericht von Leßmann et al. (2017) zu entnehmen.

2.5.2.2 DIVERSITÄTS-METRIC - SHANNON-INDEX UND 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 Stichprobenahme 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 sowohl mit steigender Artenzahl als auch mit zunehmender Gleichverteilung der Biomasse der 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 im Fall des Shannon-Index (H_s) wie folgt berechnet:

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

Der Evenness-Wert erlaubt eine Aussage darüber, ob der Shannon-Index aufgrund einer hohen Taxazahl oder durch die gleichmäßige Verteilung der Biomasse auf wenige Taxa zustande gekommen ist. Bei der 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.

Nach den Grenzen und Formeln in Tabelle 18 können aus den Parameterwerten des Shannon-Index und der Evenness die Metric-Ergebnisse für die Bewertung ("Shannon_Bew", "Evenness_Bew") abgeleitet werden.

Tabelle 18: Untere Grenzwerte des Shannon-Index und der Evenness zur Bewertung des ökologischen Potenzials von sauren Tagebaseen anhand der Phytoplanktonbiozönose.

Zustands-/Potenzial-Klassengrenze*	Shannon-Index (im PSI-Tool "Shannon_W")	Evenness
sehr gut/gut	2,0	0,66
gut/mäßig	1,5	0,49
mäßig/unbefriedigend	1,0	0,33
unbefriedigend/schlecht	0,5	0,16
Bewertungsformel (y = Bewertungszahl, x = Parameter)	$y = - 2 * x + 5,5$	$y = - 6,079 * x + 5,4997$

*Die Oberflächengewässerverordnung (2016) sieht für die "sehr gute" Bewertungsklasse des ökologischen Potenzials die Bezeichnung „höchstes“ Potenzial vor. Die Klassenbezeichnung "sehr gut" bedeutet in Tabellen und Texten immer "höchstes" Potenzial.

Die Bewertung der Diversität ist für alle sauren PP-Seetypen 7s, 10.1s und 13s identisch. Sie erfolgt nach Leßmann et al. (2017) in kontinuierlichen Bewertungszahlen und ergibt Werte zwischen 0,5 und 5,5 und kann gemäß Tabelle 1 den ökologischen Zustandsklassen zugeordnet werden.

Die Verschneidung der beiden Teilmetrics erfolgt nach dem "**best case**"-Prinzip.

Begründung: Die Einbeziehung der Evenness in die Bewertung ermöglicht es, die pH-Effekte weitgehend auszugleichen, die sich insbesondere bei pH-Werten unter 3,5 beim Shannon-Index ergeben. In diesem Bereich reagiert er auf die abnehmenden Taxazahlen, was in hohem Maße mit dem pH-Wert zusammenhängt (vermutlich zunehmende Schwermetalltoxizität u.a. durch gelöstes Eisen), während die Evenness diesbezüglich robuster ist.

Alle Teil- und Hauptmetric-Ergebnisse werden im Tabellenblatt "Saure Seen__PSI" in der PhytoSee-Exportdatei ausgegeben. Die Ergebnisse sind im PhytoSee-Tool auch direkt durch den Aufruf der Abfrage "Saure Seen_PSI" (Doppelklick) zu erhalten.

Allerdings muss nach dem Import von **neuen** Bewertungsdatensätzen zuerst im Startfenster der Button "Bewertungsergebnisse SEEN – Messstellen" gedrückt werden. Die dann meist nach wenigen Sekunden erscheinende Tabelle "Gesamtbewertung" enthält die Bewertungsergebnisse für die sauren Seen **nicht** (lediglich die Ergebnisse des Biomasse-Metrics); für deren Aufbau werden jedoch alle Bewertungsroutinen durchgerechnet und im Tool wichtige Zwischentabellen erzeugt. Nach Schließen der Tabelle kann die Abfrage "Saure Seen_PSI" aufgerufen werden, welche dann alle neuen Bewertungsergebnisse für die sauren Seen enthält. Wurden keine Neudaten importiert oder im Datensatz keine Werte verändert, kann dieser Zwischenschritt entfallen.

2.5.2.3 PROBLEMSTELLUNG "MIXOTROPHE TAXA UND BIOMASSEBEWERTUNG"



Die Erfahrungen zeigen, dass in sauren Seen das zeitweise massenhafte Auftreten mixotropher Arten als charakteristisch angesehen werden kann, ohne dass sich in ihnen aus den physikalischen und chemischen Daten eine Belastung ableiten lässt. Auf die Vorkommen mixotropher Taxa im Jahrgang betrachtet, liegen die erreichten Dominanzen bei 10 bis nahezu 100%. Typische blütenbildende Arten sind u.a. *Scourfieldia cordiformis* (Prasinophyceae) oder die neu beschriebene *Autumnella lusatica* (Chlorophyceae) (Ulrich & Röske 2018, Dienemann et al. 2018). Typisch sind deren Massenvorkommen v.a. vom Herbst (ab August/September) bis zum zeitigen Frühjahr.

Rein heterotrophe Taxa wurden in sauren Seen ebenfalls gefunden, wie z.B. *Gymnodinium helveticum*, treten aber oft nur in geringen Biomassen auf und werden ohnehin im PhytoSee-Tool vor der Bewertung aus dem Datensatz entfernt.

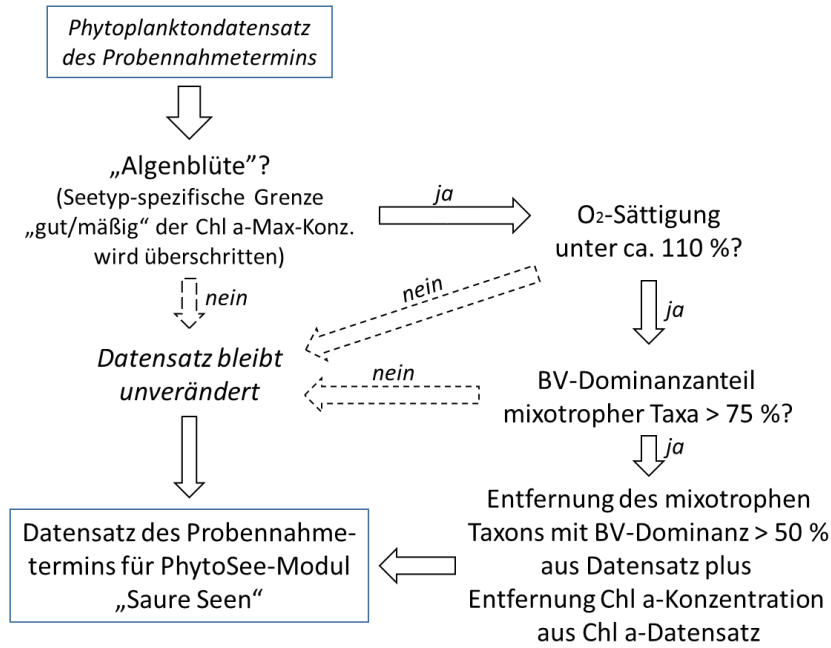
Die mixotrophen Taxa besitzen oft ebenso viel Chlorophyll a wie photoautotrophe Organismen und können beträchtliche Biomassen entwickeln. Auf diese Weise können alle drei Teilmetrics des Biomasse-Metrics von einer Blüte "betroffen" sein. Insbesondere das Chlorophyll a-Maximum kann auf diese Biomassepeaks heftig und in der Bewertung mit schlechten Ergebnissen reagieren.

Genauso wie heterotrophe Arten im Bewertungsverfahren PhytoSee bei der Anwendung auf neutrale Seen von der Bewertung ausgeschlossen werden, sind auch zum Untersuchungszeitpunkt sich heterotroph ernährende mixotrophe Arten saurer Tageauseen von der Bewertung auszuschließen. Hierzu bedarf es einer Methode, die aktuelle Ernährungsweise einigermaßen sicher einzuschätzen. In einem LAWA-Projekt (Leßmann et al. 2017) wurde anhand einer Literaturstudie eine Liste mit mixotrophen Taxa erstellt. Als Kriterium zur Identifizierung von vorwiegend heterotropher Ernährungsweise während Phytoplanktonblüten wird die Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil als geeignet angesehen (s. Abb. 1).

"Heterotrophie-Kontrolle" (Ablauf s. Abb. 2)

Nach der Zuordnung zu einem Seetyp ist anhand des Chl a-Saisonmaximums zu prüfen, ob im Jahresverlauf eine Phytoplankton-Massenentwicklung (→ "Algenblüte") vorlag. Dies ist dann der Fall, wenn der Seetyp-spezifische Grenzwert zwischen gut und mäßig für das Chl a-Maximum überschritten wird (vgl. Tabelle 19). Eine Überschreitung macht eine Heterotrophie-Kontrolle an den einzelnen Probennahmeterminen erforderlich. (Zum Auffinden von Blüten einzelner Taxa an den Terminen kann auch das Doppelte der Seetyp-entsprechenden gut/mäßig-Grenze beim Biovolumen als Orientierungsgröße verwendet werden, so z.B. beim Typ 7s 2,8 mm³/L.)

Beim Auftreten von Algenblüten ist zu prüfen, ob sich parallel zu hohen Biovolumina und Chlorophyll a-Konzentrationen auch eine hohe Photosynthese-Aktivität mit Einfluss auf die Sauerstoffkonzentration nachweisen lässt. Fehlen an den "Blüte-Terminen" deutlich über dem Sättigungswert liegende Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenprofil (ca. > 110 % O₂-Sättigung) ist potentiell von einer überwiegend heterotrophen Ernährung der die Algenblüte auslösenden Taxa auszugehen. Daher ist der Dominanzanteil mixotropher Taxa am Probennahmetermin zu ermitteln. Stellen mixotrophe Taxa über 75 % des Algen-Biovolumens, ist das Taxon, das zu mehr als 50 % zum Phytoplankton-Biovolumen beiträgt, aus dem Bewertungsdatensatz zu entfernen. Ebenso ist der Wert der Chl a-Konzentration an dem entsprechenden Termin aus dem Chlorophyll-Datensatz zu löschen.



Grundlagen: Phytoplanktondaten mit BV, Chl a-Konz., O₂-Sättigung, Taxaliste Mixotrophe

Abb. 2: Detailliertes Ablaufschema für die Heterotrophie-Kontrolle und die ggf. vorzunehmende Entfernung von Daten sich heterotroph ernährenden mixotropher Taxa aus dem Datensatz des Probennahmetermins für den PhytoSee-Bewertungsdatensatz.

Tabelle 19: Obergrenzen der Bewertungsklassen der Teilmetrics im Biomasse-Metric zur Bewertung des ökologischen Potenzials von sauren Tagebauseen anhand der Phytoplanktonbiozönose. Grenzen entsprechen den Werten für pH-neutrale Seen (s. Kap. 2.1).

Zustands-/Potenzial-Klassengrenze*	Biovolumen-Saisonmittel (mm ³ /L)	Chlorophyll a - Saisonmittel (µg/L)	Chlorophyll a - Maximum (µg/L)
Phytoplankton-Seetyp 7s			
sehr gut/gut	0,80	3,0	5,5
gut/mäßig	1,40	5,4	10,6
mäßig/unbefriedigend	2,50	9,7	20,5
unbefriedigend/schlecht	4,50	17,0	38,6
Phytoplankton-Seetyp 10.1s			
sehr gut/gut	1,51	5,4	10,8
gut/mäßig	2,64	9,6	19,3
mäßig/unbefriedigend	4,61	17,3	34,6
unbefriedigend/schlecht	8,07	31,0	62,0
Phytoplankton-Seetyp 13s			
sehr gut/gut	1,14	4,0	8,0
gut/mäßig	2,00	7,2	14,4
mäßig/unbefriedigend	3,49	12,9	25,8
unbefriedigend/schlecht	6,10	23,2	46,3

*Die Oberflächengewässerverordnung (2016) sieht für die "sehr gute" Bewertungsklasse des ökologischen Potenzials die Bezeichnung „höchstes“ Potenzial vor. Die Klassenbezeichnung „sehr gut“ bedeutet in Tabellen und Texten immer "höchstes" Potenzial.



Der gesamte Vorgang kann mithilfe des PhytoSee-Tools durchgeführt werden. Folgende Arbeitsschritte sind dafür zu empfehlen:

1. Import der neuen See-Jahrgänge (s. Kap. 3.2 und 3.3)
2. Drücken des Button "Bewertungsergebnisse SEEN – Messstellen" im Startfenster (→ alle Tabellen und Abfragen im Bewertungsprozedere werden im Hintergrund errechnet und erzeugt)
3. Tabelle "Gesamtbewertung" öffnet sich, je nach Datenmenge nach wenigen Sekunden oder Minuten, enthält jedoch die Bewertungsergebnisse für die sauren Seen nicht (lediglich die Ergebnisse des Biomasse-Metrics), deshalb dieses Fenster wieder schließen
4. Aufrufen der Abfrage "Saure Seen_PSI" (enthält alle Bewertungsergebnisse für die sauren Seen, welche im Fall von Tagebauseen als ökologisches Potenzial zu verstehen sind) und Prüfen der Ergebnisse im Biomassemetric und der Biovolumina und Dominanz mixotropher Taxa im Jahrgang
5. Bestehen hohe Biovolumina und Dominanzen mixotropher Taxa und demzufolge auffällig schlechte Ergebnisse im Biomassemetric → Aufrufen der Abfrage "Saure Seen - Taxon_Probe_mixo_hetero" (Abfrage listet alle gefundenen Taxa, deren Biovolumen und Dominanz pro Probe sowie die Kennzeichnung mixotroph und heterotroph (mit "ja"), Angabe zur Heterotrophie ist lediglich zur Information, da die heterotrophen Taxa nicht zur Bewertung herangezogen werden)
6. Werden Blüten und mixotrophe Taxa unter Berücksichtigung der Sauerstoffprofile ("händische" Durchsicht) identifiziert, so können die oben beschriebenen Streichungen direkt in den Accesstabellen ("Probendaten_Seen" und "Taxon_BV_Seen") erfolgen, anschließend wieder Schritt 2. bis 4., da eine Änderung an den Eingangsdaten erfolgte.

Alternativ können alle Prüfprozesse **vor** dem Import der Datensätze in das PhytoSee-Tool erfolgen. Die Liste der mixotrophen Taxa, welche es in sauren Seen zu berücksichtigen gilt, kann nach Aufrufen der Tabelle "Saure Seen - Liste mixotrophe Taxa" über die Zwischenablage exportiert werden.



2.5.3 BEWERTUNG VON TALSPERREN MIT TROPHIE-RELEVANTEN PEGELABSINKUNGEN

2.5.3.1 PROBLEMSTELLUNG

Talsperren wurden zunächst als erheblich veränderte Flüsse ausgewiesen (→ HMWB Fließgewässer), die den guten ökologischen Zustand für die Kategorie Fluss aufgrund nutzungsbedingt hydromorphologischer Veränderungen verfehlen. Weiterführende Prüfschritte zu möglichen Maßnahmen im Hinblick auf die Referenz des Fließgewässertyps erwiesen sich als nicht sinnvoll. Im Nachgang erfolgte dann der Kategoriewechsel zum See (→ HMWB See). Die hydromorphologischen Beeinträchtigungen der Talsperre als See sind dagegen im Hinblick auf die Nutzung zu prüfen.

Stärkere Wasserstandsschwankungen können die Bedingungen für die biologischen Qualitätskomponenten insbesondere im Uferbereich entscheidend beeinflussen. Da sie durch die "grundsätzlich akzeptierten" spezifischen Nutzungen seitens der Wasserwirtschaft entstehen, stellen die Auswirkungen auf die Uferstruktur keine bewertungsrelevanten signifikanten Belastungen dar. Bewertungsverfahren, welche Uferstrukturbelastungen indizieren wie Makrophyten, Phyto- und Makrozoobenthos, sind deshalb in der Regel nicht anzuwenden (s. LAWA-Expertenkreis Seen 2017).

An den Überblicksmessstellen sind nach den Vorgaben alle biologischen Qualitätskomponenten zu überwachen. Die von den akzeptierten spezifischen Nutzungen herrührenden Belastungen und damit die Ergebnisse der Bewertungsverfahren, die eine Uferstrukturbelastung indizieren, fließen nicht in die Ermittlung des ökologischen Potenzials ein.

Anpassungen in der **Potenzialbewertung der Freiwasserbiozönose - des Phytoplanktons** - werden jedoch dann notwendig, wenn die Wasserstandsschwankungen signifikante Belastungsarten wie den Nährstoffgehalt beeinflussen. Talsperren mit starken Pegelabsenkungen neigen infolge des Eutrophierungspotenzials aus den Sedimenten zu höheren Planktonbiomassen. Ebenso kann es in geschichteten Sperren aufgrund Absenkung und hypolimnischen Wasserabzug früher im Jahr zu einer Durchmischung des Wasserkörpers kommen. Das nährstoffreiche Tiefenwasser wird noch während der Vegetationsperiode eingemischt und das Algenwachstum kann erheblich ansteigen. Das Phytoplankton-Bewertungsverfahren reagiert auf diese Veränderungen mit schlechteren Bewertungsergebnissen. In diesbezüglich stärker betroffenen Talsperren muss dies in einer mildereren Potenzialbewertung Berücksichtigung finden. Auswertungen und Schlussfolgerungen zu diesem Thema wurden im LAWA-Projekt O 8.12 bearbeitet und von Riedmüller et al. (2015) im Projektbericht dargestellt.

2.5.3.2 TALSPERREN-FALLGRUPPEN UND PHYTOPLANKTONBEWERTUNG

Zur Prüfung, ob bewertungsrelevante Wasserspiegelabsenkungen vorliegen und eine mildere Bewertung begründbar ist, dient der in Abb. 3 (Folgeside) dargestellte Entscheidungsbaum. Darin werden vier Fallgruppen ausdifferenziert, welche hinsichtlich Potenzialbewertung unterschiedlich behandelt werden.

Bewertungsrelevante Pegelabsenkungen können bei geschichteten Seen ab rund 2 m, bei polymiktischen Seen bereits ab 1 m Absenkung auftreten. Diese wurden im Entscheidungsbaum als "signifikant" bezeichnet. Ob die Absenkungen eine Trophierelevanz besitzen, muss vertiefend lediglich in der Fallgruppe 4 geprüft werden.

Fallgruppe 1: Talsperren im sehr guten und guten ökologischen Zustand

Talsperren, welche Pegelabsenkungen aufweisen, jedoch gemäß Phytoplanktonbewertung (PSI) stabil einen Zustand von "gut oder besser" aufweisen, müssen hinsichtlich einer mildereren Potenzialbewertung nicht näher betrachtet werden. Es gilt: ökologischer Zustand = ökologisches Potenzial.

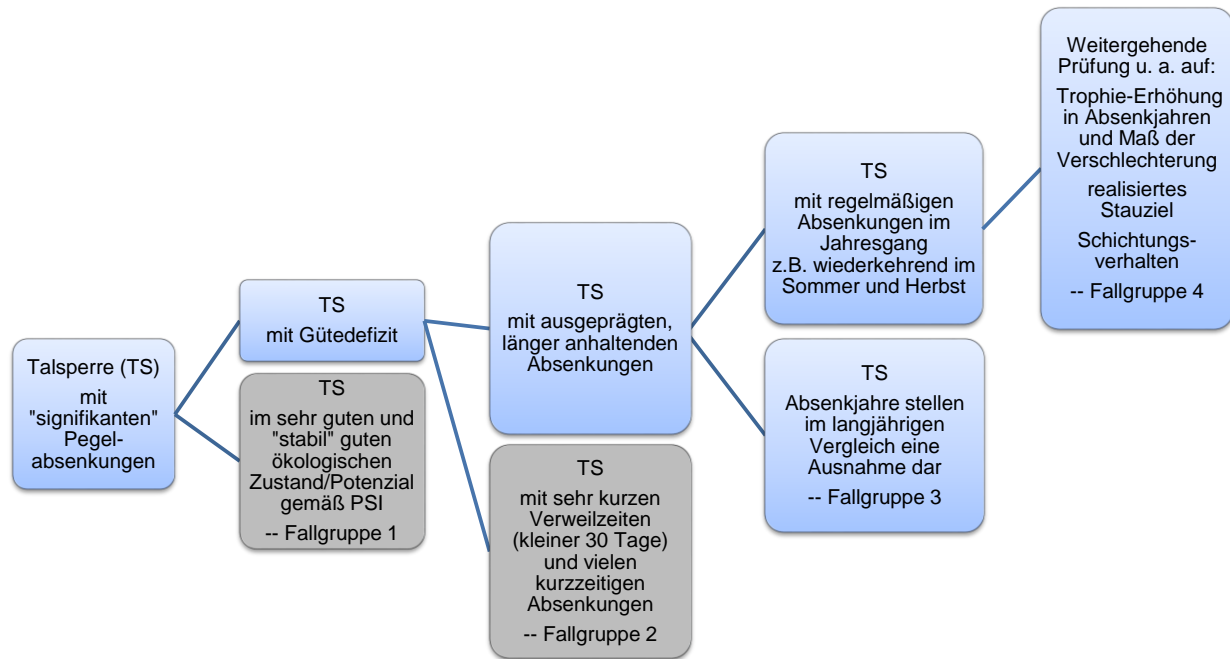


Abb. 3: Entscheidungsbaum zur Fallgruppenbildung für die Potenzialbewertung von Talsperren mit Pegelschwankungen. Grau unterlegte Fallgruppe = keine Sonderbehandlung und ökologischer Zustand = ökologisches Potenzial.

Fallgruppe 2: Talsperren mit kurzzeitigen Pegelschwankungen und meist kurzen Verweilzeiten (kleiner 30 Tage)

Kleine polymiktische Talsperren, die i.d.R. aus Hochwasserschutzgründen errichtet wurden und oft nur geringe Verweilzeiten aufweisen. Deren Trophielage wird maßgeblich durch die Verweilzeit und folglich durch die Witterung gesteuert. Eine mildere Potenzialbewertung kann meist nicht begründet werden, da die Trophie-Erhöhung nicht mit den Absenkungen in Zusammenhang stehen. Es gilt: ökologischer Zustand = ökologisches Potenzial.

Fallgruppe 3: Talsperren mit langjährig betrachtet eher seltenen Pegelabsenkungen

Sind die Ereignisse eines niedrigen Pegelstandes einer Talsperre eher selten, so findet die Bewertung dieses Absenkjahres keine Berücksichtigung. In die Bewertungen gehen lediglich die Messungen in den hydrologischen Normaljahren ein. Für die Ermittlung der Angaben werden die Tagesmittel der Beckenjahre von mindestens 5 Jahren zu einem langjährigen mittleren Seepiegel gebildet und die Abweichung im Betrachtungsjahr festgestellt.

Fallgruppe 4: Talsperren mit langjährig betrachtet regelmäßigen Seepiegelabsenkungen

Es treten im Jahresgang regelmäßige Absenkphasen auf, welche schon im Frühjahr beginnen können, meist jedoch zur Jahresmitte bis spätestens September einsetzen. Öfter bleibt die Sperre im Winter auf niedrigem Niveau und wird mit Frühjahrshochwasser oder während der Schneeschmelze wieder angefüllt. Im Vergleich von wasserreichen und wasserarmen Jahren kann geprüft werden, ob die Absenkungen, welche in dieser Fallgruppe den Normalfall darstellen, eine schlechtere Bewertung resultiert. Ist dies der Fall, kann mit verschiedenen Methoden eine **Seetypänderung** begründet werden, welche dann zu einer milderen, die Nutzung berücksichtigenden Bewertung führt.

2.5.3.3 NACHWEIS VON TROPHIE-RELEVANTEN SEEPEGELABSINKUNGEN - FALLGRUPPE 4

Bei Talsperren mit regelmäßigen Seeppegelabsenkungen (→ Fallgruppe 4, s. Abb. 3) kann im Phytoplanktonverfahren eine weniger strenge Bewertung erfolgen. Hierfür wird die Talsperre einem Seetyp mit höherer Referenztrophie zugeordnet. Die Seetypänderung muss begründet werden, wofür **drei Möglichkeiten** vorgeschlagen werden:

1. Möglichkeit: Darstellung der Abhängigkeit zwischen Absenkung und Trophie-Erhöhung

Wenn mit den vorgeschlagenen Abbildungen oder entsprechenden Tabellen gezeigt werden kann, dass durch Pegelabsenkungen - auf Jahrgangsebene betrachtet – regelmäßig ein Trophie-Anstieg von mehr als rund einer Viertel Trophieklasse (Klassifikations-Indices nach LAWA) oder von einer halben Zustandsklasse (PSI) verbunden ist, kann ein Typwechsel begründet werden (vgl. hierzu Tabellen in Kap. 1.2.3).

Die Trophie kann z. B. in einer Abbildung auf den Seeppegel aufgetragen werden. Als Kenngrößen der Trophie kommen einzelne Parameter wie Chlorophyll a, Phytoplanktonbiovolumen oder Gesamtphosphor (als "Trophiepotenzial" sowie diesbezüglich aggregierte Indices wie u. a. der Trophieindex nach LAWA in Frage.

Zur einheitlichen Darstellung mehrerer Kenngrößen können die Trophieparameter auch auf Terminebene z. B. mit den Klassifikationsformeln aus LAWA (2014) in die Skala des Trophieindex nach LAWA transformiert werden (s. Abb. 4). Der Artenindex PTSI kann als Klassifikationsindex (s. Kap. 2.3) wie in Abb. 4 ebenfalls auf Terminebene verwendet werden (wird in der PhytoSee-Exportdatei im Tabellenblatt "S_PTSI_TAG" ausgegeben).

Alle Klassifikationsindices können also auf Basis der Termine (Abb. 4) oder auf Basis der Jahrgänge (Abb. 6) berechnet und betrachtet werden. Ebenso kann der Seeppegel kontinuierlich z.B. mit Tageswerten (Abb. 4) oder auf Basis von Jahres- oder Saisonmittelwerten dargestellt werden (s. Abb. 6).

Als Trophiekenngrößen können auch die Bewertungsmetrics aus dem PhytoSee-Verfahren wie der Biomassemetric und dessen Teilmetrics oder das Endergebnis Phyto-See-Index (PSI) für die Darstellung verwendet werden (s. Ergänzung PSI in Abb. 4). Die Bewertungsmetrics können jedoch nur auf Jahrgangsebene berechnet werden.

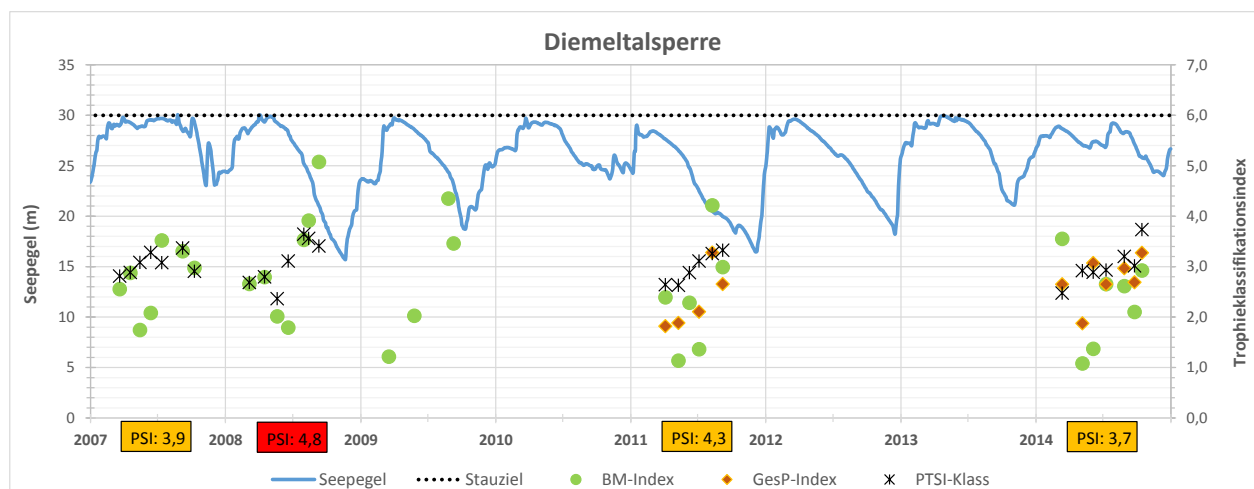


Abb. 4: Gegenüberstellung von Trophieparametern und Seeppegel. Trophieklassifikations-Indices auf Terminebene, Bewertung PSI auf Jahrgangsebene. Beispiel Diemeltalsperre in Hessen 2007-2014. BM-Index = Mittelwert aus Chlorophyll a-Index und Biovolumen-Index nach LAWA (2014), GesP-Index = Gesamtphosphor-Index nach LAWA (2014) (alle Indices sind auf Terminebene, d.h. aus den Einzelmesswerten berechnet).



Das Beispiel in Abb. 4 zeigt die jahreszeitlich wiederkehrenden Absenkungen in der Diemeltalsperre. Ausgeprägte Absenkjahre wurden 2008 und 2011 untersucht, weniger ausgeprägte in den Jahren 2007 und 2014. Dazwischen lagen Jahre ohne Untersuchungen oder mit reduziertem Untersuchungsprogramm. Die im Beispiel verwendeten Trophiekenngrößen - die Klassifikations-Indices "Biomasse-Index", "Gesamtphosphor-Index" und "PTSI" - reagieren schnell und deutlich auf die oft schon vor Jahresmitte einsetzenden Absenkungen. Der Anstieg innerhalb eines Jahres beträgt z.B. im Biomasse-Index im Jahr 2011 mehrere Trophieklassen. Trägt man die zur Verfügung stehenden PSI-Bewertungen auf den Stauziel (% Stauziel im Saisonmittel) auf (s. Abb. 5), so ergibt sich in den stärkeren Absenkjahren eine Verschlechterung um 0,5 oder 0,9 Zustandsklassen-Einheiten. Die Begründung für einen Seetypwechsel für die Diemeltalsperre ist somit gegeben.

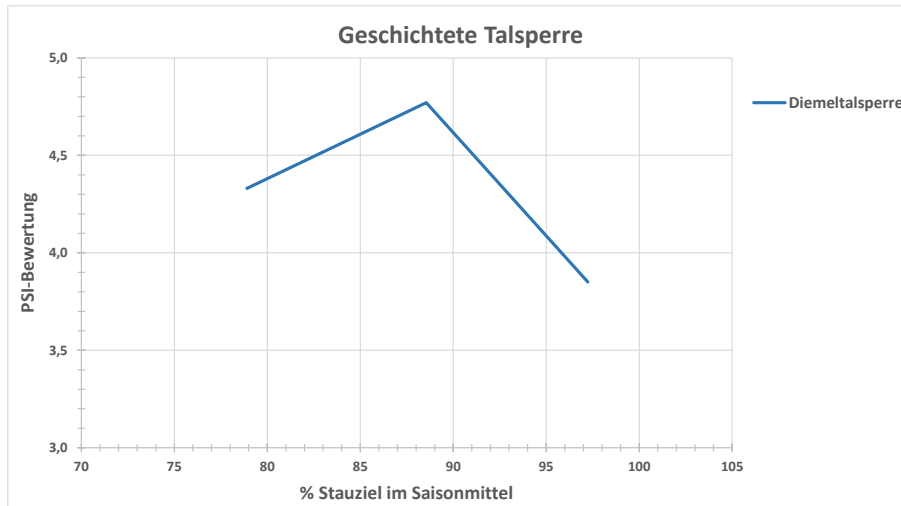


Abb. 5: PSI-Bewertung Diemeltalsperre in den Jahren 2003-2010 in hydrologisch unterschiedlichen Jahren. ??wieso nur 4

Die Abb. 6 zeigt ein Beispiel der polymiktischen Talsperre Bautzen mit Verwendung der Trophie-Kenngröße "LAWA-Trophie-Index" (Jahrgangsebene). Diese Sperre reagiert in Absenkjahren ebenfalls mit einer deutlichen Trophie-Erhöhung um 0,3-0,8 Trophie-Index-Einheiten. Die Kriterien für einen Seetypwechsel sind hier ebenfalls erfüllt.

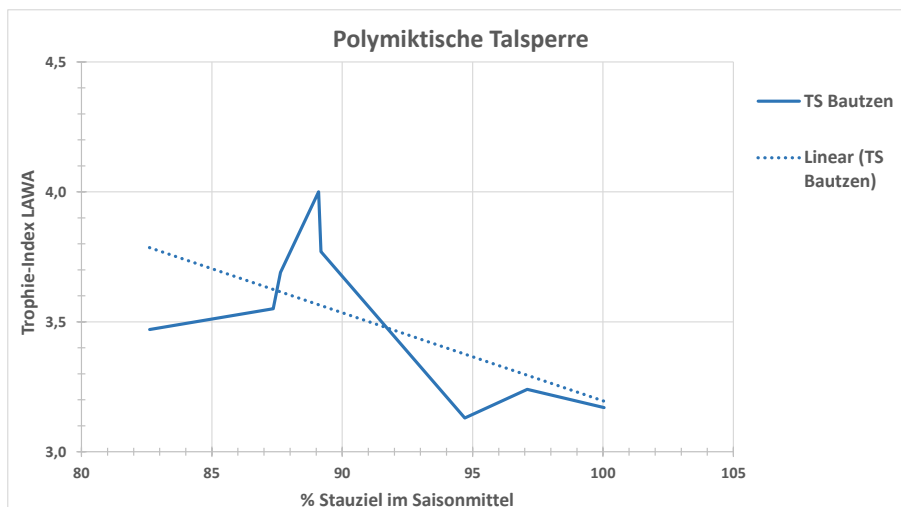


Abb. 6: Trophie-Index nach LAWA (Jahrgangs-Klassifikation) der Talsperre Bautzen in den Jahren 2003-2010 in hydrologisch unterschiedlichen Jahren.



Beim Vergleich der Jahrgänge muss ggf. eine gewisse Unschärfe des Eintretens der Trophieauswirkungen mitberücksichtigt werden. In einigen Seen im Datensatz trat eine Verschlechterung erst im Folgejahr auf, z. B. in Form einer ungewöhnlich hohen Frühjahrsblüte. Das Folgejahr kann jedoch hinsichtlich Absenkung unauffällig sein. Diese oder andere nachvollziehbare Argumente können ebenfalls für die Begründung eines Typwechsels herangezogen werden.

Dieser Nachweis der Trophierelevanz von Absenkungen ist dann zu empfehlen, wenn für die Talsperre einige Untersuchungsjahre ohne größere Absenkungen zum Vergleich vorliegen.

2. Möglichkeit: Prüfung des Schichtungsverhaltens

Bei geschichteten Talsperren kann es durch Absenkungen und unterstützt durch die kontinuierliche Abgabe von Tiefenwasser zu einer früheren Vollzirkulation kommen – vollständige Durchmischung des Wasserkörpers. Wenn die Talsperre das Kriterium einer mindestens dreimonatigen Schichtung zu einem hohen Prozentsatz der Jahrgänge nicht mehr erfüllt, ist sie als polymiktsch anzusehen und einzutypen.

Beispiel: Die im Mittelgebirge von Rheinland-Pfalz liegende Krombachtalsperre war zunächst als Phytoplankton-Seetyp 8, geschichteter calciumarmer Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet, typisiert. Nach einigen Jahren der intensiveren Untersuchung stellte man die verkürzten Stagnationsphasen fest. Es erfolgte ein Seetypwechsel von 8 auf den hinsichtlich Referenztrophie am nächsten liegenden polymiktischen Phytoplankton-Seetyp 6.1 (s. Tabelle 2 oder Tabelle 3).

3. Möglichkeit: Prüfung der Typologie-Kriterien der Seemorphologie bei realem Seepegelstand

Ein Seetypwechsel und demzufolge eine mildere Bewertung der Talsperre kann des Weiteren durch eine signifikante Änderung des Typisierungskriteriums Volumenquotienten (VQ) oder Volumentiefenquotient (VTQ) - basierend auf Einzugsgebiet, Seevolumen und mittlerer Tiefe - erfolgen. In der Regel wird der Seetyp auf Basis der üblichen Plan- daten, dem Stauziel und den entsprechenden Werten zu Seevolumen und mittlerer Tiefe, abgeleitet. Häufig werden die Sperren jedoch deutlich unterhalb des planerischen Stauziels betrieben. Unter Verwendung des langjährig realisierten Stauziels können mit der hypsografischen Kurve Seevolumen und mittlere Tiefe abgeleitet und daraus die "realen" Kenngrößen VQ oder VTQ berechnet werden (s. Kap. 1.3.3). Bei Überschreitung der ermittelten VQ- oder VTQ-Typgrenzen (vgl. Riedmüller et al. 2015 und Tabelle 5) kann entsprechend ein Seetypwechsel vorgenommen werden.

Die Tabelle 20 enthält Beispiele der Ergebnisse einer Neuberechnung der morphometrischen Kenngrößen auf Basis der langjährig realisierten "Stauziele". Die darin enthaltenen typspezifischen VQ- und VTQ-Grenzen sind der Tabelle 5 entnommen. Nicht enthalten sind die Obergrenzen des Typs 5 und 8, welche speziell zur Abgrenzung des Typs HMWB 5/8 datenbasiert (s. Riedmüller et al. 2015) abgeleitet wurden. Ab einem VTQ von $0,65 \text{ m}^2$ kann für die Typen 5 und 8 ein Wechsel in HMWB 5 oder HMWB 8 empfohlen werden (s. Tabelle 20). Dies trifft in den Beispielen auf die Diemel-, Eder- und Wuppertalsperre zu.

Sowohl das Kriterium VTQ-Grenze von $0,65 \text{ m}^2$ als auch die Phytoplankton-Seetypen HMWB 5 und 8 sind ausschließlich Talsperren mit Trophie-relevanten Seepegelabsenkungen vorbehalten (s. dazu Kap. 2.5.3.4)



Tabelle 20: Beispiele für die Veränderung der seetyprelevanten morphometrischen Kenngrößen durch die Verwendung des langjährigen Seepiegels sowie VQ- bzw. VTQ-Grenzen zur Erreichung eines milder bewerteten Seetyps. **Grün** unterlegt: VQ- oder VTQ-Grenze überschritten. PP = Phytoplankton.

Gewässer	Seetyp und Morphometrie gemäß "planerischem" Stauziel				langjährige mittlere Absenkung in % der Maximaltiefe	Morphometrie gemäß langjähriger Stauhöhe			VQ/VTQ-Grenze für Typwechsel	PSI Mittelwert von 3 a
	PP-Seetyp	mittlere Tiefe (m)	VQ	VTQ		mittl. Tiefe (m)	VQ (m ⁻¹)	VTQ (m ⁻²)		
TS Quitzdorf	6.2	2,6	9,3	3,58	7	2,3	11,5	4,92	10/6	4,1
TS Bautzen	6.1	7,4	7,9	1,08	10	6,6	9,5	1,45	10/2	4,2
Diemeltalsperre	5	11,0	7,0	0,64	14	10,1	7,5	0,74	0,65	4,3
Wuppertalsperre	5	11,3	8,0	0,71	15	10,3	12,9	1,25	0,65	2,6
Edertalsperre	5	16,1	10,2	0,63	19	15,4	10,9	0,71	0,65	3,7

VQ = Volumenquotient = Einzugsgebiet (m²) / Seevolumen (m³), VTQ (Volumen-Tiefen-Quotient) = VQ/mittlere Tiefe (m)

2.5.3.4 TYPENSHEMA UND SEETYPWECHSEL

Wenn ein Seetypwechsel begründet ist, so kann der hinsichtlich Referenztrophyie nächst höhere Seetyp verwendet werden; z.B. im Fall der TS Bautzen der Wechsel von Phytoplankton-Seetyp 6.1 auf 6.2.

Für die geschichteten Phytoplankton-Seetypen 5 und 8 im Mittelgebirge war in dem bisherigen Seetypenschema kein milder bewerteter geschichteter Seetyp vorhanden (s. Tabelle 2). Der hinsichtlich Referenztrophyie nächste Seetyp war erst wieder der polymiktische Typ 6.1. Um für die geschichteten Talsperren des Typs 5 und 8 einen dementsprechenden Typ bereit zu halten, wurde die Lücke zwischen Typ 5/8 und 6.1 mit dem Typ HMWB 5 bzw. 8 geschlossen (s. Tabelle 21 und Tabelle 2). Somit steht analog zu den Tiefland-Seetypen ein hinsichtlich Referenztrophyie lückenloses Typenschema (mit Referenztrophyie in 0,25 Trophieklassen-Schritten) zur Verfügung.

Tabelle 21: Verankerung der Zustandsklassen des Phyto-See-Index der deutschen Phytoplankton-Seetypen im Mittelgebirge im System des LAWA-Trophyie-Index. Sortierung nach Lage der Referenztrophyie.

Phytoplankton-Seetyp	trophischer Referenzwert zur Berechnung der ÖQ	trophischer Referenzzustand Obergrenze	sehr gut/ gut Grenze ÖQ 1,5	gut/ mäßig Grenze ÖQ 2,5	mäßig/ unbefriedigend Grenze ÖQ 3,5	unbefriedigend/ schlecht Grenze ÖQ 4,5
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
HMWB 5/8	1,50	meso 1	2,00	2,50	3,00	3,50
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

Der Phytoplankton-Seetyp HMWB 5 und 8 ist ausschließlich den Talsperren mit nachweislich Trophie-relevanten Seepiegelabsenkungen vorbehalten.



Die Untergrenze des VTQ für diesen Typ beträgt $0,65 \text{ m}^{-2}$ (s. Tabelle 20). Die Anwendung dieses Hilfskriteriums zur Eintypung bleibt ebenfalls ausschließlich auf die Talsperren mit Seepgelabsenkungen beschränkt. Der HMWB-Typ darf also nicht für Talsperren mit "Normalbewirtschaftung" verwendet werden, auch wenn diese bei Stauziel einen VTQ von größer als 0,65 aufweisen.

Als Beispiel kann die Diemeltalsperre nach Nachweisführung (s. Kap. 2.5.3.3) als Typ HMWB 5 geführt werden. Die Bewertung im PSI-Verfahren ist gemäß Verankerung um eine halbe Zustandsklasse milder als im Typ 5. Im PhytoSee-Auswertetool Version 7.0 sind die Verfahrenserweiterungen für die zusätzlichen Typen HMWB 5 und 8 einprogrammiert. Für eine korrekte Berechnung muss in der Eingangstabelle "Gewässername_SeeNr" in der Spalte "Seen Subtyp" z.B. für die Diemeltalsperre lediglich die Typbezeichnung "HMWB 5" eingetragen werden.



2.6 BERECHNUNG DER GESAMTBEWERTUNG DES PHYTO-SEE-INDEX

Der Phyto-See-Index beruht auf den Metrics "Biomasse", "Algenklassen" und "PTSI" und fakultativ auf dem "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 seetypspezifischen Regressionsanalysen zum trophischen Zustand der Seen (LAWA-Index 2014) erhalten die Indexwerte der Kenngrößen ein unterschiedliches Gewicht für die Gesamtbewertung.

Die Zusammenführung der Einzelergebnisse der Metrics zu einem Gesamtergebnis erfolgt durch gewichtete Mittelwertbildung, mit Ausnahme der sauren Bergbauseen. Die dafür notwendigen Gewichtungsfaktoren je nach Seetyp sind in Tabelle 22 aufgeführt.

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

- a) Multiplikation jedes Einzelmetrics mit dem Seetyp- und Kenngrößen-spezifischen Gewichtungsfaktor (s. Tabelle 22)
- b) Aufsummierung aller Ergebnisse (= Zähler)
- c) Division durch die Summe der verwendeten Gewichtungsfaktoren (= Nenner)
- d) Rundung des Ergebnisses auf zwei Dezimalstellen hinter dem Komma
- e) Zuordnung der ökologischen Zustandsklasse nach WRRL anhand der Tabelle 1, wobei gilt: PSI-Werte zwischen 0,50 und 1,50 → sehr gut, von 1,51–2,50 → gut usw.

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

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

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

Im Fall von **sauren Tagebauseen** werden der Einzelmetric "Gesamtbiouvolumen" und "Biodiversität" nach dem "worst case"-Prinzip verschnitten, das heißt, dass die schlechtere der beiden Teil-Bewertungen das Endergebnis darstellt.

**Tabelle 22:** Verschneidung der Einzelmetrics und Gewichtungsfaktoren zur Berechnung des deutschen Phyto-See-Index. Seetypen gemäß Tabelle 6.

See-Typ-Nr.	G Biomasse	G Algenklasse	G PTSI	G DI-PROF	Biodiversität	Stand
1	1	1	1			02.02.2015
2	4	2	3			02.02.2015
3	4	3	3			02.02.2015
4	5	3	3			02.02.2015
5	3	2	3			03.12.2011
6.1	3	1	2			03.12.2011
6.2	3	1	2			03.12.2011
6.3	3	1	2			03.12.2011
7	3	2	3			03.12.2011
7s	*				*	*"worst case" 08.12.2017
8	3	2	3			03.12.2011
9	3	2	3			03.12.2011
HMWB5	3	2	3			20.07.2017
HMWB5	3	2	3			20.07.2017
10.1	4	3	3	1		15.01.2013
10.1k	4	3	3			15.01.2013
10.1s	*				*	*"worst case" 08.12.2017
10.2	4	3	3	1		15.01.2013
10.2k	4	3	3			15.01.2013
11.1	4	3	2	2		15.01.2013
11.1k	4	3	2			15.01.2013
11.2	4	3	2	2		15.01.2013
11.2k	4	3	2			15.01.2013
12	4	3	2	2		15.01.2013
12k	4	3	2			15.01.2013
13	4	3	3	3		15.01.2013
13k	4	3	3			15.01.2013
13s	*				*	*"worst case" 08.12.2017
14	4	3	2	1		15.01.2013
14k	4	3	2			15.01.2013



2.6.1 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 Einzelkenngröße 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 Zustandmeldung 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 dazugehörigen Warnhinweise.



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

Für die Bewertung von Seen mittels Phytoplankton sind umfangreiche Berechnungen mit den Erhebungsdaten anhand der Verfahrensanleitung durchzuführen, um die Gesamtbewertung nach dem Phyto-See-Index (PSI) zu erhalten. Das Auswertungsprogramm PhytoSee 7.0 ermöglicht die automatisierte Berechnung nach aktuellem Verfahrensstand.

In der PhytoSee Version 6.0 konnte man an die Bewertung des Phytoplanktons mittels des Phyto-See-Index eine Klassifizierung von Grazing-Indizes für die dafür zusätzlich zu importierenden Zooplankton-Daten anschließen. Die Verarbeitung der Zooplanktondaten erfolgten im angeschlossenen **Modul PhytoLoss** (Deneke et al. 2015). **In PhytoSee 7.0 ist nach einem Beschluss des LAWA-Expertenkreises Seen das PhytoLoss-Modul nicht mehr enthalten**, um eine voneinander unabhängige Entwicklung der beiden Module in "eigenen Updates" zu ermöglichen. Das PhytoLoss Tool, derzeit in den Versionen 2.X verfügbar, kann als Access-Programmierung auf einfache Weise mit dem PhytoSee-Tool verknüpft werden. Es holt sich die notwendigen Daten der Phytoplankton-Jahrgänge automatisiert. Die Anleitung zur Verwendung des PhytoLoss-Tools sowie die Verfahrensbeschreibung PhytoLoss sind in gesonderten Dokumenten dokumentiert (u.a. Deneke et al. 2015, <http://www.phytoloss.de/>) und nicht Bestandteil des vorliegenden Handbuchs.

Erstmals wurde in Mischke & Nixdorf (2008) die Software PhytoSee Version 2.0 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 & Böhrer 2009, Mischke et al. 2015). Das 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 alle bewertungsrelevanten Informationen enthalten:

- die harmonisierte Taxaliste mit dem Identifikationscode HTL-ID (Mischke & Kusber 2009),
- die 6 verschiedenen PTSI-Indikatorlisten mit Taxa-spezifischen Trophiewerten und Stenökiefaktoren für rund 450 verschiedene Indikatortaxa (s. Tabelle 29) und
- alle Faktoren und Konstanten der 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 Neudaten nach der hierfür bereitgestellten Formatvorlage in Microsoft Excel vorzubereiten oder die Zwischenablage zum kopieren und einfügen zu verwenden.

Zusätzlich bietet das PhytoSee-Tool drei verschiedene Importhilfen, um die Daten vorzubereiten ("Aufsummierungs-hilfe" Kap. 3.2.3.1; Übersetzung von DV-kodierten Befunden Kap. 3.2.3.2; Erzeugung Proben- und Taxadaten bei DV-kodierten Befunden Kap. 3.2.3.3) .



3.1 TECHNISCHE VORAUSSETZUNGEN UND 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 Programms PhytoSee 7.0 (im accdb-Format) ist mit verschiedenen Access-Versionen ab 2003 (32 und 64 bit) und ab dem Betriebssystem XP aufwärts getestet. Es stehen alle Funktionen des Microsoft Programms Access© zur Verfügung, deren Benutzung im entsprechenden Handbuch zum Access-Programm von Microsoft erläutert wird.

Bitte beachten: Die Version PhytoSee 5.1 (vom 02.01.2014) und PhytoSee 6.0 (vom 11.12.2014) enthielten beide einen Berechnungsfehler, der die Monatsauswahl im Algenklassenmetrik für die Periode "Juli-Oktober" betraf (s. Begleitbrief zur aktuellen Programmversion). **Diese Programmversionen sollen nicht weiterbenutzt werden!**

Das PhytoSee-Tool ist kostenlos und mit offenem Quellcode. Es ist eine geschützte Software und darf nicht zu kommerziellen Zwecken nachprogrammiert werden. Es steht in einer zip-Datei mit weiteren erforderlichen Begleitdokumenten zur Verfügung:

- Begleitbrief zur neuesten PhytoSee-Version
- "Formatvorlage_Seen_Auswertungsprogramm.xls"
- Handbuch Phyto-See-Index – Verfahrensbeschreibung für die Bewertung von Seen mittels Phytoplankton. Aktuelle Version.
- "Hinweise_für_Zahlenformat_PhytoFluss_PhytoSee.txt", enthält Hinweise zur Problembehebung beim Datenimport
- Handbuch zur Qualitätssicherung des Untersuchungsverfahrens "Phytoplankton zur Bestimmung des Phyto-See-Index"
- Software PhytoSee als Accessdatei in der aktuellen Version

Download der zip-Datei und weiterer Dokumente zur Erläuterung des PhytoSee-Index:

- www.gewaesser-bewertung.de
- www.gewaesserfragen.de

Das PhytoSee-Tool 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 jedoch eine vorbereitete Access-Datenbank, die zum Einfügen der Erhebungsdaten vorgegebene Tabellen bereithält und danach automatisch die Berechnungen für den Phyto-See-Index durchführt.

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 7.0 kompatibel, so erscheint nach wenigen Sekunden oder



Minuten (je nach Datenmenge) eine Tabelle mit den Bewertungsergebnissen für die bereits vorhandenen Beispieldaten. Erscheint diese Tabelle nicht, sollte man eine andere Microsoft Access Version verwenden.

Die Beispieldaten dienen als kleiner Testdatensatz u.a. zur Überprüfung, ob die Programmversion auf dem Anwenderrechner läuft. Für den "Beispielsee 3" kann die Verknüpfung zu PhytoLoss getestet werden und dessen Auswerte- und Ausgabe-Möglichkeiten getestet werden.

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

3.1.1 LÖSCHEN UND ANFÜGEN VON DATEN IN ACCESS-TABELLEN

Nach dem Funktionstest (s.o.) können die im Datenbankmuster enthaltenen Beispieldaten in den Tabellen "Gewässername_SeeNr", "Probendaten_Seen" und "Taxon_BV_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 die Spaltenüberschriften!) 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 der Excel- und in der Access-Tabelle in gleicher Weise 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 0), 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-Datei erforderlich. Vielmehr erfolgt in Access unverzüglich nach dem Verlassen des Cursors aus einem Feld oder nach dem Ausführen einer Anfügeabfrage das Abspeichern automatisch.

Damit sich die Dateigröße der PhytoSee-Datenbank 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 oder "Datenbanktools" aufzurufen.



3.1.2 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. Tabelle 23). 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.



3.1.3 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 Tabelle können noch weitere Tabellen verknüpft sein, indem auch sie den Primärschlüssel enthalten (s. Abb. 7). 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. Abb. 7).

Im PhytoSee-Tool muss zuerst der Messort kodiert werden, danach die Probennummer mit den Probandaten und als letztes die taxonomischen Befunde für die Arten des Phytoplanktons eingetragen werden. 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.

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.

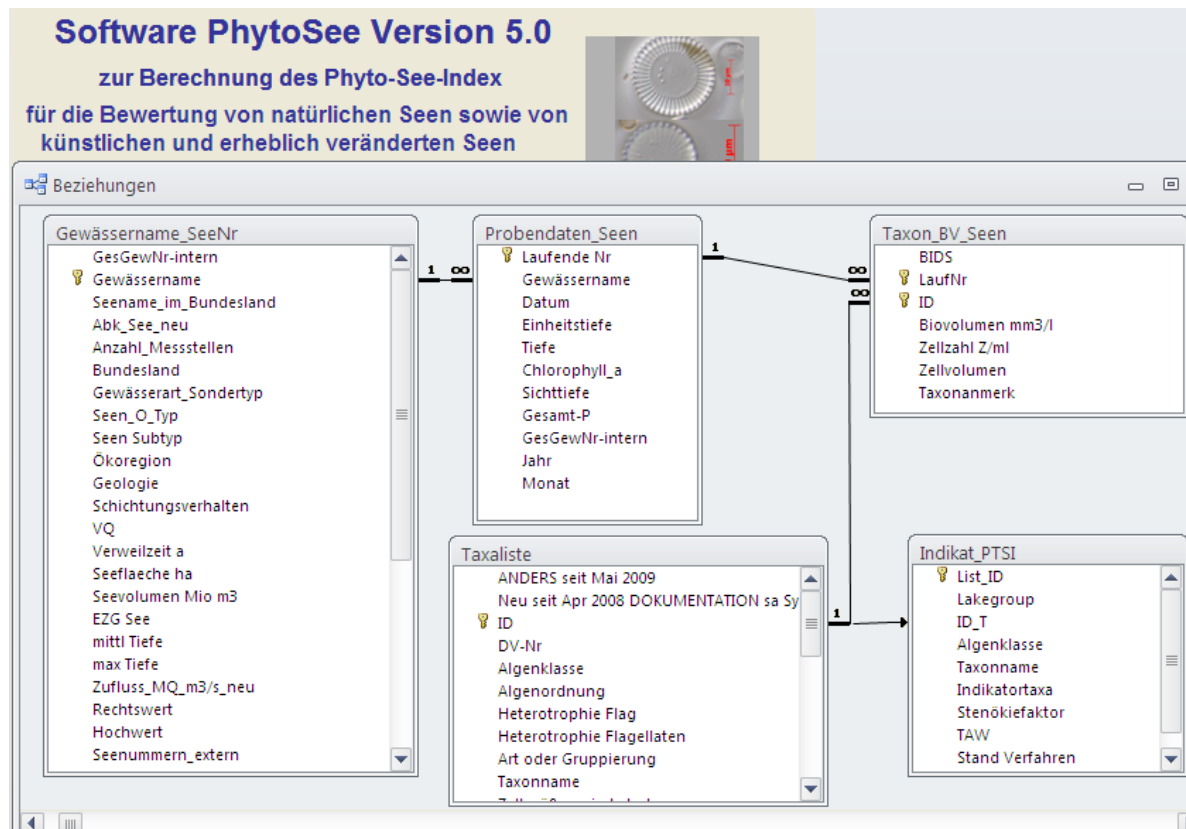


Abb. 7: Die Eingangstabellen im PhytoSee-Tool mit ihren Verknüpfungsfeldern untereinander und zur harmonisierten Taxaliste und der Indikatorliste des PTISI. Diese Anordnung gilt auch für **PhytoSee 7.0**.



3.2 TABELLARISCHE ANORDNUNG DER DATEN IN DER FORMATVORLAGE

Als Erhebungsdaten gelten a) die Zuordnung des Untersuchungsgewässers zu einem Seetyp (s. Kapitel 1.3.3), b) die Chlorophyll a-Konzentration nach DIN, und c) die Biovolumina der einzelnen Taxa des Phytoplanktons an mindestens 6 Terminen pro Jahr.

Die Erhebungsdaten müssen vor dem Import entsprechend einer Excel-basierten Formatvorlage angeordnet werden. Die Erhebungsdaten werden in drei 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 Taxon-Identifikationscode und das Taxonbiovolumen. 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 Gesamtphosphorkonzentrationen 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. 1.3.3.1).

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 23 erläutert.

Tabelle 23: 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 Phytoplankton-Seetypen müssen einem der Kürzel (1. Spalte) aus Tabelle 5 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 und fasst ggf. mehrere Messstellen, welche unter "Gewässername" eingetragen sind
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"; "Monat"	Datumsformat: TT.MM.JJJJ oder ähnliche. Inhalt wird vom Benutzer definiert aus 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 & Nixdorf (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.
- 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_Seen_Auswertungsprogramm.xls" anzuordnen.

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

1. 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.

2. 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 23 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.

3. Taxon_BV_Seen: Pflichtfelder sind "LaufNr", "ID", "Biovolumen mm³/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.).

3.2.1 WIE LISTET MAN DIE EINGANGSTABELLE "GEWÄSSERNAME_SEENR"?

Es gibt für diese Tabelle fünf für die Berechnung wesentliche Pflichtfelder (s. Tabelle 23): "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 5). 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 zur Seemorphometrie, Hydrologie, Landnutzung im Einzugsgebiet und zu den Gauss-Krüger-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, sollte auch ein Eintrag im Feld "Gewässerart-Sondertyp" gemacht werden.

3.2.2 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 24). 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 Taxonbiovolumina des Phytoplanktons in der dritten Eingangstabelle "Taxon_BV_Seen" wiederholt.

Tabelle 24: Eingangstabelle "Probendaten" mit Beispiel.

Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld			Pflichtfeld			Pflicht-feld	Pflicht-feld	Pflicht-feld
					$\mu\text{g/l}$	m	$\mu\text{g/l}$			
Standard-Zahl	Textfeld	Datums-feld	Textfeld		Standard-Zahl	Standard-Zahl	Standard-Zahl	Textfeld	Standard-Zahl	Standard-Zahl
Laufende Nr	Gewässername	Datum	Einheitstiefe	Tiefe	Chlorophyll_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. im Feld 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 Probentermine 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 Phyto-See-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.

3.2.3 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 Taxonbiovolumina (in mm^3/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 "Probenstermin_Seen".

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, für die ein zu verwendendes Bestimmungswerk zur taxonomischen Identifikation vorgeschlagen ist, wird jedem Taxon ein einheitlicher akzeptierter Taxonname zugeordnet. Daneben werden viele weitere Informationen gegeben, wie z.B. der Autor und das Jahr der Erstbeschreibung, die Zugehörigkeit zu einem taxonomischen System (Klasse, Ordnung, Gattung) sowie zu den Indikatorlisten des Bewertungssystems (s. Tabelle 27).

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

Wurden die Taxonbefunde nach dem DV-Code der "Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands" nach Mauch et al. (2003) und dies nach der aktualisierten Stand der Excel-Taxaliste vom September 2001 kodiert, bietet das PhytoSee-Tool ab Version 5.0 eine Übersetzungstabelle an, mit deren Hilfe die DV-kodierten Befunde automatisch den verfügbaren Taxa der HTL zugeordnet werden (s.u. Importhilfe "DV_kodiert").

**Tabelle 25:** 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 mm ³ /l	Zellzahl Z/ml	Zellvolumen	Taxonanmerk
leer	Wie in Tabelle "Probendaten_Seen"	Taxon_ID (Zahl) aus Taxaliste (HTL)	Als "Standard" formatiert oder mit 9 Dezimalstellen	Daten müssen "Standard" formatiert sein	Daten müssen "Standard" formatiert 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 von Artnamen, 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 Taxonnamen aktualisiert wurde und deshalb in der HTL anders benannt ist.

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

Falls das Taxon nicht in der Synonymliste (Kusber 2009) gefunden wird, ist es der ID des nächst höheren taxonomischen Niveaus zuzuordnen, 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 Anmerkungen zum Taxonnamen, kurz "Taxonanmerk", werden die unsicheren Artbestimmungen sowie der Name neuer Arten 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 bzw. Erweiterung der HTL ausgewertet.

Zuordnung der Taxabefunde zur Probennummer (=Laufende Nummer)

Alle Probennummern des gleichen Messortes und der gleichen Gewässer-Identifikationsnummer müssen mit der gleichen Probennummer, der laufenden Nummer, kurz "LaufNr", 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 entweder dadurch geschehen, dass eine vorhandene numerische Nummer des Untersuchungslabors neben jeden Befund eines Taxonbiovolumens 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 Befundlisten 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.

3.2.3.1 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 Befundliste Mehrfachnennungen unter der gleichen Taxon-ID unter der gleichen Laufenden Nummer. Die Taxabiovolume-Werte müssen für die Index-Berechnung im PhytoSee-Tool aufsummiert sein. Dazu kann man die Aufsummierungshilfe im Programm PhytoSee nutzen.

Tabelle 26: 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 mm ³ /l	Zellzahl Z/ml	Zellvol µm ³ bzw Trichombreite	Messeinheit_ nicht Zelle	BID	Taxon anmerkung
Wie in Tabelle "Probendaten_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 Taxonnamen 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 (Befundliste mit allen Taxa-ID und Biovolume kodiert mit Laufender Nummer) über die Aufsummierungshilfe importiert werden. Die Anordnung der Erhebungsdaten erfolgt nach den Angaben der Formatvorlage und wie in Tabelle 26 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.
- 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"
- 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 Taxonbiovolumina 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 25 für alle Felder spezifiziert ist.

Begründung für Ausschluss von Mehrfachlistungen: Die Bewertung nach Indikatorarten in der Kenngröße PTSI erfordert eine Umrechnung der Taxonbiovolumina (graduell) in 8 "Abundanzklassen" (s. Tabelle 14). 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 Indikatortaxons.

3.2.3.2 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" benötigt wird. (Falls noch keine Tabelle "Probendaten_Seen" erzeugt wurde, kann die Importhilfe "DV_kodiert_mit_Probendaten" genutzt werden).

- a) Die Daten werden im Datenbereich der Eingangstabelle "DV-kodiert" der Formatvorlage eingetragen.
- b) 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
- c) 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 Taxonbiovolumina des gleichen Taxons und der gleichen Probe vorab vom Bearbeiter aufsummiert werden.



3.2.3.3 IMPORTHILFE "DV KODIERT MIT PROBENDATEN"

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_Probendaten" 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_Probendaten" angefügt
- c) Wechsel der Access-Ansicht in die Ansicht "Abfragen": Ausführen der ABFRAGE "Anfueg_Probendaten_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_Probendaten_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 Hinzuaddieren von 1 zur größten in der Tabelle Probendaten_Seen" vorhandenen Laufenden Nummer. Deshalb muss mindestens eine Probe mit einer "Laufenden Nr" in der Tabelle vorhanden sein (Beispieltabelle "Probendaten_Seen_leer").

Neben automatischen Zuordnung bzw. Erzeugung der Probennummer werden durch diese Abfrage auch die anderen Pflichtfelder der Access-Tabelle "Probendaten_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 "Probendaten_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.



3.3 IMPORT DER EXCEL-EINGANGSTABELLEN IN 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. Abb. 8, Mitte). Die regulär gelisteten Taxabefunde (aufsummiert je Taxon und Probe sowie mit HTL-ID kodiert) können mit der Import-Button-Funktion in die Eingangstabellen des Access-Programmes importiert werden. Hiervon ausgenommen sind die drei in den vorherigen Unterkapiteln beschriebenen Importhilfen.

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 (je ein Arbeitsblatt) werden über den Button "Import Excel-Daten" von dem Access-Programm PhytoSee schrittweise aufgerufen, hinsichtlich unzulässiger Mehrfachnennungen geprüft und anschließend importiert.

3.3.1 GEWÄSSERIMPORT

Button "Import Excel-Daten" auf dem Startformular von PhytoSee 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_Auswertungsprogramm.xls") in dem nun erscheinenden Fenster auswählen und durch Button "öffnen" aufrufen. Abschließend erscheint das Fenster "Gewässerimport abgeschlossen – Import erneut aufrufen für weitere Daten".

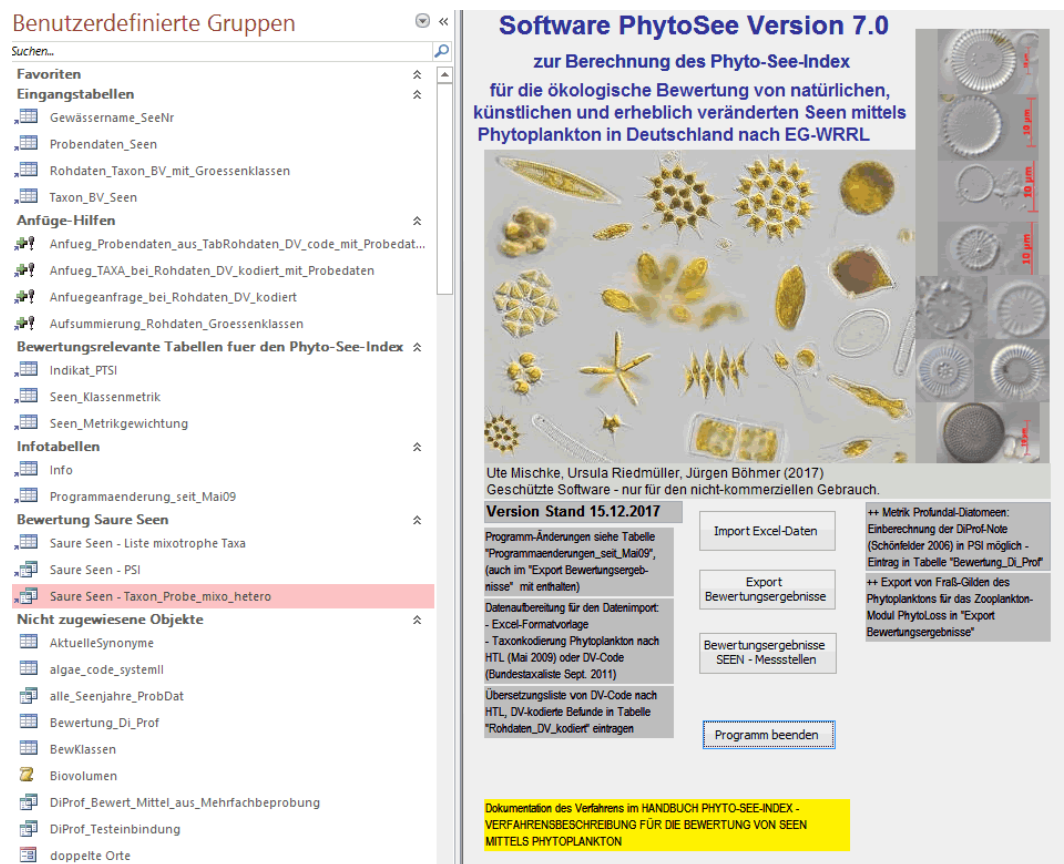


Abb. 8: Ansicht Startformular in PhytoSee 7.0 mit Import- und Export-Button. Die im Programm integrierten Objekte sind über den Navigationsbereich aufzurufen und gruppiert nach den "Eingangstabellen", "Anfüge-Hilfen", "Bewertungsrelevante Tabellen fuer den Phyto-See-Index", "Infotabellen" und "Bewertung Saure Seen".



3.3.2 PROBENIMPORT

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

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

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

3.3.3 TAXADATEN-IMPORT

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

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

Fenster: "2. Schritt: Probenimport – Wollen Sie Probandaten 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_Auswertungsprogramm.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 (Abb. 9).

Die Importhilfe sucht nach gleichnamigen Arbeitsblatt-Namen und Spaltenkopf-Namen, wobei die tatsächliche Spaltenabfolge gleichgültig ist, aber die Namen in der Formatvorlage deshalb nicht verändert werden dürfen.

Alternativ zur Anwendung der Importhilfe ist im Kapitel 3.1.1 beschrieben, wie das Importieren der vorbereiteten drei Eingangstabellen auch ohne die Importfunktion funktioniert. Die in der Excel-Formatvorlage vorbereiteten Datenbereiche werden kopiert und durch einen Anfüge-Befehl an die entsprechende und gleichnamige Access-Tabelle wie im Kapitel 3.1.1 und in der Formatvorlage beschrieben, angefügt.

Bei der manuellen Anfügung von Daten muss besonders auf die Anordnung der Spalten in der vorbereiteten Excel-Tabelle geachtet werden, die vollständig gleich zu der Tabellenansicht der gleichnamigen Tabelle in Access sein muss. Sollte die Anordnung der Spalten in der Accesstabelle in der Tabellenansicht anders sein, kann diese leicht an die Formatvorlage angepasst werden: Man verschiebt die Spalten entsprechend in Access.

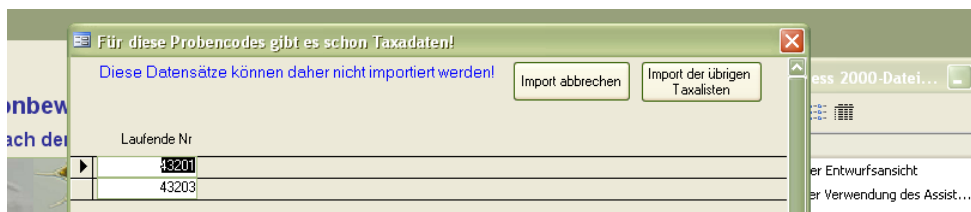
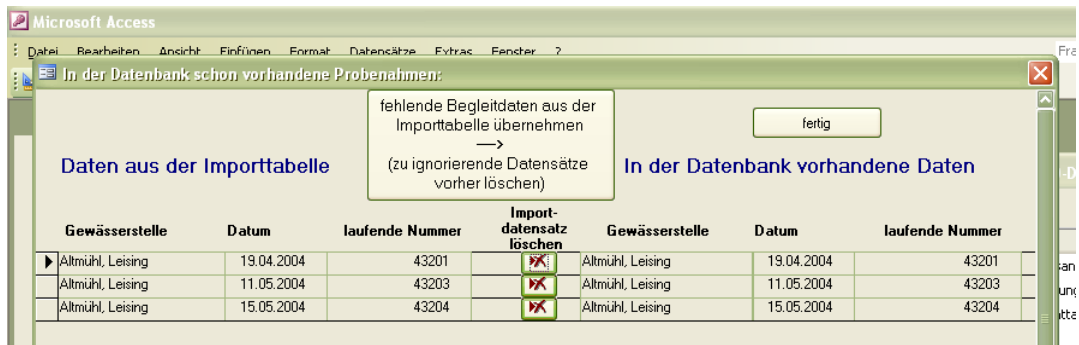
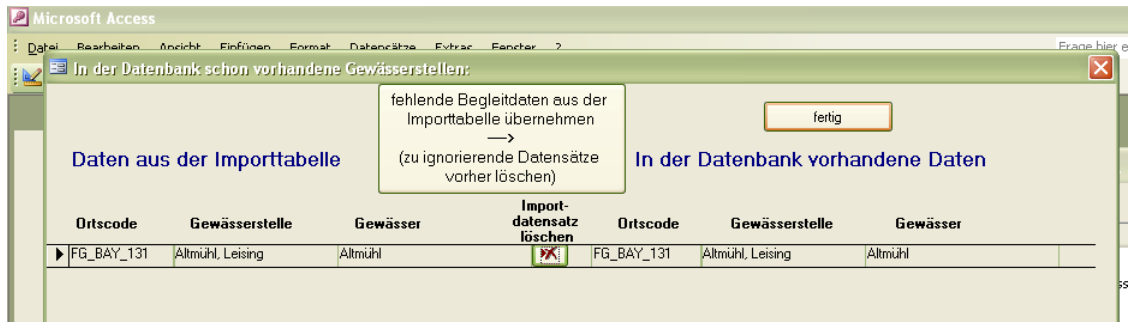


Abb. 9: Meldungen im Tool PhytoSee, wenn die zu importierenden Daten schon in der Datenbank vorhanden sind, um Mehrfachimport gleicher Daten zu verhindern.



3.3.4 LÖSCHEN VON UNVOLLSTÄNDIG IMPORTIERTEN DATENPAKETEN

Ein unvollständiger Datenimport muss vor Benutzung der Aufsummierungshilfe gelöscht werden. Demnach sollten alle Einträge (Zeilen) einer Probe in der Access-Eingangstabelle "Taxon_BV_Seen" zuvor gelöscht werden.

Für den Fall, dass vom selben Datenpaket (identifizierbar mittels Feld "LaufNr" und Link zu Probandaten) durch einen unvollständigen Datenimport bereits Taxa-(teil)biovolumina in der Access-Eingangstabelle Taxon_BV_Seen vorhanden sind, die eigentlich mit weiteren Biovolumina aufsummiert werden müssten, müssen diese unbedingt komplett gelöscht werden, bevor ein Neuimport durch die Aufsummierungshilfe vorgenommen wird.

Zum Löschen werden alle Zeilen dieses Datenpakets (identifiziert mittels der LaufNr) in der Access-Tabelle mit dem Cursor markiert und mit dem Access-Befehl "Bearbeiten; Datensatz löschen" das Löschen ausgeführt.

3.3.5 EINGABE DES EXTERN BERECHNETEN DiPROF-INDEX IN DAS PHYTOSEE-TOOL

Für diesen Zweck wird die Eingangstabelle "DiProf" in der Excel-Formatvorlage zur Datenvorbereitung genutzt. Nachdem in die Formatvorlagetabelle die Pflichtfelder eingetragen sind, wird je See-Nummer und Jahr die DiProf-Note je Zeile eingetragen, und an die Accesstabelle "Bewertung_di_Prof" manuell durch den Anfüge-Befehl angefügt. Die Access-Tabelle "Bewertung_di_Prof" befindet sich seit PhytoSe 6.0 Version in der Navigationsgruppe "Bewertungsrelevante Tabellen fuer den Phyto-See-Index".

Nach dem erfolgreichen Eintrag der DiProf-Note wird dieser Index für Tieflandsee automatisch in die Gessambewertung für den PhytoSee-Index gemäß der Gewichtungsfaktoren einberechnet. Eine Kontrolle erfolgt durch Anzeige der Access-Abfragetabelle "S_Gesambewertung_1" durch Anklicken Button "Bewertungsergebnisse Seen – Messstellen (s. Kapitel 4.4.1).

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. Da die Kodierung der Diatomeen nach der DV-Liste 2007 erfolgt, und diese seither eine starke Revision erfahren hat, kann die richtige nomenklatorische Zuordnung gemäß den Indikatorarten von DiProf nicht automatisiert, und nur durch Diatomeenspezialisten erfolgen.



3.4 BERECHNUNG DES PHYTO-SEE-INDEX UND BEWERTUNGSANGABE

3.4.1 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 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, also zwischenzeitlich kein weiterer Datenimport erfolgt ist.

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 dem Bewertungsergebnis, den erforderlichen Zusatzinformationen und ggf. mit Warnhinweisen (s. Kap. 2.6.1) ausgegeben. Die Tabelle "S_Gesamtbewertung_1" dient auch zur Kontrolle vor dem Exportieren der Ergebnisse, hinsichtlich der Vollständigkeit der gelisteten Untersuchungsjahre und 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 5 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.



3.4.2 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_7.0_15-08-2017_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 bis 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 – "Datei-Pfad" – abgespeichert".

Tabelle 27: Erzeugte Excel-Arbeitsblätter in der Exportdatei des PhytoSee-Tools.

Name des Arbeitsblattes	Neu?	Erläuterungen
S_Gesamtbewertung*	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*
Saure_Seen__PSI*	seit PhytoSee 5.0, in Version 7.0 stark verändert	Phyto-See-Index PSI_s je Messstelle (Biomasse & Diversität)
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 ab 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 Taxabiovolumina und deren Transformation in eine der 8 Abundanzklassen (s. Tab20) 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	seit PhytoSee 5.1	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	seit PhytoSee 5.1	Ausgabe der eingegebenen Taxonbefunde des Phytoplanktons gruppiert nach den Fraßgilden für das Zooplankton für die Berechnung im Modul "PhytoLoss"

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



Die PhytoSee-Exportdatei enthält mehrere Arbeitsblätter und eine Vielzahl von Informationen. Eine Übersicht für die exportierten Ergebnisse, z.B. Zwischenergebnisse der Metric-Berechnung, findet sich in Tabelle 27. Die Feldüberschriften aller **Bewertungsausgabe-Tabellen** werden im Arbeitsblatt "Info" erläutert. Diese sind: "S_Gesamtbewertung", "S_Wasserkörper_Bewertung" und "Saure_Seen___PSI".

Der Benutzer kann zum Beispiel die Prozentanteile der Algenklassenbiovolumina auf Jahrgangsebene dem Arbeitsblatt "S_Klassen_Saison_Kreuztabelle" entnehmen. Des Weiteren werden die für den Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI) ermittelten Indikatorarten aufgeführt mit erreichter Abundanzklasse, Trophieankerwert (TAW) und Gewichtungsfaktor im PTSI (in Exportarbeitsblatt "S_PTSI_Taxa_Roh").

Neu für die Exportdatei des Bewertungstools PhytoSee ab Version 5.0:

- in der Bewertungsausgabe: "Version-Programm", "Hochwert", "Rechtswert", "Seename_im_Bundesland", "Beschreibung des Phytoplankton Seetyps" sowie 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 Tagebauseen (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 PhytoLoss-Indices



4 LITERATUR

4.1 NATIONAL GELTENDE NORMEN, VERORDNUNGEN UND BESCHLÜSSE

- 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.
- DIN EN 15204 (2006-12): Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die Zählung von Phytoplankton mittels der Umkehrmikroskopie (Utermöhl-Technik); Deutsche Fassung EN 15204: 2006
- DIN EN 16695 (2015-12): Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton Biovolumens; Deutsche Fassung
- DIN 38409-H60 (2017): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H); Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehaltes von Oberflächenwasser (H 60)
- EN 16698 (2015): Water Quality – Guidance on quantitative and qualitative sampling of phytoplankton from inland waters. English Version.
- 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).
- 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)
- 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.
<http://www.wasserblick.net/servlet/is/42489/>
- ISO 10260 (1992-07): Wasserbeschaffenheit; Bestimmung von biochemischen Parametern; Photometrische Bestimmung der Chlorophyll-a-Konzentration
- LAWA (2014): Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Empfehlungen Oberirdische Gewässer. Hrsg. LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser. 34 S. zzgl. Access-Auswertetool. (Autoren: Riedmüller, U., Hoehn, E., Mischke, U.).
- 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.
- LAWA-Expertenkreis Seen (2017): Bewertung des ökologischen Potenzials - Seen. RaKon VI. Fortschreibung des Produktdatenblatts 2.6.1. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-AO), Ständiger Ausschuss "Oberirdische Gewässer und Küstengewässer". Stand 26.10.2017.
- 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
- OGewV (Oberflächengewässerverordnung) (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer. Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).



4.2 LITERATUR FÜR DIE BESCHREIBUNG DES PHYTO-SEE-INDEX

- Deneke, R., Maier, G., Mischke, U. (2015): Das PhytoLoss-Verfahren. Berücksichtigung des Zooplanktons in der Seebewertung nach EU-WRRL durch die Ermittlung der Grazing-Effektstärke und anderer Indizes. Ausführliche Verfahrensvorschrift. Stand: März 2015, Version 2.0. Im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Expertenkreis Seen, Projekt O8.12. Projektmodul PhytoLoss, Berlin. 130 S.
- Dienemann, H., Wiehart, S., Jenemann, K. (2018): Ausgewählte chemisch-biologische Ergebnisse sowie Bewertungsprobleme des sauren Braunkohle-Tagebausees Halbendorf (Lausitz). Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus). (im Druck)
- Hoehn, E., Riedmüller, U., Eckert, B., Tworeck, A. & Leßmann, D. (2009): Ökologische Bewertung von künstlichen und erheblich veränderten Seen sowie Mittelgebirgsseen anhand der biologischen Komponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie – Bewertungsmodul für Mittelgebirgsseen und Verfahrensanpassungen für Baggerseen, pH-neutrale Tagebauseen, Talsperren und Sondertypen im Tiefland. Abschlussbericht LAWA-Projekt Nr. O 3.06, 100 S.. Stand 2. März 2009.
- 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. (2009): Paläolimnologische Untersuchungen zur Rekonstruktion von typspezifischen Referenzzuständen in Schleswig-holsteinischen Seen (Seetypen 11, 14). Bericht. Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften, 139 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. Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften, Lehrstuhl Allgemeine und Spezielle Botanik, 135 S.
- Järvinen, M., Drakare, S., Free, G., Lyche-Solheim, A., Phillips, G., Skjelbred, B., Mischke, U., Ott, I., Poikane, S., Søndergaard, M., Pasztaleniec, A., Van Wichelen, J., Portielje, R. (2013): Phytoplankton indicator taxa for reference conditions in Northern and Central European lowland lakes. *Hydrobiologia*, 704: 97–113.
- LAWA (2014): Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Empfehlungen Oberirdische Gewässer. Hrsg. LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser. 34 S. zzgl. Access-Auswertetool. (Autoren: Riedmüller, U., Hoehn, E., Mischke, U.). http://www.gewaesserfragen.de/publikationen_2012.htm
- 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 (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (2015): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring, Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II. Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL. Stand 09.01.2015.
- LAWA-Expertenkreis Seen (2017): Bewertung des ökologischen Potenzials - Seen. RaKon VI. Fortschreibung des Produktdatenblatts 2.6.1. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-AO), Ständiger Ausschuss "Oberirdische Gewässer und Küstengewässer". Stand 26.10.2017.
- Leßmann, D. & Nixdorf, B. (2009): Konzeption zur Ermittlung des ökologischen Potentials von sauren Bergbauseen anhand der Qualitätskomponente Phytoplankton. Im Auftrag des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. 85 S.



- Leßmann, D., Riedmüller, U., Ulm, M., Nixdorf, B., Hoehn, E. (2017): Weiterentwicklung des Verfahrens zur Bewertung von sauren Tagebauseen anhand des Phytoplanktons gemäß den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Abschlussbericht für das LAWA-Projekt-Nr. O 1.15. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms "Wasser, Boden und Abfall" 2015. 86 S.
- 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 zur Kodierung biologischer Befunde. – Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 01/03: 1-367. Mit aktualisierten Internet-Versionen als Excel-Datei vom März 2007 und vom September 2011. http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_fluesse/qualitaetssicherung/index.htm
- Mischke, U., Böhmer, J., Riedmüller, U. (2017): Auswertungsprogramm PhytoSee Version 7.0 zur Berechnung des Phyto-See-Index (PSI) für die ökologische Bewertung von natürlichen, künstlichen und erheblich veränderten Seen in Deutschland gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie. Stand 15.12.2017.
- Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E. & Deneke, R. (2010): Anpassungen des Phytoplanktonverfahrens nach WRRL für stehende Gewässer im Rahmen der europäischen Interkalibrierung und zur Erhöhung der Bewertungssicherheit mit Ableitung von Handlungsoptionen. LAWA-Projekt O 9.09, 16.07.2010 IGB Berlin. 68 S. zzgl. Anhänge.
- Mischke, U. & Kusber, W.-H. (2009): Harmonisierte Phytoplankton-Taxaliste für die Bewertung von Seen und Flüssen nach EU-WRRL. Stand 25.05.2009. <http://www.gewaesser-bewertung.de>.
- Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E. & Nixdorf, B. (2008): Praxistest Phytoplankton in Seen. Endbericht zum LAWA-Projekt (O 5.05). Berlin, Freiburg, Bad Saarow, Februar, 2008. 104 S. + Anlagen. Univ. Cottbus, Lehrstuhl Gewässerschutz. <https://opus4.kobv.de/opus4-btu/frontdoor/index/index/docId/951>
- Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E. & Nixdorf, B. (2009): Abschlussbericht zum Feinabstimmungsprojekt zum deutschen Bewertungsverfahren für Phytoplankton in Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie; LAWA O 9.08 06.05.2009 IGB Berlin. S. 79.
- 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., 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., 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.
- OECD - Organization for Economic Cooperation and Development (1982): Eutrophication of Waters – monitoring, assessment and control. Paris, 154 S.
- Phillips, G., Free, G., Karottki, I., Laplace-Treuture, C., Maileht, K., Mischke, U., Ott, I., Pasztaleniec, A., Portielje, R., Søndergaard, M., Trodd, W., Van Wichelen, J. (2014): Central Balthic Lake Phytoplankton ecological assessment methods. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. JRC Technical Reports. Edited by Sandra Poikane. 184 S. <https://circabc.europa.eu/w/browse/37159521-07bd-4151-b2bd-ac6f8977f237>
- Poikāne, S., Alves, M.H., Argillier, C., Van den Berg, M., Buzzi, F., Hoehn, E., De Hoyos, C., Karottki, I., Laplace-Treuture, C., Solheim, A.L., Ortiz-Casas, J., Ott, I., Phillips, G., Pilke, A., Pádua, J., Remec-Rekar, S., Riedmüller, U., Schaumburg, J., Serrano, M.L., Soszka, H., Tierney, D., Urbanič, G., Wolfram, G. (2010): Defining Chlorophyll-a Reference Conditions in European Lakes. Environmental Management 45(6):1286–1298.
- Poikāne, S., Portielje, R., Van den Berg, M., Phillips, G., Brucet, S., Carvalho, L., Mischke, U., Ott, I., Soszka, H., Van Wichelen, J. (2014): Defining ecologically relevant water quality targets for lakes in Europe. Journal of Applied Ecology (51): 592–602.



- 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.
http://www.gewaesserfragen.de/pdfs/LAWA-Abschlussbericht_Praxistest_Seenbewertung_AWB_Proj_O7.08_Nov2011_LBH.pdf
- Riedmüller, U., Hoehn, E., Mischke, U., Deneke, R., Maier, G. (2013a): Ökologische Bewertung von natürlichen, künstlichen und erheblich veränderten Seen mit der Biokomponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Abschlussbericht für das LAWA-Projekt-Nr. O 4.10. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms "Wasser, Boden und Abfall" 2010. 155 S. zzgl. Anhänge.
http://www.gewaesserfragen.de/publikationen_2012.htm
- Riedmüller, U., Mischke, U., Pottgiesser, T., Böhmer, J., Deneke, R., Ritterbusch, D., Stelzer, D. & Hoehn, E. (2013b): Steckbriefe der deutschen Seetypen. Begleittext und Steckbriefe.
<http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen#textpart-2>
- Riedmüller, U., Hoehn, E., Mischke, U., Deneke, R. (2015): Erweiterung der Bewertungsmöglichkeiten für Seen gemäß EG-WRRL für die Biokomponente Phytoplankton. Abschlussbericht für das LAWA-Projekt-Nr. O 8.12. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogr. "Wasser, Boden und Abfall" 2011. 55 S. zzgl. Anhänge.
http://www.gewaesserfragen.de/publikationen_2012.htm
- Riedmüller, U., Höfer, R., Mischke, U., Hoehn, E. (2016): Dokumentation der Gleichwertigkeit des aktualisierten Phyto-See-Index-Verfahrens zu den Ergebnissen der Europäischen Interkalibration. Im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms "Wasser, Boden und Abfall" 2015, LAWA-Projekt O 2.15. 15 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.
- Ulrich, S., Röske, K. (2018): Siegeszug der Grünalge *Autumnella lusatica* sp. nov. (Trebouxiophyceae) im Halben-dorfer See. Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus). (im Druck)
- 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.
- Wolfram, G., Buzzi, F., Dokulil, M., Friedl, M., Hoehn, E., Laplace-Treyture, C., Menay, M., Marchetto, A., Morabito, G., Reichmann, M., Remec-Rekar, S., Riedmüller, U., Urbanic, G. (2014): Alpine Lake Phytoplankton, ecological assessment methods. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. JRC Technical Reports. Edited by Sandra Poikane. 71 S.
<https://circabc.europa.eu/w/browse/37159521-07bd-4151-b2bd-ac6f8977f237>



5 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Indexwerte des PSI und Zustandsklassen zur Herleitung der ökologischen Qualitätsverhältnisse (EQ = ecological quality, EQR = ecological quality ratio).....	7
Tabelle 2: Lage der Referenztrophy und der Zustandsklassen der deutschen Phytoplankton-Seetypen im System des LAWA-Trophy-Index. Sortierung in den Ökoregionen nach Lage der Referenztrophy. Wertebereich der Ökologischen Qualität (ÖQ) von 0,5 bis 5,5.....	8
Tabelle 3: Wertebereiche für den Trophy-Index nach LAWA (2014) und für die daran orientierten Klassifizierungs-Indices im Phyto-See-Index-Verfahren sowie Zuordnung zu einer Trophyklasse. Abkürzungen nach LAWA (1999) und Riedmüller et al. (2013b).	8
Tabelle 4: Verankerung der ökologischen Zustandsklassen der PSI-Bewertung im System der LAWA-Trophyklassifikation LAWA (2014) für die deutschen Phytoplankton-Seetypen und trophische Referenzwerte.	9
Tabelle 5: Phytoplankton-Seetypen in Deutschland und deren Zugehörigkeit zu den LAWA-Seetypen nach Mathes et al. (2002) sowie Typisierungskriterien. Grün = zur Typeinstufung führende (obligate) Kriterien, alle weiteren können als Hilfskriterien und zur Plausibilisierung der Typeinstufung verwendet werden.....	12
Tabelle 6: Bezeichnung für die deutschen Phytoplankton-Seetypen (erweitert nach Riedmüller et al. 2013b).....	13
Tabelle 7: Zustandsklassengrenzen und Formeln für die Bewertung des Gesamtbiovolumen-Saisonmittelwerts. Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 5 und Tabelle 6.....	17
Tabelle 8: Zustandsklassengrenzen und Formeln für die Bewertung des Chlorophyll a-Saisonmittelwerts. Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 5 und Tabelle 6.....	18
Tabelle 9: Zustandsklassengrenzen und Formeln für die Bewertung des Chlorophyll a-Saisonmittelwerts. Phytoplankton-Seetypen s. Tabelle 5 und Tabelle 6.....	19
Tabelle 10: Verwendung der Einzelkenngrößen (1. Spalte) als Saisonmittel (Sais) oder Spätsommermittel (JO) innerhalb des Metrics "Algenklassen" für die Bewertung der einzelnen Seetypen nach LAWA (2. Zeile) geordnet nach Zugehörigkeit zu einer Ökoregion und des verwendeten Kenngrößentyps (Biovolumen oder Prozentanteil). Es werden sowohl natürliche als auch HMWB & AWB Seen mit den gleichen Größen bewertet.....	20
Tabelle 11: Formeln für die Trophyklassifikation mit Algenklassenkenngrößen und Grenzen der Klassifizierung in den deutschen Phytoplankton-Seetypen inklusive k-Typen im Tiefland. BV = Gesamtbiovolumen, Sais = Saisonmittelwert, JO = Mittelwert Juli-Oktober, x = Algenklassenkenngröße, y = Index in der Skala des LAWA-Trophy-Index, Dom = Dominanz (%).	21
Tabelle 12: Seetypspezifische Grenzwerte der "Algenklassen-Submetrics" (Bewertungsgrenzen).....	22
Tabelle 13: Indikatorlisten für den PTSI und die mit der Liste anzusprechenden Phytoplankton-Seetypen (PP-Seetyp) nach Riedmüller et al. (2013b).	24
Tabelle 14: Bildung von "Abundanzklassen" des durch die mikroskopische Analyse ermittelten Biovolumens eines Indikatoraxons zur Verrechnung im PTSI.	25
Tabelle 15: Ermittlung des trophischen Status des Sees anhand des PTSI (Wertebereiche und trophischer Status entsprechen der LAWA-Trophyklassifizierung 2014).....	25



Tabelle 16: Trophie-Optimum- (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.....	27
Tabelle 17: Klassengrenzen für die Bewertung norddeutscher, glazial entstandener Seen mit dem Planktonmetric DI-PROF nach Schönfelder (2006).....	28
Tabelle 18: Untere Grenzwerte des Shannon-Index und der Evenness zur Bewertung des ökologischen Potenzials von sauren Tagebauseen anhand der Phytoplanktonbiozönose.	32
Tabelle 19: Obergrenzen der Bewertungsklassen der Teilmetrics im Biomasse-Metric zur Bewertung des ökologischen Potenzials von sauren Tagebauseen anhand der Phytoplanktonbiozönose. Grenzen entsprechen den Werten für pH-neutrale Seen (s. Kap. 2.1).....	34
Tabelle 20: Beispiele für die Veränderung der seetyprelevanten morphometrischen Kenngrößen durch die Verwendung des langjährigen Seepiegels sowie VQ- bzw. VTQ-Grenzen zur Erreichung eines milder bewerteten Seetyps. Grün unterlegt: VQ- oder VTQ-Grenze überschritten. PP = Phytoplankton.	41
Tabelle 21: Verankerung der Zustandsklassen des Phyto-See-Index der deutschen Phytoplankton-Seetypen im Mittelgebirge im System des LAWA-Trophie-Index. Sortierung nach Lage der Referenztrophy.....	41
Tabelle 22: Verschneidung der Einzelmetrics und Gewichtungsfaktoren zur Berechnung des deutschen Phyto-See-Index. Seetypen gemäß Tabelle 6.	44
Tabelle 23: Die Pflichtfelder zur Berechnung des Phyto-See-Index.....	51
Tabelle 24: Eingangstabelle "Probendaten" mit Beispiel.....	53
Tabelle 25: Eingangstabelle "Taxon_BV_Seen" mit den Feldnamen in der ersten Zeile, Hervorhebung der Pflichtfelder und Beispieldaten in der 4.–6. Zeile.....	55
Tabelle 26: 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).....	56
Tabelle 27: Erzeugte Excel-Arbeitsblätter in der Exportdatei des PhytoSee-Tools.....	64
Tabelle 28: Liste der Veränderungen in der Harmonisierten Taxa des Phytoplanktons von Mischke & Kusber (2009) seit Mai 2009.	72
Tabelle 29: Indikatorliste des PTSI mit Trophieankerwerten (TAW) und Stenökiefaktoren (SF) für die sechs Seetypgruppen (gemäß Tabelle 5), HTL-ID der Harmonisierten Taxaliste und Algenklassenkürzel. AVA = Alpen (A) und Alpenvorland (VA), MG = Mittelgebirge, TL = Norddeutsches Tiefland, gesch = geschichtet, poly = polymiktisch, Tgesch = geschichtete Seen im Tiefland, Tpoly = polymiktische Seen im Tiefland	73



6 ANHANG

6.1 ANHANG I: VERÄNDERUNGEN IM PHYTOPLANKTON-HTL-CODE

Bitte beachten Sie, dass voraussichtlich Ende des Jahres 2017 eine aktualisierte Harmonisierte Taxaliste Phytoplankton verfügbar sein wird.

Tabelle 28: Liste der Veränderungen in der Harmonisierten Taxa des Phytoplanktons von Mischke & Kusber (2009) seit Mai 2009.

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



AK	HIL-ID	Seetypgruppe	AVA		MG		TL_gesch		TL_poly		TgeschAWB		TpolyAWB	
			TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF
Chr	91	<i>Bitrichia longispina</i>			0,9	3								
Chr	92	<i>Bitrichia ochridana</i>	0,6	3	0,9	3								
Chr	1519	<i>Bitrichia ollula</i>			0,9	3								
Chr	1520	<i>Bitrichia phaseolus</i>			0,9	3								
Chl	94	<i>Botryococcus braunii</i>	0,7	2	1,8	1	0,7	1			0,8	1		
Chl	100	<i>Carteria</i>					2,0	1	4,4	2	1,0	1	1,6	1
Chl	1010	<i>Carteria globulosa</i>					2,0	1	4,4	2	1,0	1	1,6	1
Chl	1802	<i>Carteria klebsii</i>									1,0	1		
Chl	1802	<i>Carteria klebsii</i>											1,6	1
Chl	1011	<i>Carteria multifilis</i>					2,0	1	4,4	2	1,0	1	1,6	1
Chl	99	<i>Carteria pseudomultifilis</i>					2,0	1	4,4	2	1,0	1	1,6	1
Din	102	<i>Ceratium cornutum</i>	0,4	3			0,7	3			0,6	3		
Din	103	<i>Ceratium furcoides</i>					3,7	2	3,1	3	4,2	2	3,4	3
Din	104	<i>Ceratium hirundinella</i>	1,3	0,5					1,9	1			1,7	1
Chl	1006	<i>Characium</i>	5,3	4										
Chl	109	<i>Chlamydocapsa planctonica</i>	1,0	3										
Chl	122	<i>Chlorella</i>					2,4	1	4,8	1	3,5	1		
Chl	120	<i>Chlorella ellipsoidea</i>	3,4	4			2,4	1	4,8	1	3,5	1		
Chl	1530	<i>Chlorella minutissima</i>									3,5	1		
Chl	121	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	3,3	1			2,4	1	4,8	1	3,5	1		
Chl	123	<i>Chlorella vulgaris</i>					2,4	1	4,8	1	3,5	1		
Chl	126	<i>Chlorogonium</i>									1,0	1		
Chl	1531	<i>Chlorogonium elongatum</i>									1,0	1		
Chl	1870	<i>Chlorogonium euchlorum</i>									1,0	1		
Chl	1805	<i>Chlorogonium fusiforme</i>									1,0	1		
Chl	749	<i>Chlorotetraedron incus</i>					4,9	3			5,5	3		
Chr	131	<i>Chromulina</i>									0,5	1	1,5	1
Chr	129	<i>Chromulina crassa</i>									0,5	1	1,5	1
Chr	130	<i>Chromulina minima</i>									0,5	1	1,5	1
Chr	1532	<i>Chromulina rosanoffii</i>									0,5	1	1,5	1
Cya	134	<i>Chroococcus limneticus</i>	1,3	1	1,2	2	0,8	1	1,6	1	1,0	1	4,6	1
Cya	135	<i>Chroococcus minutus</i>	1,4	1			1,0	1			0,4	3		
Cya	137	<i>Chroococcus turgidus</i>	0,5	2										
Chr	142	<i>Chrysamoeba</i>					0,9	2			1,5	2		
Hap	144	<i>Chrysochromulina</i>					1,9	1	2,5	1	0,6	1	1,5	1
Hap	143	<i>Chrysochromulina parva</i>					1,9	1	2,5	1	0,6	1	1,5	1
Chr	151	<i>Chrysolykos planctonicus</i>	0,8	1	0,9	2					0,3	3		
Con	158	<i>Closterium aciculare</i>	2,9	3	2,2	1	2,0	1	3,7	1	3,2	1	3,6	1
Con	159	<i>Closterium acutum</i>	2,8	2	2,1	1	4,4	1	1,4	1			2,5	1
Con	160	<i>Closterium acutum var. linea</i>	2,8	2					6,0	2				
Con	161	<i>Closterium acutum var. variabile</i>	2,8	2					2,0	1	2,7	1		
Con	168	<i>Closterium limneticum</i>	4,2	2	4,9	1			4,0	2	5,7	1	5,1	1
Con	172	<i>Closterium pronum</i>							5,2	1			4,3	1
Bac	177	<i>Cocconeis placentula</i>									0,3	4	1,9	1
Chl	179	<i>Coelastrum astroideum</i>			3,3	2	2,9	2	3,6	1	3,9	2	4,6	1
Chl	181	<i>Coelastrum microporum</i>											5,0	1
Chl	182	<i>Coelastrum polychordum</i>	3,4	4										
Chl	183	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	4,8	4									5,4	3
Chl	184	<i>Coelastrum reticulatum</i>	2,5	1	3,2	1	1,9	3						
Cya	187	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>					1,1	1			1,6	1		
Chl	194	<i>Coenocystis planctonica</i>	3,1	4							0,3	3		
Con	198	<i>Cosmarium bioculatum</i>					0,6	1			0,5	1		
Con	199	<i>Cosmarium depressum</i>	1,7	1										
Con	200	<i>Cosmarium depressum var. planctonicum</i>	1,7	1										
Chl	213	<i>Crucigenia</i>							2,0	1				
Chl	210	<i>Crucigenia fenestrata</i>							2,0	1				
Chl	212	<i>Crucigenia quadrata</i>	3,7	2					2,0	1				
Chl	214	<i>Crucigenia tetrapedia</i>					4,9	1	2,0	1				
Chl	215	<i>Crucigeniella apiculata</i>							4,7	4			5,4	2
Chl	216	<i>Crucigeniella pulchra</i>			0,9	2								
Chl	217	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	1,4	3			2,0	1			1,0	1		
Cry	236	<i>Cryptomonas 30-35µm</i>							3,4	1				
Cry	237	<i>Cryptomonas 35-40µm</i>	2,0	1					3,4	1				
Cry	238	<i>Cryptomonas 40-45µm</i>	2,0	1					3,4	1				
Cry	239	<i>Cryptomonas 45-50µm</i>	2,0	1					3,4	1				
Cry	240	<i>Cryptomonas 50-55µm</i>	2,0	1					3,4	1				
Cry	241	<i>Cryptomonas 55-60µm</i>	2,0	1					3,4	1				



AK	HIL-ID	Seetypgruppe	AVA		MG		TL_gesch		TL_poly		TgeschAWB		TpolyAWB	
			TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF
Cry	220	<i>Cryptomonas curvata</i>	2,0	1					3,4	1				
Cry	221	<i>Cryptomonas erosa</i>					1,8	1						
Cry	222	<i>Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus</i>					1,8	1			2,9	1		
Cry	225	<i>Cryptomonas ovata</i>					1,8	1						
Cry	226	<i>Cryptomonas phaseolus</i>					1,8	1						
Cry	227	<i>Cryptomonas reflexa</i>			2,5	1								
Cya	246	<i>Cyanodictyon</i>					1,3	2			1,9	2		
Cya	244	<i>Cyanodictyon imperfectum</i>					1,3	2			1,9	2		
Cya	245	<i>Cyanodictyon planctonicum</i>					1,3	2			1,9	2		
Cya	1287	<i>Cyanodictyon reticulatum</i>					1,3	2			1,9	2		
Bac	1260	<i>Cyclostephanos delicatus</i>			5,5	2							4,7	3
Bac	247	<i>Cyclostephanos dubius</i>	3,4	1	2,9	1	3,6	2	4,8	2			3,9	2
Bac	248	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	3,4	3	2,9	1	3,6	1	5,5	1	4,6	1	4,3	1
Bac	250	<i>Cyclotella atomus</i>											4,7	1
Bac	3002	<i>Cyclotella balatonis</i>			2,2	1	2,8	2	1,5	1			2,6	1
Bac	251	<i>Cyclotella bodanica</i>	0,2	2							0,3	1		
Bac	252	<i>Cyclotella comensis</i>	0,3	3	1,3	2	0,7	2	1,0	2	0,3	3	1,7	2
Bac	254	<i>Cyclotella costei</i>	0,8	2	1,4	1					0,3	1		
Bac	255	<i>Cyclotella delicatula</i>	0,8	1									1,3	1
Bac	256	<i>Cyclotella distinguenda</i>	1,8	1										
Bac	257	<i>Cyclotella distinguenda var. unipunctata</i>									0,3	4		
Bac	870	<i>Cyclotella kuetzingiana</i>					0,7	2			0,3	1		
Bac	260	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1,3	3	4,3	2	2,4	2	4,5	1	3,6	2	3,8	1
Bac	261	<i>Cyclotella ocellata</i>	1,8	1	2,1	2	1,6	2	0,9	2	0,8	1	1,5	1
Bac	3000	<i>Cyclotella pseudocomensis</i>	0,8	1										
Bac	264	<i>Cyclotella radiosa</i>			2,2	1	2,8	2	1,5	1			2,6	1
Bac	872	<i>Cyclotella tripartita</i>					0,7	2			0,4	2		
Cya	267	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>					4,8	2	5,0	1	5,6	2	4,3	1
Bac	269	<i>Cymatopleura solea</i>	0,7	2										
Bac	279	<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0,7	4										
Bac	1016	<i>Diatoma mesodon</i>			0,5	4								
Bac	283	<i>Diatoma tenuis</i>					3,1	1	2,9	1			3,1	1
Bac	284	<i>Diatoma vulgare</i>	0,7	2	1,9	1								
Chl	288	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>					4,0	2			4,5	2		
Chl	289	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1,1	3			2,3	1	2,2	1	3,6	1	3,0	1
Chl	291	<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>					0,9	1			1,5	1		
Chr	306	<i>Dinobryon</i>							1,5	1				
Chr	296	<i>Dinobryon bavaricum</i>	2,3	2	1,6	1	1,6	1	1,0	1	1,2	3	1,4	4
Chr	297	<i>Dinobryon crenulatum</i>			0,8	2	0,8	1			1,1	1		
Chr	298	<i>Dinobryon cylindricum</i>	0,8	1	1,1	1	0,9	1	1,0	1	1,4	1	2,2	1
Chr	299	<i>Dinobryon divergens</i>	1,3	1	0,9	2	1,1	1	1,7	1	0,9	1	1,4	1
Chr	300	<i>Dinobryon divergens var. schauinslandii</i>	1,3	1			1,1	1	1,7	1				
Chr	302	<i>Dinobryon sertularia</i>	1,7	1	0,8	1	1,1	2			1,7	2		
Chr	1569	<i>Dinobryon sertularia var. protuberans</i>	1,7	1	0,8	1								
Chr	303	<i>Dinobryon sociale</i>	1,2	1	1,0	1	1,7	1	1,7	1			1,9	3
Chr	304	<i>Dinobryon sociale var. americana</i>	1,2	1	1,6	1	1,7	1	1,7	1	1,4	2	1,9	3
Chr	305	<i>Dinobryon sociale var. stipitatum</i>	1,2	1	1,0	1	1,7	1	1,7	1	1,1	2	1,9	3
Chr	307	<i>Dinobryon suecicum</i>			0,8	1								
Bac	258	<i>Discostella glomerata</i>	0,3	3										
Bac	262	<i>Discostella pseudostelligera</i>			2,4	1	2,9	1			3,9	1		
Bac	266	<i>Discostella stelligera</i>			1,1	1							1,7	3
Ulv	313	<i>Elakatothrix</i>							1,5	1			2,3	1
Ulv	311	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>					1,2	1	1,5	1	1,9	1	2,3	1
Ulv	312	<i>Elakatothrix genevensis</i>							1,5	1			2,3	1
Ulv	1574	<i>Elakatothrix spirochroma</i>											2,3	1
Ulv	1218	<i>Elakatothrix viridis</i>			5,1	1							2,3	1
Chr	1579	<i>Epipyxis tubulosa</i>									0,5	4		
Chl	320	<i>Eudorina elegans</i>	3,2	1					4,6	2			4,0	2
Eug	326	<i>Euglena</i>	3,0	1	3,8	2	4,1	1	4,9	1	3,2	1		
Eug	322	<i>Euglena acus</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	323	<i>Euglena ehrenbergii</i>	3,0	1	3,8	2	4,1	1	4,9	1	3,2	1		
Eug	1580	<i>Euglena gasterosteus</i>	3,0	1										
Eug	324	<i>Euglena gracilis</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	1581	<i>Euglena granulata</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	1261	<i>Euglena hemichromata</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	1823	<i>Euglena mutabilis</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	998	<i>Euglena oxyuris</i>	3,0	1	3,8	2	4,1	1	4,9	1	3,2	1		
Eug	325	<i>Euglena pisciformis</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		



AK	HIL-ID	Seetypgruppe	AVA		MG		TL_gesch		TL_poly		TgeschAWB		TpolyAWB	
			TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF
Eug	1824	<i>Euglena proxima</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	1825	<i>Euglena spirogyra</i>	3,0	1	3,8	2					3,2	1		
Eug	973	<i>Euglena tripteris</i>	3,0	1	3,8	2	4,1	1	4,9	1	3,2	1		
Eug	327	<i>Euglena variabilis</i>	3,0	1	3,8	2	4,1	1	4,9	1	3,2	1		
Eug	328	<i>Euglena viridis</i>	3,0	1	3,8	2	4,1	1	4,9	1	3,2	1		
Chl	1584	<i>Fotterella tetrachlorelloides</i>	1,6	4							1,7	2		
Bac	336	<i>Fragilaria capucina</i>	1,7	1			1,9	1	1,3	2	1,5	1	1,8	1
Bac	337	<i>Fragilaria capucina radians - Sippen</i>	1,7	1			1,9	1	1,3	2	1,5	1	1,8	1
Bac	338	<i>Fragilaria gracilis</i>									1,5	1		
Bac	339	<i>Fragilaria rumpens</i>									1,5	1		
Bac	1169	<i>Fragilaria capucina var. vaucheriae</i>	1,7	1			1,9	1	1,3	2	1,5	1	1,8	1
Bac	341	<i>Fragilaria construens</i>	5,4	4			1,8	1	2,7	1	3,0	1	3,2	1
Bac	1884	<i>Fragilaria construens f. binodis</i>					1,9	1	2,7	1			3,2	1
Bac	1170	<i>Fragilaria construens f. venter</i>					1,8	1	2,7	1			3,2	1
Bac	342	<i>Fragilaria crotonensis</i>			2,3	1	1,8	1	2,0	1	1,8	1	1,7	1
Bac	343	<i>Fragilaria cyclopus</i>	1,0	3										
Bac	338	<i>Fragilaria gracilis</i>					1,9	1	1,3	2			1,8	1
Bac	909	<i>Fragilaria pinnata</i>	0,6	4										
Bac	339	<i>Fragilaria rumpens</i>											1,8	1
Bac	1246	<i>Fragilaria tenera</i>			1,1	1					0,5	2	1,4	1
Bac	348	<i>Fragilaria ulna</i>							2,7	1				
Bac	349	<i>Fragilaria ulna angustissima - Sippen</i>					3,6	1	4,0	1			3,8	1
Bac	352	<i>Fragilaria ulna var. ulna</i>							2,7	1				
Ulv	951	<i>Gloeotila pelagica f. spiralis</i>			0,8	4								
Cya	365	<i>Gloeotrichia echinulata</i>					1,9	1			3,0	1		
Chl	366	<i>Golenkinia radiata</i>			2,6	2	4,2	1			4,7	1		
Bac	369	<i>Gomphonema</i>											1,7	1
Bac	1175	<i>Gomphonema micropus</i>											1,7	1
Bac	1176	<i>Gomphonema minutum</i>											1,7	1
Bac	1177	<i>Gomphonema olivaceum</i>											1,7	1
Bac	1178	<i>Gomphonema parvulum</i>											1,7	1
Bac	1179	<i>Gomphonema pumilum</i>											1,7	1
Cya	375	<i>Gomphosphaeria</i>			1,5	1			3,3	1				
Cya	370	<i>Gomphosphaeria aponina</i>			1,5	1			3,3	1				
Cya	975	<i>Gomphosphaeria natans</i>			1,5	1			3,3	1				
Xan	377	<i>Goniochloris mutica</i>			5,7	2							5,2	3
Chl	378	<i>Gonium pectorale</i>	2,9	4										
Din	390	<i>Gymnodinium</i>							2,2	1				
Din	383	<i>Gymnodinium acuminatum</i>							2,2	1				
Din	386	<i>Gymnodinium cnecoides</i>			0,8	4			2,2	1				
Din	1604	<i>Gymnodinium discoidale</i>			0,8	4								
Din	387	<i>Gymnodinium fuscum</i>							2,2	1				
Din	877	<i>Gymnodinium lacustre</i>			0,8	4			2,2	1				
Din	389	<i>Gymnodinium lantzschii</i>	0,9	1					2,2	1				
Din	385	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	0,9	1	1,0	1	2,0	1	2,2	1	0,6	1	1,8	1
Bac	392	<i>Gyrosigma acuminatum</i>									0,6	1		
Bac	393	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	1,1	3										
Chr	1611	<i>Kephyrion littorale</i>											1,5	4
Chr	400	<i>Kephyrion rubri-claustri</i>									0,4	1		
Chr	402	<i>Kephyrion tubiforme</i>									0,3	2		
Chl	405	<i>Kirchneriella contorta</i>			3,3	1								
Chl	408	<i>Kirchneriella lunaris</i>			1,7	2								
Ulv	413	<i>Koliella longiseta</i>					3,5	2	2,9	2	3,9	2	3,2	2
Chl	420	<i>Lagerheimia ciliata</i>	4,3	3	3,6	1	3,8	1			4,3	1	4,8	2
Chl	422	<i>Lagerheimia genevensis</i>			2,7	1	3,2	1			3,9	1		
Chl	425	<i>Lagerheimia subsalsa</i>	4,5	3	5,4	1								
Cya	427	<i>Leptolyngbya tenuis</i>	1,4	4										
Cya	431	<i>Limnothrix planctonica</i>	1,6	3			4,2	3	5,4	4	4,8	3	5,0	4
Cya	432	<i>Limnothrix redekei</i>	3,1	3			4,0	1	4,7	2	4,6	3	5,6	4
Chr	438	<i>Mallomonas akrokomos</i>	2,8	2							3,2	1		
Chr	439	<i>Mallomonas caudata</i>	2,0	2	1,8	1	2,6	1						
Bac	446	<i>Melosira varians</i>	2,8	2					3,6	2				
Cya	448	<i>Merismopedia</i>	3,0	4			1,6	1	5,1	1	2,8	1		
Cya	1629	<i>Merismopedia duplex</i>	3,0	4							2,8	1		
Cya	879	<i>Merismopedia elegans</i>	3,0	4			1,6	1	5,1	1	2,8	1		
Cya	931	<i>Merismopedia glauca</i>	3,0	4			1,6	1	5,1	1	2,8	1		
Cya	1630	<i>Merismopedia marssonii</i>	3,0	4							2,8	1		
Cya	920	<i>Merismopedia minima</i>	3,0	4			1,6	1	5,1	1	2,8	1	5,8	3



AK	HIL-ID	Taxon	Seetypgruppe		AVA		MG		TL_gesch		TL_poly		TgeschAWB		TpolyAWB	
			TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF
Eug	1049	<i>Phacus triqueter</i>	3,9	1												
Ulv	578	<i>Planctonema lauterbornii</i>	0,9	4												
Cya	581	<i>Planktolyngbya</i>	0,0	1												
Cya	579	<i>Planktolyngbya contorta</i>	4,5	1						6,0	1				5,4	1
Cya	580	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	2,7	1				3,5	2	5,2	1	4,1	2	4,4	1	1
Cya	584	<i>Planktothrix agardhii</i>			4,0	1	4,1	1	5,0	1	5,0	1	4,9	1	4,9	1
Cya	586	<i>Planktothrix rubescens</i>	1,0	1	2,3	1						1,5	1			
Cya	594	<i>Pseudanabaena catenata</i>	3,3	1				3,9	4							
Cya	596	<i>Pseudanabaena limnetica</i>	2,2	2	3,5	1	3,9	2	4,6	1	3,1	2	4,1	1	4,1	1
Cya	597	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	5,1	4	4,3	1										
Xan	952	<i>Pseudogoniocloris tripus</i>	5,5	4												
Chr	599	<i>Pseudokephyriion entzii</i>			1,2	1				1,5	1				1,7	1
Chr	1786	<i>Pseudokephyriion hyalinum</i>			0,7	4										
Chr	889	<i>Pseudokephyriion pseudospirale</i>										0,3	4			
Chr	601	<i>Pseudopedinella erkensis</i>										0,7	1	1,5	1	1
Chl	762	<i>Pseudotetrastrum punctatum</i>													5,2	4
Chl	614	<i>Quadrigula pfitzeri</i>			1,0	4	0,8	2	0,9	4	1,1	2	1,7	1	1,7	1
Cya	890	<i>Radiocystis geminata</i>										0,3	4			
Cya	619	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>													5,2	3
Cya	621	<i>Rhabdoderma lineare</i>					1,3	2			2,0	2				
Cya	624	<i>Rhabdogloea smithii</i>	4,8	4												
Bac	625	<i>Rhizosolenia eriensis</i>	0,9	4	1,1	1										
Bac	626	<i>Rhizosolenia longiseta</i>					1,2	2			1,5	3				
Bac	634	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>													1,3	4
Chl	639	<i>Scenedesmus acuminatus</i>			3,8	1	5,0	1	5,1	2	5,1	1	5,3	1	5,3	1
Chl	641	<i>Scenedesmus acutus</i>							6,1	1					4,8	3
Chl	643	<i>Scenedesmus armatus</i>			3,5	1										
Chl	644	<i>Scenedesmus arthrodesmiiformis</i>			4,1	1										
Chl	645	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	5,0	4	5,3	1			1,0	1						
Chl	650	<i>Scenedesmus costato-granulatus</i>			1,5	1	0,8	2			1,2	1	1,9	1	1,9	1
Chl	651	<i>Scenedesmus denticulatus</i>													4,9	1
Chl	652	<i>Scenedesmus dimorphus</i>			4,9	1									5,5	3
Chl	653	<i>Scenedesmus disciformis</i>	3,4	1	4,7	1									5,5	3
Chl	655	<i>Scenedesmus ecornis</i>	4,0	2	2,0	1										
Chl	662	<i>Scenedesmus linearis</i>	2,2	2	2,5	1	3,4	2			1,6	1				
Chl	663	<i>Scenedesmus longispina</i>													5,5	1
Chl	666	<i>Scenedesmus obtusus</i>	3,2	2												
Chl	667	<i>Scenedesmus opoliensis</i>					5,0	2	5,1	1	5,6	2	5,5	2	5,5	2
Chl	669	<i>Scenedesmus quadricauda</i>			2,7	1										
Chl	672	<i>Scenedesmus semipulcher</i>	5,3	4												
Chl	673	<i>Scenedesmus sempervirens</i>													5,0	1
Chl	1102	<i>Scenedesmus smithii</i>													5,2	2
Chl	679	<i>Scenedesmus verrucosus</i>							1,6	1						
Pra	1712	<i>Scherffelia</i>	0,8	4												
Pra	1713	<i>Scherffelia dubia</i>	0,8	4												
Chl	683	<i>Schroederia</i>	3,7	2	4,4	1	3,8	1	2,1	1	4,4	1				
Chl	1034	<i>Schroederia / Pseudoschroederia</i>			4,4	1					4,4	1				
Chl	1790	<i>Schroederia indica</i>	3,7	2	4,4	1					4,4	1				
Chl	990	<i>Schroederia nitzschiioides</i>	3,7	2	4,4	1	3,8	1	2,1	1	4,4	1				
Chl	682	<i>Schroederia setigera</i>	3,7	2	4,4	1	3,8	1	2,1	1	4,4	1				
Chl	991	<i>Schroederia spiralis</i>	3,7	2	4,4	1	3,8	1	2,1	1	4,4	1				
Pra	684	<i>Scourfieldia cordiformis</i>													1,7	1
Bac	994	<i>Skeletonema potamos</i>							5,1	3	5,4	1	3,4	1	3,4	1
Bac	995	<i>Skeletonema subsalsum</i>									4,5	3				
Cya	694	<i>Snowella</i>					1,1	1	1,1	2	1,6	1	2,1	1	2,1	1
Cya	691	<i>Snowella atomus</i>	1,8	4	2,0	1	1,1	1	1,1	2	1,6	1	2,1	1	2,1	1
Cya	692	<i>Snowella lacustris</i>	1,4	1	1,5	1	1,1	1			1,6	1				
Cya	693	<i>Snowella litoralis</i>			2,0	1	1,1	1	1,1	2	1,6	1	2,1	1	2,1	1
Cya	1307	<i>Snowella septentrionalis</i>			2,0	1	1,1	1			1,6	1	2,1	1	2,1	1
Chr	1718	<i>Spiniferomonas cornuta</i>			1,2	1										
Con	712	<i>Staurastrum</i>										3,8	1			
Con	705	<i>Staurastrum chaetoceras</i>										3,8	1			
Con	706	<i>Staurastrum cingulum</i>			5,6	1						3,8	1			
Con	708	<i>Staurastrum gracile</i>	3,0	4			3,3	1	5,7	4	3,8	1				
Con	709	<i>Staurastrum gracile var. nanum</i>	3,0	4			3,3	1	5,7	4	3,8	1				
Con	1720	<i>Staurastrum longipes</i>										3,8	1			
Con	710	<i>Staurastrum paradoxum</i>							5,0	2	3,8	1	4,4	2	4,4	2
Con	711	<i>Staurastrum pingue</i>	1,9	1	2,6	1	1,3	2				3,8	1			



AK	HIL-ID	Seetypgruppe	AVA		MG		TL_gesch		TL_poly		TgeschAWB		TpolyAWB	
			TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF	TAW	SF
Con	1791	<i>Staurastrum planctonicum</i> var. <i>bulbosum</i>									3,8	1		
Con	713	<i>Staurastrum tetracerum</i>	4,6	2			1,0	2	1,9	1	3,8	1		
Bac	896	<i>Stephanocostis chantaica</i>	0,1	4			0,7	2			0,3	2		
Bac	717	<i>Stephanodiscus alpinus</i>	1,0	2	2,2	1	2,7	1	2,0	1	0,7	1	1,8	1
Bac	719	<i>Stephanodiscus binderanus</i>	1,4	4			3,0	2			4,1	2		
Bac	721	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3,6	2			2,2	1			3,3	1		
Bac	723	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	3,7	2	3,4	1	2,1	2	2,3	1	3,3	2	3,1	1
Bac	725	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	1,3	2			1,9	1	2,6	1	3,4	1	3,3	1
Kle	1725	<i>Stichococcus pelagicus</i>			0,8	4								
Chr	850	<i>Stichogloea doederleinii</i>			0,7	4	0,7	2			0,4	2		
Chr	733	<i>Stylochrysalis libera</i>	1,2	3										
Bac	1104	<i>Surirella brebissonii</i>											1,7	4
Cya	738	<i>Synechococcus cedrorum</i>	1,4	4										
Cya	737	<i>Synechocystis aquatilis</i>	3,4	4	5,2	1								
Chr	740	<i>Synura</i>					3,2	3	2,1	1	4,2	3		
Chr	1311	<i>Synura sphagnicola</i>					3,2	3	2,1	1	4,2	3		
Chr	741	<i>Synura uvella</i>					3,2	3			4,2	3		
Bac	742	<i>Tabellaria fenestrata</i>	1,4	2	1,4	1	0,7	3	0,9	2	0,9	3	1,5	4
Bac	743	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1,1	2	1,1	1	1,0	2			1,6	2	1,5	4
Chl	746	<i>Tetrachlorella alternans</i>	2,3	4	3,9	2	0,7	1						
Chl	748	<i>Tetraedron caudatum</i>			3,4	1			4,9	1			5,0	1
Chl	751	<i>Tetraedron minimum</i>							3,8	1			4,5	1
Chl	755	<i>Tetraedron triangulare</i>			3,0	1							5,0	1
Pra	758	<i>Tetraselmis cordiformis</i>	1,3	4										
Chl	922	<i>Tetrastrum elegans</i>			3,0	1								
Chl	764	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	5,4	3					3,2	1	5,4	2		
Chl	765	<i>Tetrastrum triangulare</i>	3,5	1			4,1	1	4,2	1				
Eug	771	<i>Trachelomonas volvocina</i>	3,4	3										
Xan	852	<i>Trachydiscus sexangulatus</i>					0,7	2			0,4	3		
Chl	775	<i>Treubaria triappendiculata</i>			3,6	1								
Xan	778	<i>Tribonema</i>					1,3	1	2,7	2	2,3	1	3,3	2
Xan	999	<i>Tribonema aequale</i>					1,3	1	2,7	2	2,3	1	3,3	2
Xan	776	<i>Tribonema elegans</i>									2,3	1	3,3	2
Xan	1314	<i>Tribonema minus</i>					1,3	1	2,7	2	2,3	1	3,3	2
Xan	777	<i>Tribonema monochloron</i>									2,3	1	3,3	2
Xan	779	<i>Tribonema vulgare</i>					1,3	1	2,7	2	2,3	1	3,3	2
Chr	811	<i>Uroglena</i>	2,5	1	0,9	1	1,3	1			1,2	1	1,6	4
Chr	810	<i>Uroglena americana</i>	2,5	1	0,9	1	1,3	1			1,2	1	1,6	4
Chl	814	<i>Volvox</i>	3,8	2							4,5	4		
Chl	812	<i>Volvox aureus</i>	3,8	2							4,5	4		
Chl	813	<i>Volvox globator</i>	3,8	2							4,5	4		
Chl	815	<i>Willea irregularis</i>	1,0	1							0,4	2		
Chl	817	<i>Willea wilhelmii</i>					1,0	3			0,4	3		
Din	1744	<i>Woloszynskia ordinata</i>			0,8	1								
Cya	820	<i>Woronichinia compacta</i>							5,2	1				
Cya	1596	<i>Woronichinia fusca</i>			1,5	1								
Cya	821	<i>Woronichinia naegeliana</i>	1,1	2			2,7	2	5,2	2	4,2	2	4,5	1