

Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten & Phyto- benthos

Phylib

Dr. Doris Stelzer
Dr. Cornelia Goos
Dr. Ilka Schönfelder
Dr. Andrea Vogel
Dr. Lydia King
Dr. Klaus van de Weyer

**Stand September
Stand September
2025**

Basierend auf der Verfahrensanleitung vom 28.03.2023

Fördergeber	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, Projekt O 1.25)
Fördernehmer	chromgruen Planungs- und Beratungs- GmbH & Co. KG, Velbert
Projektbetreuung	Gudrun Plambeck (Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) Antje Köhler (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin)
Fachliche Begleitung	LAWA-EK Biologische Bewertung Seen und Interkalibrierung nach WRRL und Phylib Seen Beirat
Makrophyten	Dr. Doris Stelzer, Hohenbrunn-Riemerling
Diatomeen	Dr. Cornelia Goos (Gewässerbewertung, Penzberg) Dr. Ilka Schönfelder (Büro für Diatomeenanalyse, Neuenhagen)

Grundlagen:

Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten & Phytobenthos. Phylib. Stand 2014, Version Oktober 2015

Auftraggeber Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA. Projekt-Nr. O 10.10

Auftragnehmer	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Projektleitung	Dr. Jochen Schaumburg, Bayer. Landesamt für Umwelt
Koordination	Dipl.-Biol. Christine Schranz, Bayer. Landesamt für Umwelt
Makrophyten	Dr. Doris Stelzer, Hohenbrunn-Riemerling
Diatomeen	Dr. Andrea Vogel, Hechendorf

Die Arbeiten zur Aktualisierung des Phylib Seen-Verfahrens im Rahmen der LAWA-Projekte O 1.21, O 6.22, O 1.23 und O 1.25 wurden vom LAWA-EK „Biologische Bewertung Seen und Interkalibrierung nach WRRL“ sowie einem projektbegleitenden Beirat intensiv begleitet.

Besonderer Dank gilt Frau Christine Schranz (Bayerisches Landesamt für Umwelt), die mit ihrem umfangreichen Wissen um die Verfahrensentwicklung bis 2015 zu einem reibungslosen Übergang zur Aktualisierung 2025 wesentlich beigetragen hat, sowie Frau Dr. Petra Schilling (Umweltbundesamt), die mit der Pflege der Bundestaxaliste eine DV-technische Verarbeitung der taxonomischen Befunde ermöglicht hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	6
2	Festlegung der benötigten Anzahl repräsentativer Ufertransekte und deren Lage für die Bewertung eines Seewasserkörpers	7
2.1	Ermittlung der Transekt-/Probestellenzahl	8
2.2	Festlegen der Lage der Transekte/Probestellen	9
3	Probenahme und Ermittlung der Makrophyten & Phytobenthos-Biozönose	10
3.1	Arbeits- /Umweltschutz	10
3.2	Untersuchungszeitpunkt und Probenahmeplanung	11
3.3	Freilandarbeiten und Dokumentation	12
3.3.1	Besonderheiten bei der Probenahme der Makrophyten	13
3.3.2	Besonderheiten bei der Probenahme der Diatomeen	21
3.4	Aufbereitung der Proben zur mikroskopischen Auswertung der Diatomeen	23
3.4.1	Präparation der Diatomeensuspension	23
3.4.2	Herstellen von Dauerpräparaten	25
3.5	Bestimmung, mikroskopische Analyse und Dokumentation	27
3.5.1	Makrophyten	27
3.5.2	Diatomeen	28
3.6	Eingabe in das DV-Tool	31
3.7	Besonderheiten bei der Untersuchung von Talsperren	33
3.7.1	Makrophyten in Talsperren	33
3.7.2	Diatomeen in Talsperren	34
4	Bestimmung des biozönotischen Gewässertyps	36
5	Grundsätze der Bewertung der Teilkomponenten	37
5.1	Bewertung Makrophyten	37
5.1.1	Sicherungskriterien	37
5.1.2	Ermittlung des Referenzindex (RI_{Seen})	38
5.1.3	Zusatzkriterien	39
5.1.4	Typspezifische Anwendung der Zusatzkriterien	41
5.2	Bewertung Diatomeen	48
5.2.1	Sicherungskriterien	48
5.2.2	Bewertungsmodul „Trophie-Index“	50
5.2.3	Bewertungsmodul „Referenzartenquotient“ (RAQ)	50
5.2.4	Zusatzkriterium Säuregrad	51
5.2.5	Normierung und Ermittlung des Diatomeen-Index (DI_{Seen}): Modul Diatomeenbewertung	52
5.2.6	Zusätzliche Metrics	52
6	Gesamtbewertung von Seewasserkörpern mit Makrophyten & Phytobenthos	54

6.1	Bewertung von Litoralstellen	54
6.2	Ermitteln der ökologischen Zustandsklasse bzw. des ökologischen Potenzials von Seewasserkörpern	55
6.3	Mögliches Vorgehen bzgl. der Sicherungskriterien im M&P Verfahren Seen	56
6.3.1	Diatomeen	56
6.3.2	Makrophyten	57
6.3.3	Verschneidung Makrophyten und Diatomeen	57
6.3.4	OWK-Bewertung	57
7	Qualitätssicherung	59
7.1	Prüfung der Probenahme	59
7.2	Prüfung der Bestimmungsergebnisse	59
8	Interpretation und Plausibilisierung der Bewertungen	60
8.1	Interpretationshilfe für die Beurteilung des ökologischen Zustands mithilfe von Diatomeengesellschaften und den Ergebnissen des Bewertungsverfahrens Phylib Seen	60
8.1.1	Zusammensetzung der Diatomeengesellschaft (relevant für die Plausibilisierung der Ergebnisse von DI/TI/RAQ)	61
8.2	Interpretationsansätze (relevant für die Interpretation von Unterschieden in DI/TI/RAQ und zu den Bewertungen anderer Komponenten)	65
8.2.1	Die Bewertung mittels Trophieindex stimmt nicht mit der Bewertung mittels RAQ überein	65
8.2.2	Die Transektbewertung M&P stimmt nicht mit der OWK-Bewertung M&P überein bzw. die Transektbewertungen eines OWK unterscheiden sich	66
8.2.3	Die Bewertung mittels Makrophyten und / oder Diatomeen stimmt nicht mit der Transektbewertung M&P überein bzw. die Bewertung mittels Makrophyten und mittels Diatomeen stimmen nicht überein	67
8.2.4	Die OWK-Bewertung M&P stimmt nicht mit der Bewertung durch andere Qualitätskomponenten oder mit chemischen Messwerten überein	67
9	Allgemeine Literatur	69
10	Anhang	74
10.1	Kartierprotokolle	74
10.2	Kurzanleitung zum Feldprotokoll Makrophyten & Diatomeen in Seen zur Phylib-Bewertung gemäß EG-WRRL	78
10.3	Fragebogen für die Probenahme in Talsperren	80
10.4	Materialien und Informationen für Probenahmen und Bestimmungen	81
10.4.1	Materialien für die Probenahme beider Teilkomponenten	81
10.4.2	Zusätzliche Materialien und Informationen für die Teilkomponente Makrophyten	81
10.4.3	Zusätzliche Materialien und Informationen für die Teilkomponente Diatomeen	85
10.5	Ermittlung der Biozönotischen Seetypen für natürliche Seewasserkörper	93
10.6	Ermittlung der Biozönotischen Seetypen für künstliche und erheblich veränderte Seewasserkörper sowie Seen des karbonatischen Mittelgebirges	93

1 Vorbemerkung

Die vorliegende Verfahrensanleitung entstand aus dem Projekt zur „Erarbeitung eines ökologischen Bewertungsverfahrens für Fließgewässer und Seen im Teilbereich Makrophyten und Phytobenthos zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie“ (SCHAUMBURG et al. 2004) und wurde in mehreren Folgeprojekten überarbeitet und ergänzt (SCHAUMBURG et al. 2005, 2007a, 2007b, 2008, 2011a, 2011b), auch um es z.B. auf künstliche und erheblich veränderte Oberflächenwasserkörper (OWK) anwenden zu können. Der zu Beginn des 3. Bewirtschaftungszyklus (2021) gültige Verfahrensstand wurde zuletzt in der Verfahrensanleitung von SCHAUMBURG et al. (2015 und 2021) dokumentiert. Er beschreibt die Vorgehensweise bei der Bewertung sowohl für die Ermittlung des ökologischen Zustandes als auch des ökologischen Potenzials mit der Verfahrensversion Phylib 5.3. Der nun mit Abschluss des Projekts O 1.25 im September 2025 vorgelegte Stand der Verfahrensanleitung nimmt Bezug auf die überarbeitete Verfahrensversion Phylib Seen 7. Neben den Ergebnissen aus dem LAWA-Projekt O 1.25 „Taxonomische Anpassung des Diatomeenmoduls "Referenzartenquotient" (RAQ) für das Seen-Bewertungsverfahren PHYLIB“ wurden auch Ergebnisse der vorausgegangenen LFP-Projekte O 2.19 (STELZER et al. 2020), O 2.20 (STELZER et al. 2021), O 1.21/22 (MÜLLER et al. 2023) und O 1.23 (MÜLLER et al. 2024) berücksichtigt.

Die in früheren Versionen noch in der Verfahrensanleitung enthaltenen Listen von Indikatortaxa werden mit Übergang zur Online basierten Bewertung nicht mehr abgedruckt sondern stattdessen als Anlage zu dieser Verfahrensanleitung zum Download angeboten. Diese Arbeitsweise stellt sicher, dass die ökologischen Attribute der Indikatortaxa unabhängig von dieser Verfahrensanleitung in ihrer aktuellsten und in der Online-Anwendung so hinterlegten (und damit gültigen) Form verfügbar sind. Sie können von der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden. Eventuell nötige Ergänzungen oder Änderungen der Listen (z.B. bzgl. der neuesten Systematik) werden im Zuge von taxonomischen oder ökologischen Anpassungen dort vorgenommen. Das Verfahren selbst ändert sich dadurch nicht, die Verfahrensanleitung wird diesbezüglich nicht laufend aktualisiert.

Die Typologie der Seen in Deutschland (MATHES et al. 2002) beinhaltet u.a. Typen, die ausschließlich oder fast ausschließlich durch künstliche und/oder erheblich veränderte Gewässer vertreten sind. In der EG-WRRL ist eine Typisierung für natürliche Gewässer vorgesehen. Für die künstlichen und erheblich veränderten Gewässer soll eine Zuordnung zum ähnlichsten natürlichen Typ versucht werden, wobei diesen Zuordnungen in der Ökoregion der Mittelgebirge, wo nur wenige natürliche Seen vorkommen, enge fachliche Grenzen gesetzt wären. In ihren Rand- und Nutzungsbedingungen ähnliche künstliche und erheblich veränderte Gewässer wurden für die Erarbeitung des Bewertungsverfahrens und die Bewertung in Gruppen zusammengefasst. Auch diese Gruppen von Seen werden im Weiteren als Typen bezeichnet, einerseits um die Gewässer der bereits vorhandenen Typen nach MATHES et al. (2002) nicht mit neuen Bezeichnungen zu versehen, andererseits auch um die sprachliche Regelung zu vereinfachen.

Das vorliegende Bewertungsverfahren ist anhand von und für Gewässer bzw. Seewasserkörper mit einer Größe von ≥ 50 ha entwickelt worden. Sofern dieses Verfahren für Seen einer Fläche < 50 ha angewandt wird, sind die Bewertungsergebnisse kritisch zu hinterfragen.

2 Festlegung der benötigten Anzahl repräsentativer Ufertransekte und deren Lage für die Bewertung eines Seewasserkörpers

Grundsätzlich wird als Erstuntersuchung eines Seewasserkörpers eine Gesamtkartierung empfohlen. In Seen, in denen bislang noch keine Gesamtkartierung der Makrophytenvegetation durchgeführt wurde, sollte eine Übersichtskartierung des gesamten Litoralbereichs erfolgen. Insbesondere bei großen, komplexen Seen kann nur so sichergestellt werden, dass ein repräsentativer Gesamteindruck des Gewässers gewonnen wird, wozu insbesondere zählt, dass die Vorkommen und die Verbreitung der maßgeblichen litoralen Habitatstrukturen erkannt und wichtige Belastungsquellen lokalisiert werden. Die Übersichtskartierung kann z. B. durch Tauchkartierung nach MELZER & SCHNEIDER (2001), durch die Verbindung von Echosondierung und gezielter Transektbetauchung nach JÄGER et al. (2004), eine Kombination von Unterwasserkameras und Tauchuntersuchungen (VAN DE WEYER et al. 2007) oder durch die Kombination aus Luftbildern und Transektuntersuchungen nach SCHMIEDER (1997) erfolgen.

Unabhängig von der gewählten Methode muss sichergestellt werden, dass die Daten die Voraussetzungen für eine Bewertung nach SCHAUMBURG et al. (2004) und damit nach WRRL erfüllen. Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Einhaltung der vorgegebenen Tiefenstufen sowie die Abschätzung der Pflanzenmengen nach KOHLER (1978).

Bei Folgeuntersuchungen erfolgt die Ermittlung der Anzahl der Transekte und die Festlegung deren Lage aufgrund der Ergebnisse aus der Gesamtkartierung im Zusammenhang mit den Informationen zur Seeoberfläche, Uferentwicklung, Ufermorphologie und Ufernutzung. Ist keine Gesamt- bzw. Übersichtskartierung möglich, kann die Auswahl nach den Kriterien Seeoberfläche, Uferentwicklung (Verhältnis der Uferlänge zum Umfang eines flächengleichen Kreises), Bathymetrie und Ufernutzung erfolgen.

Der Vorschlag zur Ermittlung der benötigten Anzahl repräsentativer Ufertransekte und der Verteilung derselben im Wasserkörper wurde anhand der Teilkomponente Makrophyten entwickelt. Entsprechen die Anzahl und die Lage der Untersuchungsbereiche in einem See-Wasserkörper den Anforderungen dieser Vorschrift, dann ist nach den bisherigen Erfahrungen bei der Anwendung des Phylib-Verfahrens sicher gestellt, dass auch die Teilkomponente Phytobenthos-Diatomeen in einem für den Seewasserkörper repräsentativen Umfang erfasst und bewertet wird. Für die Bewertung eines ganzen See-Wasserkörpers mit der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos nach WRRL muss daher an jedem ausgewählten Transekt sowohl eine Makrophytenkartierung als auch eine Diatomeenprobenahme stattfinden.

2.1 Ermittlung der Transekt-/Probestellenzahl

Je größer und komplexer ein Gewässer ist, desto mehr Makrophytentransekte bzw. Diatomeenprobestellen müssen untersucht werden (SCHAUMBURG et al. 2007b). Tabelle 1 gibt für einige Beispielseen abhängig von der Oberfläche des Gewässers die Spanne der benötigten Transekte an. Bei stark untergliederten Seen sollten die Seebecken wie verschiedene Wasserkörper behandelt werden, d. h. für jedes Seebecken sollte die erforderliche Transektzahl anhand der Tabelle ermittelt werden. Abhängig von der Vielseitigkeit der Ufermorphologie und -Nutzung wird die genaue Anzahl der Transekte bestimmt.

Tabelle 1: Empfohlene Transektzahlen in Abhängigkeit der Seeoberfläche (BB = Brandenburg, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NI = Niedersachsen, SH = Schleswig-Holstein)

Oberfläche des Wasserkörpers	Anzahl der Transekte	Beispiele
< 0,5 km ²	1 - 5	+ - abgegrenzte Buchten/Seeteile
0,5 - 2,0 km ²	5 - 8	Schermützelsee bei Buckow (BB), Dieksee (SH), Mindelsee (BW)
2,0 - 5,0 km ²	5 - 10	Gr. Stechlinsee (BB), Schliersee (BY), Breiter Luzin (MV)
5,0 - 10 km ²	6 - 12	Königssee (BY), Westensee (SH), Tegernsee (BY), Parsteiner See (BB)
10 - 20 km ²	8 - 15	Wittensee (SH), Dümmer (NI), Walchensee (BY)
20 - 50 km ²	10 - 20	Selenter See (SH), Steinhuder Meer (NI), Gr. Plöner See (SH), Ammersee (BY)
50 - 100 km ²	20 - 30	Starnberger See (BY), Chiemsee (BY)
> 100 km ²	30 - 50	Müritz (MV), Bodensee (BW)

Der jeweils niedrigste Wert für eine Seegrößenklasse gilt für weitgehend einheitliche Wasserkörper ohne stark ausgeprägte Buchten oder Inseln. Als Anhaltspunkt kann hier die Uferentwicklung (Verhältnis der Uferlänge zum Umfang eines flächengleichen Kreises) mit Werten von höchstens 2,0 herangezogen werden. Auch die Steilheit der Seeufer sollte, sofern die niedrigste Anzahl an Transekten gewählt wird, keine starken Unterschiede aufweisen. Die Entscheidung für die niedrigste Anzahl an Transekten ist nur zulässig, wenn die Nutzung des Umlandes keine größeren Unterschiede der lokalen Belastungen erwarten lässt. Zu den entscheidungsrelevanten Belastungen zählen nicht nur Nährstoffbelastungen sondern auch Einflüsse von Herbizideinsatz, Versalzung, Versauerung, anthropogenem Wellenschlag, mechanischer Beeinflussung des Grundes, Uferverbau, anthropogene Beschattung, Anlagen zur Fischzucht oder Fischhälterung und Einträge von Trübstoffen.

Der jeweils größte Wert hingegen bezieht sich auf Seen mit heterogener Ufermorphologie, die vielfältigen Nutzungseinflüssen unterliegen. Solche Seen weisen sich durch eine stark differenzierte Ufermorphologie mit ausgeprägten Buchten und Inseln sowie unterschiedlich steilen Uferabschnitten aus. Am Ufer sind eine Reihe verschiedener Vegetationsformen ausgebildet, aber auch verbaute bzw. versiegelte Bereiche zu finden. Aufgrund von vielfältigen Nutzungsformen des Ufers und des angrenzenden Umlandes sind lokale Belastungen zu erwarten.

2.2 Festlegen der Lage der Transekte/Probstellen

Die Festlegung der genauen Lage der Makrophytentransekte bzw. Diatomeenprobstellen erfolgt vor Ort. Nicht beprobt werden sollten Bereiche im unmittelbaren Einflussbereich der Zuflüsse. Bei der Stellenauswahl ist darauf zu achten, die für den See charakteristischen Bereiche zu erfassen, also alle wesentlichen Makrophytenhabitats. Die Auswahl muss in erster Linie auf die Gewässermorphologie abgestimmt werden. Unterschiedlich steile Litoralstellen, Inseln sowie Einbuchtungen sollen durch eine repräsentative Anzahl an Litoralstellen vertreten sein. Bei stark untergliederten Seen mit mehr oder weniger voneinander getrennten Seebecken sind diese entsprechend ihrer Bedeutung für den Gesamtsee zu berücksichtigen. Die Transekte/Probstellen sollen zudem so auf die Seeufer verteilt werden, dass Brandungs- und Verlandungsufer sowie unterschiedlich stark beschattete Bereiche erfasst werden. Um potenzielle Belastungsquellen zu erfassen, soll die Auswahl nicht nur naturbelassene Litoralstellen, sondern auch unterschiedlich genutzte Bereiche (z.B. Badestellen, Campingplätze, nahegelegene Acker- und Weideflächen) beinhalten.

Das Verhältnis der unterschiedlichen Standorte zueinander sollte dabei grob berücksichtigt werden. Sind z. B. 30 % der Uferlinie flach mit feinem Sediment und 70 % steil mit grobem Substrat, so sollten mindestens doppelt so viele steile Litoralstellen mit grobem Substrat untersucht werden. Im Idealfall sind alle unterschiedlichen „Uferklassen“ repräsentativ vertreten.

3 Probenahme und Ermittlung der Makrophyten & Phytobenthos-Biozönose

3.1 Arbeits- /Umweltschutz

Schon bei der Planung der Messnetze sind Betretungsverbote aufgrund von Schutzgebietsverordnungen zu berücksichtigen. Gegebenenfalls sind temporär ausgesprochene Betretungsverbote zu beachten oder Genehmigungen einzuholen.

Weiterhin sind bei Planung und Durchführung der Probennahme geeignete Maßnahmen zu treffen, dass durch Anhaftung an Booten, Wathosen und Arbeitsgerät

- keine invasiven Arten weiterverbreitet werden,
- hochansteckende Krankheiten wie Krebspest und Salamanderpest nicht weiterverbreitet werden.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass bei Probenahme, Bestimmung und Auswertung die Sicherheit und Gesundheit der Bearbeiterin/des Bearbeiters gewährleistet ist. Eigensicherung ist bei der Probenahme besonders wichtig. Hierzu gehören Schutzmaßnahmen gegenüber Verletzungsgefahr und Schutz vor Ertrinken durch Stürze ins Gewässer bzw. bei der Arbeit im Wasser durch Treibgut, Unterkühlung, Sog, Steckenbleiben, Versinken, Abrutschen, plötzlichen Wasseranstieg und Wettergefahren (Sturm, Blitz). Unzureichende Kleidung, Ausrüstung, Sicherung oder mangelnde Beachtung von Ufereigenschaften bzw. Gewässerbedingungen, wie fehlende Sicht auf den Gewässergrund, Strömung, unsichere Zugangs- bzw. Ausstiegsmöglichkeiten bergen große Gefahren. Der Schutz vor Volllaufen der Wathosen, das Tragen von Rettungswesten und die Sicherung mit Hilfe von Seilen können bei diesen Arbeiten lebensrettend sein. Alleinarbeit am Gewässer stellt ein großes Risiko dar und ist nicht zulässig. Aber auch hygienische Bedingungen wie die Belastung eines Gewässers mit sehr hohem Abwasseranteil sollten beachtet werden. Wichtig sind auch Auswahl und Aufbewahrung der Probenahmegeräte. So sollte auf Bruchsicherheit der Probenahmegefäße und Sicherung scharfer Gegenstände wie Cutter-Messer vor Ortswechsel im Gewässer geachtet werden. Zu den Sicherungsmaßnahmen gehört auch, dass die Rettung von Verunfallten durch Benachrichtigung und Zugangsmöglichkeiten von Rettungsdiensten gewährleistet ist.

Für die Freilandarbeit sei auf das Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA-M 630) zum „Arbeitsschutz bei der gewässerbezogener Freilandarbeit“ hingewiesen (<https://de.dwa.de/de/regelwerk-news-volltext/merkblatt-dwa-m-630-arbeitsschutz-bei-der-gew%C3%A4sserbezogenen-freilandarbeit.html>, Abrufdatum 02.04.2024). Bei Tauchkartierungen finden sich konkrete Präventionsmaßnahmen in der DGUV Regel 101-023 „Forschungstauchen“ (www.dguv.de/publikationen, Webcode: p101023 (Abrufdatum 03.05.2024)). Aus Umweltschutzgründen dürfen bei der Freilandarbeit auch keine Fixierungsmittel ins Gelände oder ins Gewässer gelangen. Wassergefährdende Abfälle sind daher sicher zu verwahren und entsprechend ihrer Gefahreinschätzung zu entsorgen.

Im Labor entstehen Gefahren teils durch die Arbeitsstoffe selbst, z. B. durch Einatmen, Verschlucken, Hautkontakt, Brand- bzw. Explosionsgefahr. Bei Arbeiten zur Vorbehandlung bzw. Präparation müssen daher die entsprechenden Laborordnungen eingehalten werden, in denen alle Maßnahmen, Regeln und Vorschriften der Arbeitssicherheit aufgeführt sein sollten. Dies betrifft die Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz, Schutzkleidung sowie die Aufbewahrung, der Umgang und die Entsorgung von Chemikalien und Gefahrenstoffen. Wichtig sind auch wirksame Lüftungsmöglichkeiten sowie Ausstattung und Prüfung von Erste-Hilfe- und Löscheinrichtungen. Besondere Gefahren bestehen für die in dieser Verfahrensanleitung beschriebenen Prozesse durch das Einatmen schädigender Dämpfe der Fixiermittel bei der Aufbereitung bzw. Analyse der Proben, dem durch Punktabsaugung am Mikroskop entgegengewirkt werden kann. Weiterhin bestehen Gefahren bei der Präparation der Diatomeenpräparate während der Aufbereitung der Suspension durch die unterschiedlichen Säurebehandlungen und die Einbettung des Materials in Naphrax mit dem Lösemittel Toluol. Hier müssen entsprechende Sicherheitsmaßnahmen (Schutzkleidung, Augenschutz, Abzug, Lüften des Arbeitsraumes) eingehalten werden. Auf diese wird an entsprechender Stelle nochmals hingewiesen.

Bei der Bestimmungsarbeit ist auf eine ergonomische Arbeitsplatz- und Arbeitszeitgestaltung zu achten. So sollten in der Mikroskopier- und PC-Arbeit nach spätestens zwei Stunden pausiert werden und die tägliche Mikroskopierarbeit nicht mehr als fünf Stunden betragen.

3.2 Untersuchungszeitpunkt und Probenahmeplanung

Die Freilandarbeiten für Makrophyten und Diatomeen werden möglichst zeitgleich, einmalig im Sommer zum Hauptentwicklungszeitpunkt der Makrophyten (gewöhnlich Anfang Juli bis Mitte August) durchgeführt. Der Termin sollte entsprechend der klimatischen Bedingungen der Untersuchungsregion gewählt werden. Zeiten von extremen Wasserständen sind zu meiden. Neben der Kartierung der Makrophytenvegetation werden im Idealfall an diesem Termin in jedem Makrophyten-transekt Diatomeenproben genommen und für die Aufbereitung aufbewahrt.

Sollten die beiden Teilkomponenten terminlich getrennt beprobt werden müssen, so kann die Makrophytenkartierung ohne Diatomeenprobenahme schon ab Anfang Juni erfolgen, abhängig von den Gewässerbedingungen und der Witterung. Eine Diatomeenprobenahme ohne Makrophytenkartierung kann auch noch bis Ende September durchgeführt werden. Allerdings sollten die Termine für die Beprobungen möglichst nahe zusammenliegen.

Der erste Schritt der Probenahme ist die genaue Auswahl der zu untersuchenden Litoralstellen. Bei Erstuntersuchungen wird das Gewässer nach den Kriterien aus dem Kapitel 2.2 begutachtet und die Makrophytentransekte werden festgelegt. An vorgegebenen Transekten, die sich in Voruntersuchungen als repräsentativ für den Seewasserkörper bewährt haben, sind die vorgegebenen ufernahen Startpunkte mit einem GPS aufzusuchen.

Die Probenahme wird auf dem Feldprotokoll dokumentiert (Anhang 10.1). Erläuterungen finden sich auch in der Kurzanleitung in Anhang 10.2. Die Anfangs- und Endpunkte der untersuchten Litoralstellen sollten mittels GPS-Gerät erfasst und notiert werden. Bei Abschnittskartierungen

werden Anfangs- und Endpunkt des Untersuchungsabschnittes, bei Transektkartierungen die vorgegebenen, in Voruntersuchungen eingemessenen Anfangs und Endpunkte in Transektmitte festgehalten. Bei Erstuntersuchungen ist der Schnittpunkt der Mittellinie des Transektes mit der Uferlinie sowie die untere Makrophyten-Tiefengrenze (UMG) mit GPS einzumessen und zu notieren. Bei Folgeuntersuchungen können veränderte Wasserstände vorliegen. Die Kartierung sollte aber, um Veränderungen des ökologischen Zustandes am Ufer des See-Wasserkörpers über die Jahre aufzuzeigen, landwärts mindestens an den ursprünglich eingemessenen uferseitigen Punkten beginnen. Damit können im Eulitoral langfristig auch Vegetationsänderungen in Richtung trockenheitstoleranterer Assoziationen aufgezeichnet werden.

Werden beide Teilkomponenten am gleichen Tag untersucht, dann findet die Diatomeenprobenahme vor der Kartierung der Makrophytenvegetation statt, um das Probenmaterial aus einem möglichst ungestörten Bereich von natürlichem Bodensubstrat entnehmen zu können. Alle Untersuchungen und Probenahmen sind möglichst schonend durchzuführen, es ist darauf zu achten, die Bestände der anderen Organismengruppen nicht zu zerstören.

Auf die Besonderheiten bei der Untersuchung von Talsperren wird in Kapitel 3.7 eingegangen.

3.3 Freilandarbeiten und Dokumentation

Grundlage für die Auswertung und die Interpretation der Ergebnisse ist die Dokumentation der Probenahme bzw. Kartierung. Das Feldprotokoll beinhaltet die allgemeinen Kenngrößen zur Probestelle sowie hydrologische, chemisch-physikalische und strukturelle Parameter zur Charakterisierung der Probenahmestelle sowie Angaben zur Beschattung und Art der Kartierung (Anhang 10.1).

Abweichungen von dieser Verfahrensanleitung und Angaben aller Umstände, die ggf. das Ergebnis beeinflussen, sollten im Feld- und Auswerteprotokoll bzw. im Bericht vermerkt werden. Die im Gelände in den Feldprotokollen aufgenommenen Originaldaten sollten den jeweiligen Bearbeiterinnen und Bearbeitern beider Teilkomponenten zugänglich sein.

Alle notwendigen Materialien für die Probenahme werden im Anhang 10.4 genannt.

Alle Untersuchungen und Probenahmen sind möglichst schonend durchzuführen, es ist darauf zu achten, die Bestände der anderen Organismengruppen nicht zu zerstören. Daher findet die Probenahme der Diatomeen vor den Kartierungen der Makrophyten statt.

An jeder Messstelle sollten aussagekräftige Fotografien aufgenommen werden. Es wird empfohlen, ergänzend auch Fotos charakteristischer Pflanzenbestände sowie der beprobten Substrate anzufertigen, um das Ausmaß eventueller Massenentwicklungen oder Charakteristika von Algenbelägen zu dokumentieren. Bewährt hat sich dabei der Einsatz einer wasserdichten Kamera oder eines Circular-Polarisationsfilters am Objektiv, durch den störende Reflexionen minimiert werden.

3.3.1 Besonderheiten bei der Probenahme der Makrophyten

3.3.1.1 Vorbemerkung

Die Verfahrensanleitung stellt die Minimalanforderung für die Bewertung von Seen anhand ihrer makrophytischen Wasservegetation dar. Auch wenn es zur Bewertung der Transekte ausreicht, die Seiten 1 und 2 des Feldprotokolls (Anhang 10.1) auszufüllen, ist die Aufnahme **weiterer Standortfaktoren** auf Seite 3 des Feldprotokolls empfehlenswert und sollte zumindest bei Erstuntersuchungen angestrebt werden. Der zusätzliche Aufwand ist gering und in manchen Fällen lassen sich dadurch wertvolle Hinweise ableiten z. B. über natürliche Ursachen für das Fehlen der Vegetation an einer Stelle.

Des Weiteren ermöglichen diese Angaben die Bereitstellung einer ebenso umfassenden und flächendeckenden Datengrundlage für Makrophyten in Seen, wie sie für Makrozoobenthos in Fließgewässern durch die konsequente Anwendung des Saprobienindex und die damit verbundene Erhebung der Begleitdaten bereits existiert.

Für die Bewertung der Teilkomponente Makrophyten in Seen des Mittelgebirges und Tieflandes steht auch das NRW-Verfahren zur Verfügung. Dieses Verfahren ist nicht interkalibriert und kann auch nicht mit der Teilkomponente Diatomeen verschnitten werden, bietet aber eine Möglichkeit zur Plausibilisierung der Makrophytenbewertung. Eine Verfahrensanleitung wurde von VAN DE WEYER & STELZER (2021) erstellt.

3.3.1.2 Auswahl der Kartiermethode

Für die Anwendung des Bewertungsverfahrens stehen zwei Kartiermethoden alternativ zur Verfügung – die Tauchuntersuchung und die Rechenmethode. Die für das zu beprobende Transekt bzw. den zu beprobenden Wasserkörper geeignete Methode ist nach Berücksichtigung der spezifischen Gegebenheiten vor Ort auszuwählen. Grundsätzlich soll die Beprobung möglichst schonend durchgeführt werden. Folgende Kriterien stellen eine Hilfe bei der Auswahl der Methode dar:

- Die Rechenmethode eignet sich gut bei schlechten Sichtverhältnissen (in diesem Fall ist die Fläche der einzelnen Stichproben auszudehnen).
- Bei felsigem, steilem Substrat, in Naturschutzgebieten, in dichten Schwimmblattgürteln oder bei starkem Wind (KIELER INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE 2002) ist eine Tauchkartierung sinnvoller. Tauchkartierungen sind als Kombination von Schnorcheln (Flachwasser) und Gerätetauchen durchzuführen.

3.3.1.3 Kurzanleitung zum Feldprotokoll

Als Vororthilfe zum Ausfüllen des Feldprotokolls dient eine Kurzanleitung (Anhang 10.2), die mit knappen Definitionen und Erläuterungen helfen soll, Missverständnisse z.B. bei Angaben von Makrophytenverödung und UMG zu vermeiden und somit die Qualitätssicherung zu unterstützen. Sie kann auf zwei Seiten ausgedruckt und (laminiert) zur Probenahme mitgenommen werden.

3.3.1.4 Dokumentation der Transekte

An jeder ausgewählten Stelle wird ein Bandtransekt von 20–30 m Breite in Richtung der tiefsten Stelle untersucht, das innerhalb eines ökologisch homogenen Litoralabschnitts liegt. Besondere Beachtung wird dabei Ufermorphologie und -nutzung sowie der Sedimentzusammensetzung beigegeben (siehe Kapitel 2.2). Auch sollen die Untersuchungsflächen eine einheitliche Zusammensetzung der Makrophytenvegetation aufweisen. Jedes Transekt wird fotografisch dokumentiert.

Zur Erhebung wird der zwei- bzw. dreiseitige Aufnahmebogen „Feldprotokoll Makrophyten & Diatomeen in Seen“ verwendet (Anhang 10.1). Auf Seite 1 werden Kopfdaten und Standortfaktoren sowie die Kartierungsmethode erfasst. Berücksichtigt werden auch wesentliche gewässerinterne Faktoren bezogen auf die untersuchten Tiefenstufen (s.u.) wie die Zusammensetzung des Substrates und der Sedimentauflage, sonstige Biota, Schäden/Beeinträchtigungen (nach bzw. analog zu MEIS et al. 2018), Gefälle (gemäß LAWA 2015: flach: bis 7°; mittel: 7° bis 25°; steil; mehr als 25°), sowie im Flachwasser die Beschattung (Tabelle 2). Für die Erfassung einiger dieser Parameter ist die Tauchuntersuchung am besten geeignet. Bei der Rechenmethode sollten ergänzend ein Sichtkasten bzw. eine Unterwasser-Videokamera eingesetzt werden.

Tabelle 2: Beschattungsskala nach WÖRLEIN (1992)

Stufe	Beschreibung	Erläuterung
1	vollsonnig	Sonne von deren Auf- bis Untergang
2	sonnig	in der überwiegenden Zeit zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, immer jedoch in den wärmsten Stunden des Tages in voller Sonne
3	absonnig	überwiegend in der Sonne, in den heißesten Stunden jedoch im Schatten
4	halbschattig	mehr als die Tageshälfte und immer während der Mittagszeit beschattet
5	schattig	voller Schatten unter Bäumen

3.3.1.5 Feststellung der UMG

Die untere Makrophyten-Tiefengrenze (UMG) sowie die am tiefsten vorkommende Art sind ebenfalls im Protokoll anzugeben. Die UMG wird gemäß DIN EN 15460:2008-01: Anleitung zur Erfassung von Makrophyten in Seen, Deutsche Fassung EN 15460: 2007 festgestellt als unterste verwurzelte (Einzel-)vorkommen der Pflanzen (Abbildung 1). Es ist sicherzustellen, dass es sich tatsächlich um die untere Makrophyten-Tiefengrenze und nicht um eine Lücke im Bewuchs handelt. Im Fall einer Rechenkartierung kann zur Ermittlung der unteren Makrophyten-Tiefengrenze eine Unterwasserkamera und/oder ein Echolot herangezogen werden. Falls die Untergrenze der Vegetation von Faktoren beeinflusst wird, die nicht auf anthropogene Belastungen zurückzuführen sind, sondern z. B. durch Abbruchkanten, ist diese Ursache im Protokoll zu vermerken.

Wenn die Makrophyten-Tiefengrenzen **aufgrund der natürlichen Gegebenheiten** nicht erreicht wird, gilt sie für die Phylib-Bewertung als **nicht „eindeutig feststellbar“** z. B. wenn der Seeboden durchgehend mit Makrophyten bewachsen ist, bei felsigem Untergrund gar nicht besiedelt werden kann, oder wenn der Bewuchs wegen natürlich ausgeprägter Trübung/Färbung (z.B. durch alpine

Zuflüsse oder Huminstoffe) in der Tiefe limitiert ist. In diesen Fällen ist unter „UMG ist eindeutig feststellbar“ „nein“ anzukreuzen. Der entsprechende Grund ist anzugeben.

Bei Transekten, deren gesamter Gewässergrund von Makrophyten bedeckt ist, entspricht die Verbreitungsgrenze der jeweiligen Transekttiefe. Unter „UMG ist eindeutig feststellbar“ ist in diesen besonderen Fällen „nein“ anzukreuzen und zusätzlich unter „UMG $\hat{=}$ tiefster Stelle d. Transektes“ ist „ja“ anzugeben.

Gilt eine UMG nicht als eindeutig feststellbar, geht sie nicht in die Berechnung der mittleren UMG ein. Sind zu viele Werte betroffen, kann ein OWK u.U. nicht gesichert bewertet werden (vgl. 5.1.1.).

In **stark eutrophierten Seen** ist die UMG entsprechend verringert. Im Extremfall können submerser Makrophyten vollständig fehlen. Diese Beeinträchtigungen können bei der Bewertung durch Phylib Seen 7 nur berücksichtigt werden, wenn für die entsprechenden Transekte unter „**UMG ist eindeutig feststellbar**“ „ja“ angegeben ist (vgl. Kapitel 3.3.1.7).

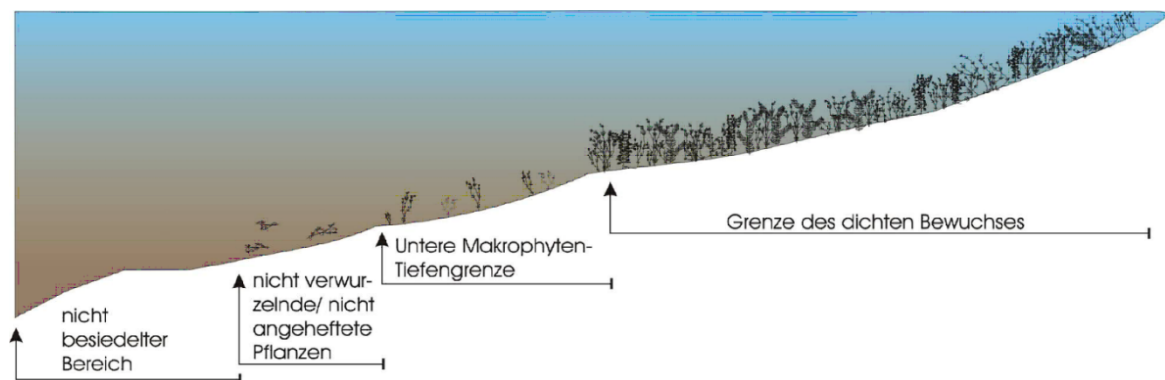


Abbildung 3-1: Veranschaulichung der unteren Makrophyten-Tiefengrenze (UMG)

3.3.1.6 Erfassen der Makrophytentaxa

Die Kartierung der Makrophytenvegetation umfasst alle submersen sowie unter der Mittelwasserlinie wurzelnden makrophytischen Wasserpflanzen (Characeen, Wassermoose, Wasserfarne und Gefäßpflanzen).

Auf Seite 2 des Kartierprotokolls werden die Angaben zu den gefundenen Makrophyten präzisiert. Hierfür erfolgt die Einteilung des Litorals in vier Tiefenstufen (0-1 m, 1-2 m, 2-4 m und 4 m bis zur unteren Makrophyten-Tiefengrenze). Die Einhaltung der vorgegebenen Tiefenstufen ist für die Berechnung des Indexes zwingend erforderlich. Wenn die Untersuchungsergebnisse zusätzlich für andere Auswertungen, z.B. für ein Monitoring im Sinne der FFH-Richtlinie verwendet werden sollen, kann es erforderlich sein, die unterste Tiefenzone (> 4 m) in 2 m Schritten zu unterteilen. In diesen Fällen müssen für eine Bewertung nach WRRL zusätzlich die Pflanzenmengen für den Gesamtbereich angegeben werden.

Bei der **Rechenmethode** kann die erste Tiefenstufe in der Regel wattend mit dem Sichtkasten untersucht werden. Stichprobenartige Entnahmen mit dem Rechen dienen der Analyse der Artenzusammensetzung der Pflanzenpolster, z.B. in gemischten Characeenbeständen. In tieferem Wasser wird mit dem Boot tiefenlinienparallel wiederholt hin und her gefahren. Soweit es die Transparenz

des Gewässers zulässt, wird die Ausdehnung der Pflanzenbestände mit dem Sichtkasten oder alternativ schnorchelnd abgeschätzt. Aus jeder Tiefenstufe, in der sich die Pflanzenpolster nicht mit dem Sichtkasten erkennen lassen, werden mindestens vier Stichproben gezogen. Finden sich in der letzten Probe neue Arten, so werden weitere Proben entnommen, bis keine weiteren neuen Arten mehr festgestellt werden. Bei sehr flachen Gewässern, deren Tiefenstufen große Flächen einnehmen und die Makrophyten-Tiefengrenze deshalb nicht ermittelt werden kann, oder deren gesamter Gewässergrund mit Makrophyten bedeckt ist, werden in der letzten Tiefenstufe mindestens sechs Stichproben entnommen. Finden sich in der letzten Probe neue Arten, so werden weitere Proben entnommen, bis keine weiteren neuen Arten mehr festgestellt werden. Die Kartierung kann bei ca. 200 m Entfernung vom Ufer beendet werden. Bei der Beprobung mit dem Rechen wird dieser stets vom tiefen in Richtung des flacheren Bereichs gezogen, um ein Abgleiten am Substrat zu verhindern.

Bei Kartierung der Makrophytenvegetation **durch Tauchkartierung** wird ebenfalls tiefenlinienparallel vorgegangen. Die gesamte Fläche eines Transekts wird unterteilt nach den Tiefenstufen abgesucht. Auch bei dieser Methode kann bei sehr flachen Gewässern, deren gesamter Gewässergrund mit Makrophyten bedeckt ist, die Untersuchung bei ca. 200 m Entfernung vom Ufer beendet werden, falls keine neuen Arten mehr gefunden werden.

In jeder Tiefenstufe wird die beobachtete Häufigkeit jeder Art anhand der fünfstufigen Skala nach KOHLER (1978, Tabelle 3) bewertet und in den Aufnahmebogen eingetragen. Offensichtlich angeschwemmte Arten werden nicht berücksichtigt.

Es existieren auch andere Erhebungsmethoden, z.B. das Schätzen von Deckungsgraden in Prozent, wofür verschiedene Skalen vorhanden sind. Von der Verwendung dieser Methoden sowie einer Umrechnung der Deckungsprozente in die Abundanzstufen nach KOHLER wird für das vorliegende Verfahren dringend abgeraten. Die beiden Schätzmethoden, Häufigkeitsklasse bzw. Deckungsgrad, stellen sehr unterschiedliche Herangehensweisen dar, z.B. wird die räumliche Ausdehnung der verschiedenen Taxa sehr unterschiedlich berücksichtigt. Das vorliegende Bewertungsverfahren wurde anhand von Daten entwickelt, welche mit der hier beschriebenen Kohler-Skala erhoben wurden, das Verfahren ist somit auf diese Werte abgestimmt. Es existieren verschiedene sehr unterschiedliche z.T. veröffentlichte Vorschläge zur Überführung von Deckungsgraden in Häufigkeitsklassen. Je nachdem, welche dieser Vorschläge bei einer Umrechnung herangezogen wird, können die resultierenden Schätzklassen und damit die Bewertungsergebnisse mehr oder weniger stark differieren.

Tabelle 3: Pflanzenmengenskala nach KOHLER (1978)

Pflanzenmenge	Beschreibung
1	sehr selten
2	selten
3	verbreitet
4	häufig
5	massenhaft

Zusätzlich werden Angaben zur Wuchsform (aquatisch oder emers) der Pflanzen notiert. Arten, die sowohl in aquatischer (also submerser bzw. flutender) als auch emerser Wuchsform vorkommen, werden zweimal erfasst. **Eine Aufteilung submerser und flutender Formen z.B. bei *Nuphar lutea* erfolgt nicht.**

Von schwer bestimmbar Arten werden Proben entnommen, die unter dem Stereo- bzw. Lichtmikroskop nachbestimmt und gegebenenfalls herbarisiert werden (siehe Kapitel 3.5.1). Moose können in so genannten „Mooskapseln“ (selbst-gefaltete Papiertaschen) oder Briefumschlägen aufbewahrt und getrocknet werden.

Werden nur wenige submerse Pflanzen gefunden, muss geprüft werden, ob hierfür natürliche Ursachen vorliegen oder anthropogen bedingte Makrophytenverödung. **Zur Definition von Makrophytenverödung und Teilverödung bitte Kapitel 3.3.1.5 beachten.**

3.3.1.7 Makrophytenverödung und Teilverödung

Die stärkste Beeinträchtigung der aquatischen Vegetation zeigt sich in deren teilweisem oder vollständigem Fehlen wegen anthropogener Belastung (EUROPÄISCHE UNION 2000). Da die Angabe von Verödung sehr großen Einfluss auf das Bewertungsergebnis hat, muss sie unter größtmöglicher Sorgfalt erfolgen. **Eine Prüfung auf Verödung muss immer dann erfolgen, wenn zu wenig Pflanzen (Gesamtquantität) für eine gesicherte Bewertung vorliegen (5.1.1).**

Weitgehende Makrophytenverödung einer Untersuchungsstrecke (Komplettverödung)

Auf Komplettverödung eines Transektes muss immer dann geprüft werden, wenn die **Gesamtquantität submerser Arten** (aufsummiert über alle Tiefenstufen) die **Mindestquantität für eine gesicherte Bewertung nicht erreicht**, oder der Anteil von *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphaea spec.*, *Nymphoides peltata* und *Persicaria amphibia* an der Gesamtquantität bei mindestens 80% liegt. Eine Verödung liegt vor, wenn zugleich mindestens eine **Ursache für anthropogene Verödung** gemäß der Tabelle in Anhang 10.4.2.3 vorliegt, die nach gutachterlichem Ermessen als Ursache für den geringen Bewuchs wahrscheinlich erscheint. Hilfreich kann hierbei ein Vergleich mit vergangenen Untersuchungen sein. **Fehlen Makrophyten an zuvor dicht bewachsenen Stellen, deutet dies auf neu aufgetretene Belastungen hin.**

Geringer Makrophytenbewuchs kann auch natürliche Ursachen haben, wie z.B. starke Beschattung durch Bäume oder Berge oder ungünstiges natürliches Substrat. In der Spalte „Makrophytenverödung“ der Tabelle in Anhang 10.4.2.3 wird angegeben, ob die Ursache für das Fehlen eine Verödung (ja) oder eine natürliche geringe bis fehlende Entwicklung (nein) der Teilkomponente bewirkt. Bei natürlichen Gründen für eine geringe oder fehlende Entwicklung submerser Makrophyten liegt keine Verödung vor. Makrophytenverödung ist nur dann mit „ja“ in die Importdatei einzugeben, wenn der geringe oder fehlende Makrophytenbewuchs durch eine Belastung verursacht wird, und nicht auf natürliche Gründe zurückzuführen ist. Die nach fachlicher Beurteilung des Kartierers maßgebliche Belastung ist dann in das Pflichtfeld „Ursache für fehlende Makrophyten“ in

der Importdatei entsprechend der Auswahlliste der Tabelle in Anhang 10.4.2.3 (vorhandener Eintrag „Ja“ in der Spalte „Makrophytenverödung“) anzugeben.

Das Auftreten mehrerer Ursachen ist möglich. Im Blatt Messstellen der Importdatei wird nur die Hauptbelastung angegeben, Mehrfachnennungen sind dort nicht möglich. Wenn keine anthropogenen Gründe für eine geringe Entwicklung oder das Fehlen der submersen Makrophyten benannt werden können, darf keine Eintragung „ja“ in der Spalte Makrophytenverödung erfolgen. Bei Fehlen eindeutig anthropogener Belastungen, durch die die submersen Makrophyten eines Transekts betroffen sind, liegt keine Makrophytenverödung im Sinne dieser Verfahrensanleitung vor. Angaben zu einer evtl. vorliegenden Makrophytenverödung sowie dem wahrscheinlichsten Grund für geringen oder fehlenden Bewuchs sollen bereits bei der Kartierung vor Ort im Feldprotokoll gemacht werden. Auch wenn vor Ort keinerlei Grund erkannt werden kann, sollte das notiert werden. In manchen Fällen lässt sich eine plausible Ursache durch spätere Recherchen ermitteln.

Sind die Voraussetzungen für eine weitgehende Makrophytenverödung eines Transekts erfüllt, werden in der Importdatei folgende Angaben eingetragen:

- Makrophytenverödung: „ja“
- Ursache für fehlende Makrophyten: [gem. Anhang 10.4.2.3; Spalte „Eingabe Phylib-Tool“]
- UMG eindeutig feststellbar: „ja“
- UMG entspricht tiefster Stelle des Transektes: „nein“

Das Tool Phylib Seen 7 bewertet die entsprechenden Transekte gesichert mit ÖZK 5. Die Vegetationsgrenze (Eingabe erfolgt als Zahl mit einer Dezimale in der Einheit Meter [m]) wird für die Berechnung der mittleren UMG automatisch auf „0“ gesetzt. Dieser Wert „0“ wird für das von Makrophytenverödung betroffene Transekt von der Software ebenfalls automatisch in die Ausgabedatei übernommen.

Ist wegen natürlicher Ursachen keine ausreichend dichte Vegetation ausgebildet, kann für das Transekt keine gesicherte Bewertung erfolgen. Die UMG sollte in diesem Fall mit „0“ angegeben werden. Unter UMG eindeutig feststellbar sollte „nein“ eingetragen werden.

Teilverödung

Teilverödung liegt dann vor, wenn nicht die Vegetation des gesamten Transekts beeinträchtigt wird, sondern eine **deutliche Lücke im Bewuchs** in einer oder mehreren Tiefenstufen oberhalb der UMG sichtbar ist und dieser Lücke eine **erkennbare anthropogene Belastung** zugrunde liegt. Als Lücke kann aufgefasst werden, wenn in einer bestimmten Tiefenstufe oberhalb der UMG der Bewuchs deutlich verringert ist, unterhalb der Lücke aber wieder zunimmt. Solche Lücken können durch Fraß, Tritt- oder Wühlschäden entstehen (STELZER et al. 2020) aber auch durch Spundwände und schiffsinduzierte Wellen an Anlegestellen. Lücken aufgrund von natürlichen Ursachen (z.B. anstehender Fels) sind nicht als Teilverödung aufzufassen. Die Abbildungen 3-2 bis 3-5 sollen die Einschätzung von Teilverödung erleichtern. **Ein Ausdünnen der Vegetation zur UMG hin ist als natürlich anzusehen und stellt keine Teilverödung dar** (vgl. 3.3.1.5).

Achtung: Eine verminderte Makrophytengrenze wird nicht als Teilverödung erfasst. Sie geht als eigenes Zusatzkriterium in die Bewertung ein.

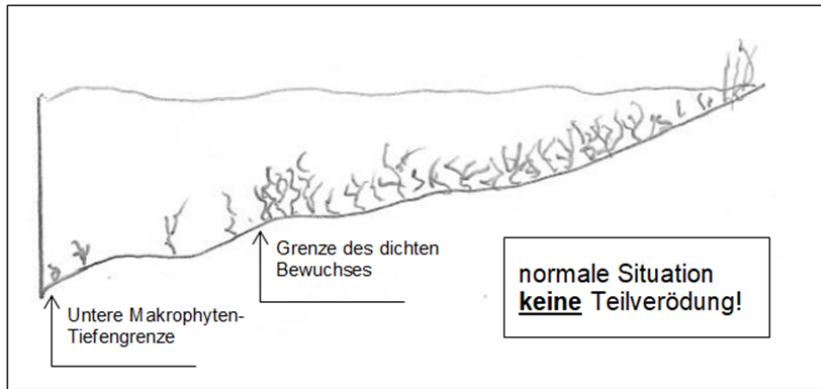


Abbildung 3-2: Veranschaulichung der normalen Situation ohne Teilverödung (vgl., Abbildung 3-1)

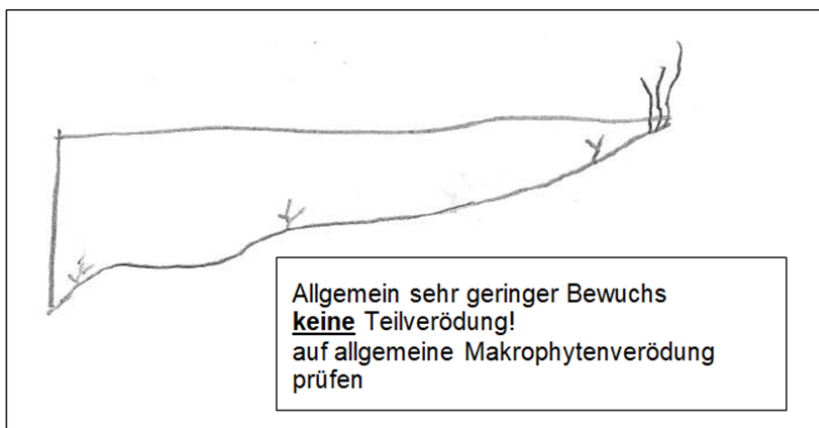


Abbildung 3-3: Veranschaulichung einer Situation mit allgemein geringem Bewuchs (ggf. weitgehende Verödung des gesamten Transekts)

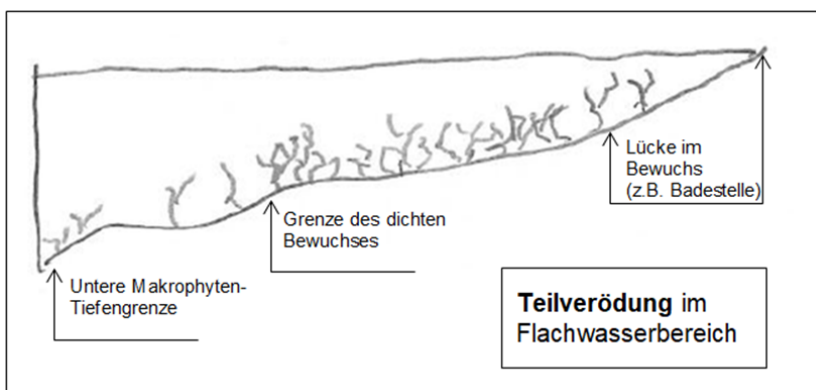


Abbildung 3-4: Veranschaulichung einer Situation mit Teilverödung im Flachwasserbereich

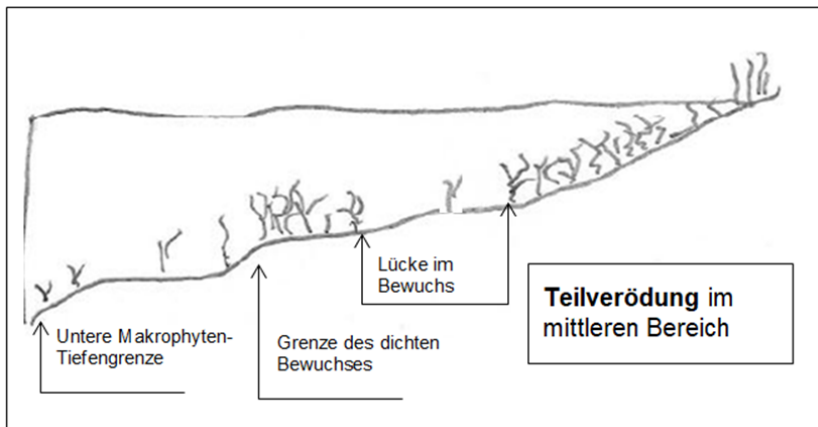


Abbildung 3-5: Veranschaulichung einer Situation mit Teilverödung im mittleren Bereich

Die Tiefenstufen mit geringem bis keinem Bewuchs werden im Feldprotokoll bei der passenden Kategorie „natürlich makrophytenfrei“ oder „verödete Tiefenstufe“ angekreuzt und die wahrscheinlichste Ursache entsprechend der Liste in Anhang 10.4.2.3 angegeben.

Sind die Voraussetzungen für Teilverödung erfüllt, werden in der Importdatei folgende Angaben eingetragen:

- Makrophytenverödung: „nein“
- Ursache für fehlende Makrophyten: [gem. Anhang 10.4.2.3; Spalte „Eingabe Phylib-Tool“]
- Anzahl Tiefenstufen mit Verödung: Zahlenwert von „1“ bis „4“

Angaben zu Wühlschäden, epiphytischen Algen und Fraßschäden können in den dafür angelegten Zusatzspalten der Importdatei zusätzlich erfolgen. Sie werden vom Tool nicht berücksichtigt, ermöglichen jedoch eine standardisierte Ablage wichtiger Informationen, die während der Kartierung gesammelt wurden, zur Übernahme in Datenbanken. Diese Zusatzinformationen können dann nach dem Bewertungsdurchlauf leicht mit den Ergebnissen der Ausgabedatei zusammengeführt werden und die Interpretation der Ergebnisse erleichtern.

Das Tool Phylib Seen 7 bewertet die entsprechenden Transekte bei Teilverödung ebenso gesichert wie bei Verödung aller Tiefenstufen, auch wenn die erforderliche Gesamtquantität im Transekt nicht erreicht wird. Abweichend zur Verödung aller Tiefenstufen geht die Vegetationsgrenze bei Teilverödung aber mit dem eingetragenen Wert in die Berechnung der mittleren UMG ein, soweit die UMG als „eindeutig feststellbar“ angegeben ist. Pro verödeten Tiefenstufe erfolgt eine Abwertung um ca. eine ÖZK. Bei ein bis drei verödeten Tiefenstufen ist das Ergebnis schlechtestenfalls ÖZK 4 (RI= -98), weil angenommen wird, dass vor oder nach den verödeten Bereichen noch Reste einer intakten Vegetation bestehen. Vier verödete Tiefenstufen entsprechen einer Kompletterödung und werden im Tool als solche bewertet (s.o.). Grundsätzlich sollte bei dem weitgehenden Ausfall der Vegetation über die gesamte Transekttiefe nicht Teilverödung in allen Tiefenstufen angegeben werden, sondern „Makrophytenverödung“.

Ist wegen natürlicher Ursachen in einzelnen Tiefenstufen keine ausreichend dichte Vegetation ausgebildet, kann unter Umständen keine gesicherte Bewertung erfolgen.

3.3.2 Besonderheiten bei der Probenahme der Diatomeen

3.3.2.1 Probenahme

Die Probenahme im Seelitoral entspricht weitgehend derjenigen in langsam fließenden Gewässern. Es wird die Besammlung von Hartsubstraten empfohlen, insbesondere von mittelgroßen bis großen Steinen. Dazu werden mindestens fünf, so weit wie möglich über den Uferabschnitt verteilte und unter normalen hydrologischen Bedingungen keiner Umlagerung unterworfenen Steine vorsichtig in ihrer ursprünglichen Lage entnommen. Der Aufwuchs der Steinoberseite wird mit einer Zahnbürste, einem Teelöffel, Spatel oder ähnlichem Gerät abgekratzt und in ein beschriftetes Weithalsprobengefäß (siehe Absatz „Beschriftung des Probengefäßes“, Seite 23) überführt. Aufgrund der potenziell hohen Gefahr der Verunreinigung sind die Zahnbürsten nur einmalig zu verwenden oder zwischen zwei Proben gründlich in einem Ultraschallbad zu reinigen. Generell ist darauf zu achten, dass die Probenahme auf vom Wellenschlag unbeeinflussten Bodensubstraten erfolgt und nicht innerhalb dichter Makrophytenbestände, die den Kontakt der beprobten Bodenzone zum Freiwasser reduzieren und damit limnochemisch eigenständige Mikrohabitate bilden können, die keine direkten Rückschlüsse auf den ökologischen Zustand des Seewasserkörpers als Ganzes gestatten. Der beprobte Bereich sollte eine Tiefe von mindestens 30 cm aufweisen, Bereiche größerer Tiefe, ab ca. 1 m, sollten wenn möglich vermieden werden. Seespiegelschwankungen sind bei der Terminierung der Probenahme zu berücksichtigen. Ist ausschließlich Sand oder Weichsediment vorhanden, werden die obersten Millimeter mit einem Löffel vorsichtig abgehoben. Grundsätzlich gilt, dass das standorttypische Bodensubstrat in repräsentativen Anteilen beprobt wird. Auf ungestörte Verhältnisse muss auch hier geachtet werden. Die Bewuchsdichte kann in den verschiedenen Gewässertypen sehr unterschiedlich sein, stellenweise ist ein Bewuchs makroskopisch nicht erkennbar, kann aber durch Betasten der Substratoberfläche erfühlt werden. In jedem Fall muss eine relativ große Menge entnommen werden – nach Absetzen im Probenbehältnis sollten mindestens 5 ml Diatomeensediment vorliegen. Die Fixierung der Proben erfolgt durch Ethanol. Die Probenahme wird auf dem Feldprotokoll dokumentiert (siehe Anhang 10.1). Hilfreich kann auch eine fotografische Dokumentation der exakten Probestelle sowie, insbesondere bei der Beprobung von Weichsedimenten, der beprobten Diatomeenassoziationen sein.

Beprobung von Weichsedimenten

Eine besondere Problematik für die Probenahme entfalteten Gewässer mit einem Sediment, das natürlicherweise überwiegend aus Weichsubstrat oder Sand besteht. Die Beprobung ist schwierig, Ersatzsubstrate wie z.B. Totholz oder Schilfhalme können in der Besiedlungsstruktur Abweichungen von der Besiedelung von Bodensubstrat aufweisen. Ein Vorschlag für eine alternative Vorgehensweise bei der Beprobung von Weichsubstraten wurde von Jörg Schönfelder (BB) in Zusammenarbeit mit Teilnehmern des Diatomeenworkshops 2010 in Berlin erarbeitet (siehe SCHAUMBURG et al. 2011b, Kapitel 4.2). Die wesentlichen Punkte der Methoden werden hier vorgestellt.

- **Besammlung mit der Hand**

Gut entwickelte Diatomeenassoziationen auf Sand fallen durch ihre braune Pigmentierung (z.B. *Geissleria* spp. oder *Gomphonema* spp.) oder durch ihre puddingartige (z. B. *Ctenophora pulchella*), leicht kohäsive (*Mastogloia* spp.) bis locker flockige (kohäsionslose)

aber dann zumeist stark voluminöse Struktur (*Pseudostaurosira brevistriata*, *Staurosira construens*) auf. Diese gut entwickelten epipsammischen Assoziationen sind am besten mit einer scherenartigen Schließbewegung von Mittelfinger und Ringfinger der horizontal auf das Substrat gleitenden Hand auf die Handfläche zu bringen, mit der Hand aus dem Flachwasser zu entnehmen und in das Probengefäß zu überführen.

Zur Beprobung epipsammischer Diatomeen kann ein Löffel o.ä. verwendet werden, sofern damit ein ausreichender Materialumfang (mindestens 5 ml sandfreier Feinschlamm nach einem Absetzvorgang von 10 Minuten) gewährleistet wird. Bei Einsatz von Werkzeugen ist deshalb ggf. die Zahl der Teilproben zu vervielfachen.

Die Methode eignet sich bei Beprobung in Wassertiefen bis ca. 1 m (abhängig von der Körpergröße und der Armlänge des Probenehmenden).

- **Beprobung mit Saugvorrichtungen**

Für die Entnahme von Aufwuchsdiatomeen vom Sediment eignen sich ebenfalls Saug- oder Pumpsysteme. Mit einer großen Spritze (Infusionsspritze), auf die bei Bedarf auch noch ein Schlauch aufgesetzt werden kann, können die Diatomeen von der Sedimentoberfläche abgesaugt werden, ohne tiefere Sedimentschichten aufzuwirbeln. Mit der Verlängerung durch einen Schlauch können bei guten Bedingungen so Tiefen von 50-100 cm beprobt werden. In Süddeutschland wurden zur Beprobung von epipsammischen Diatomeengesellschaften Handsaugpumpen mit zwischengeschalteter Filterkammer mit Erfolg eingesetzt.

- **Beprobung mit Sedimentstechrohr**

An Uferstellen, an denen eine Beprobung in Tiefen über ca. 1 m durchgeführt werden muss, z.B. vor einem geschlossenen Röhrichtbestand, empfiehlt sich die Verwendung eines Bootes und eines Sedimentstechrohres. Von dem gewonnenen Substrat werden die obersten Millimeter benötigt. Ideal hierfür ist die Verwendung einer Saugvorrichtung, wie oben beschrieben.

Beprobung von Röhricht

An allen Messstellen, die folgende Voraussetzungen erfüllen, sollte zur Sicherheit eine Aufwuchsprobe von vorjährigen Röhrichthalmen entnommen werden:

- keine erfolgreiche Beprobung des Bodensubstrats möglich
- nach einer eingeschränkt erfolgreichen Probenahme ist es unwahrscheinlich bzw. unsicher, ob die Diatomeenprobe vom Bodensubstrat eine gesicherte Bewertung ermöglicht
- an der Freiwasser-Röhricht-Kontaktzone sind auf vorjährigen Röhrichthalmen ausgereift wirkende (voluminöse) Diatomeenassoziationen vorhanden
- die Bewertung der Uferstelle ist für die Bewertung des OWK von besonderem Interesse.

An solchen Uferstellen sind ca. 8 – 12 senkrecht stehende, abgestorbene Röhrichthalme des Vorjahres mit ausgereiften Diatomeenassoziationen gezielt auszuwählen, ca. 30 cm unterhalb des Wasserspiegels abzuschneiden und in 1-Liter-Gefrierbeutel zu überführen. Es sollte darauf geachtet werden, keine durch Schwämme oder Moostierchen besiedelten Halme zu beproben. Im Gefrierbeutel werden die Halme gegeneinander abgerieben. Der halbflüssige Brei mit den

Aufwuchsdiatomeen wird im Probengefäß mit Ethanol konserviert. Die Reste der Röhrichthalme werden verworfen.

Eine Beprobung von vorjährigen Röhrichthalmen bzw. die Einbeziehung solcher Röhrichtproben in die Bewertung des Seewasserkörpers sollte, bis genauere Ergebnisse vorliegen, nur dann erfolgen, wenn nach dem Aufschluss oder der mikroskopischen Analyse festgestellt wird, dass die Probe von Bodensubstrat für die betreffende Messstelle keine gesicherte Bewertung nach dem Referenzartenmodul von Phylib zulässt oder wenn keine Möglichkeit zur Beprobung des Bodensubstrates besteht.

Das Material, das für die Probenahme benötigt wird, ist im Anhang 10.4.3.1 aufgelistet.

Beschriftung des Probengefäßes:

Das Probengefäß mit dem Diatomeensediment muss mindestens mit folgenden Informationen beschriftet werden:

- Codierung (eindeutige Kennung, die den Bezug zu allen Begleitinformationen sowie der präparierten Probe herstellt)
- Gewässer (eindeutige Kennung)
- Probestelle / Transekt (eindeutige Kennung)
- beprobtes Substrat
- Datum der Probenahme
- ProbenehmerIn

3.4 Aufbereitung der Proben zur mikroskopischen Auswertung der Diatomeen

3.4.1 Präparation der Diatomeensuspension

Alle Materialien, die zur Präparation den Suspensionen und zum Erstellen der Dauerpräparate benötigt werden, sind im Anhang 10.4.3.3 aufgelistet.

Säurebehandlung

Die beschriebenen Kochvorgänge sind unter einem leistungsfähigen säurebeständigen Abzug mit der gebotenen Vorsicht unter Einhaltung der Arbeitsschutzmaßnahmen durchzuführen. Schutzkleidung und Augenschutz sind obligatorisch.

Die Bestimmung der Diatomeen auf Art- und – falls mehrere Varietäten einer Art im Untersuchungsgebiet vorkommen – auf Varietätsniveau erfolgt anhand der Strukturen des Kieselsäureskeletts und setzt die Herstellung von Dauerpräparaten voraus. Insbesondere kleinschalige Arten können nur im gereinigten Präparat nach Entfernen der organischen Zellbestandteile und weiterer, störender organischer Komponenten den Taxa der Bundestaxaliste sicher zugeordnet werden. Zur Aufbereitung des Probenmaterials existieren verschiedene Verfahren, die je nach Beschaffenheit des Probenmaterials unterschiedlich geeignet sind. Eine Darstellung der häufigsten Aufbereitungstechniken findet

sich in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986). Zur Aufbereitung von Aufwuchsproben von Bodensubstraten (Steine, Kies, Schlamm), die einen hohen Anteil von organischem, nicht-diatomeenhaltigem Material enthalten können, bietet sich die Oxidation durch starke Säuren an, wobei die Aufbereitung in Schwefelsäure empfohlen wird.

Von jeder Probe wird ein Teil als Rückstellprobe zurückbehalten. Dazu ist es sinnvoll, die ganze Probenmenge durch Schütteln zu durchmischen und beim Überführen des Materials in ein Becherglas einen Rest (Rückstellprobe) im beschrifteten Gefäß übrig zu behalten.

Behandlung mit Salzsäure

Die Probe wird zunächst in Salzsäure gekocht, um die Bildung von Gips bei der sich anschließenden Behandlung mit Schwefelsäure auszuschließen. Bei einem hohen Wasseranteil lässt man die Proben zunächst 24 Stunden absetzen und dekantiert dann vorsichtig ab. Alternativ können die Proben bis auf eine geringe Wassermenge eingedampft werden. Anschließend wird die verbleibende Probenmenge durch Schütteln durchmischt und etwa 20 ml des Materials in einem beschrifteten Becherglas mit einem Fassungsvermögen von mindestens 100 ml mit 20 bis 40 ml verdünnter Salzsäure (25%) versetzt. Ist die Probe stark kalkhaltig, muss die Salzsäure vor dem Erhitzen mehrfach, in zunächst geringen Mengen zugegeben werden, da es zu einer starken Schaumentwicklung kommt. Durch 30-minütiges Kochen der mit einem Siedestäbchen bestückten und einem Uhrglas abgedeckten Probe werden anschließend die Karbonate gelöst, die Stielchen und Gallerten der Diatomeen aufgelöst und die Schalen vom Substrat getrennt. Weist die Probe einen hohen Sandanteil auf, muss mit starken Bewegungen des Becherglases gerechnet werden. Dabei wird es oftmals nötig, die Position des Becherglases auf der Heizplatte zu korrigieren. Verwendet wird hierzu eine Becherglaszange, wobei durch gründliches Abspülen der Zange in oder unter Leitungswasser Materialverschleppungen zwischen verschiedenen Proben verhindert werden. Ebenso sind die Siedestäbchen zwischen verschiedenen Kochvorgängen sorgfältig zu reinigen.

Nach dem Kochen lässt man die Probe erkalten, siebt anschließend – soweit vorhanden – die groben Reste mithilfe eines kleinen Küchensiebes ab und füllt das Becherglas mit Leitungswasser auf. Um evtl. vorhandenen Sand, Kies oder kleinere Steine so weit wie möglich zu entfernen, wird die Lösung stark aufgerührt und der diatomeenhaltige Überstand nach einer etwa einminütigen Sedimentationszeit vorsichtig abdekantiert. Die Probe wird im Folgenden mehrmals vorsichtig auf etwa ein Drittel des Volumens abdekantiert und mit Leitungswasser gewaschen. Bewährt hat sich vierfaches Waschen und Abdekantieren, wobei die Sedimentationszeit zwischen den Waschvorgängen 24 Stunden nicht unterschreiten sollte. Alternativ kann die Probe zwischen den Waschvorgängen in einer Tischzentrifuge etwa 10 Minuten lang bei maximal 2000 Umdrehungen pro Minute (Upm) abzentrifugiert und der Überstand auf etwa ein Drittel abdekantiert oder mit einer Wasserstrahlpumpe entfernt werden. Diese Vorgehensweise erlaubt eine schnelle Aufbereitung, ist aber letztlich arbeitsintensiver und birgt die Gefahr, langschalige Diatomeen zu zerbrechen.

Behandlung mit Schwefelsäure

Die Probe wird durch Abdekantieren auf einen geringen Wasseranteil eingengt, mit rund 20 -30 ml konzentrierter Schwefelsäure versetzt und zum Kochen gebracht. In Abständen von etwa 20 Minuten wird mit einem Spatel eine Prise Kaliumnitrat zugegeben bis sich die Probe entfärbt oder eine schwach gelbliche Farbe annimmt. Bei geringen Mengen organischer Bestandteile sind bereits

wenige Zugaben von Kaliumnitrat ausreichend, enthält die Probe jedoch große Mengen, kann der Kochvorgang bis zu acht Stunden dauern. Nach dem Farbumschlag ist die Probe weitere 20 Minuten auf der Heizplatte zu belassen. Nach dem Abkühlen der Probe und dem Absetzen der Diatomeen bilden diese einen weißen bis gräulichen Bodensatz. Anschließend werden die Proben gewaschen, bis der Neutralpunkt (Indikatorpapier!) erreicht ist. Beim ersten Wässern der Probe nach dem Kochvorgang ist mit großer Vorsicht vorzugehen, da es zu heftigen Reaktionen kommen kann. Erfahrungsgemäß ist ein etwa achtmaliges Waschen erforderlich, wobei die Sedimentationszeit zwischen den Waschvorgängen 24 Stunden nicht unterschreiten sollte. Das letzte Wässern der Probe sollte mit destilliertem Wasser erfolgen. Die gereinigte Probe wird durch Schütteln des Becherglases durchmischt und in ein beschriftetes Schraubdeckelgläschen mit Dichtung überführt. Die Schraubdeckelgläschen sind zur Dokumentation in einem Lagerraum zu verwahren.

Beschriftung des Schraubdeckelglases:

Die Schraubdeckelgläschen mit der präparierten Diatomeensuspension muss mindestens mit folgenden Informationen beschriftet werden:

- Codierung (eindeutige Kennung, die den Bezug zu allen Begleitinformationen sowie zum Dauerpräparat herstellt)
- Gewässer (eindeutige Kennung)
- Probestelle / Transekt (eindeutige Kennung)
- beprobtes Substrat
- Datum der Probenahme
- präparierendes Labor / BearbeiterIn

3.4.2 Herstellen von Dauerpräparaten

Die Deckgläschen sind vor dem Beschicken mit der Diatomeensuspension zu reinigen. Bewährt hat sich ein kurzes Eintauchen in eine stark spülmittelhaltige Lösung um Fettreste zu entfernen und die Oberflächenspannung zu vermindern. Die im Schraubdeckelglas enthaltene Suspension wird anschließend durch Schütteln durchmischt, unmittelbar anschließend wird eine geringe Menge mit einer sauberen Pipette entnommen und auf ein Deckgläschen aufgetropft. Um Konvektionen zu vermindern, ist der Tropfen möglichst flach zu halten. Bei stark konzentrierten Suspensionen ist es oftmals erforderlich, diese in einem Uhrgläschen mit destilliertem Wasser zu verdünnen. Der Grad der Verdünnung richtet sich nach der gewünschten Dichte der Schalen im Präparat und ist abhängig von der Menge der verbliebenen anorganischen Komponenten. Probleme ergeben sich häufig durch hohe Gehalte aus der Probe nicht entfernbare mineralischer Bestandteile (Schluff- und Tonpartikel), die im Schraubdeckelglas optisch von den Diatomeen nicht zu unterscheiden sind. Es ist daher ratsam, unterschiedlich verdünnte Präparate anzufertigen.

Die optimale Schalendichte liegt vor, wenn nach Durchmusterung eines oder mehrerer, ganzer Transektstreifen bei 1000facher Vergrößerung die erforderliche Anzahl von 500 Schalen (siehe unten) erreicht ist. Dies begründet sich durch eine durch Konvektion im Tropfen auf dem Deckglas hervorgerufene teilweise Entmischung der Diatomeenschalen. So können bei starken Konvektionsströmen kleinschalige, leichte Formen in der Deckglasmitte konzentriert sein, wohingegen sich die

großen, schweren Schalen überproportional häufig in den Randbezirken finden. Diesem Phänomen wird durch Zählung ganzer Transekte entgegengetreten.

Um Kontaminationen zu vermeiden, ist streng darauf zu achten, die verwendeten Pipetten zwischen der Behandlung verschiedener Proben unter fließendem Wasser zu reinigen.

Ist das Diatomeen-Material über Nacht luftgetrocknet, wird ein beschrifteter, fettfreier Objektträger mit einem Tropfen Naphrax^{2,3} versehen und das Deckglas mit der beschickten Seite nach unten mit einer Pinzette vorsichtig aufgelegt. Um das Lösungsmittel auszutreiben, wird das Präparat anschließend über einem Bunsenbrenner bei kleiner Flamme erhitzt, bis es etwa fünf Sekunden lang Blasen wirft, und sofort erschütterungsfrei auf einer glatten, kalten Oberfläche gelagert, bis es abgekühlt ist. Naphrax enthält das gesundheitsgefährdende Lösungsmittel Toluol, das beim Erhitzen entweicht, und darf daher nur mit großer Vorsicht gehandhabt werden. Das Austreiben des Toluols kann alternativ auf einer Heizplatte erfolgen. Mithilfe einer Pinzette ist anschließend zu überprüfen, ob das Deckglas fest mit dem Objektträger verbunden ist. Gegebenenfalls muss der Vorgang wiederholt werden.

Es empfiehlt sich, frisch hergestellte Naphraxpräparate offen noch für ein bis zwei Tage in einem gut gelüfteten Raum zu lagern, um am Mikroskop und im Labor Restbelastungen durch Toluoldämpfe zu vermeiden. Das Präparat härtet dabei weiter aus. Vollständig ausgehärtet kann es unter dem Lichtmikroskop ausgewertet werden und ist bei entsprechender Lagerung über Jahrzehnte hinweg haltbar. Von großer Wichtigkeit ist die Anlage einer Belegsammlung mit detaillierter Beschriftung der Objektträger mit Angabe des Gewässers, der Lage der Stelle (falls vorhanden mit Rechts- und Hochwerten), des beprobten Substrats, des Datums sowie gegebenenfalls mit Codierungen, die den Bezug zu anderen Informationsquellen herstellen.

Nach Herstellung der Dauerpräparate wird die im Schraubdeckelglas verbliebene Diatomeensuspension durch Zugabe von Ethanol konserviert.

Beschriftung des Objektträgers:

Die Objektträger müssen mindestens mit folgenden Informationen beschriftet werden:

- Codierung (eindeutige Kennung, die den Bezug zu allen Begleitinformationen sowie der präparierten Probe herstellt)
- Gewässer (eindeutige Kennung)
- Probestelle / Transekt (eindeutige Kennung)
- Datum der Probenahme
- taxonomische Bearbeiterin / taxonomischer Bearbeiter

² Naphrax kann über das Internet unter <http://www.brunelmicroscopes.co.uk> bezogen werden und wird vom englischen Hersteller ohne Zugabe von Toluol verschickt. Zur Verwendung muß nach Anleitung des Herstellers Toluol zugesetzt werden, wodurch eine dünnflüssige Konsistenz entsteht. Bei häufigem Gebrauch und/oder unzureichendem Verschluß wird Naphrax zähflüssig und muß durch erneute Zugabe von Toluol verdünnt werden.

³ Eine Bezugsquelle für Naphrax in Deutschland ist Biologie-Bedarf Thorns: <https://www.biologie-bedarf.de/>

3.5 Bestimmung, mikroskopische Analyse und Dokumentation

3.5.1 Makrophyten

Die Determination der Arten erfolgt soweit möglich vor Ort. Ist das nicht möglich, werden Pflanzenproben entnommen und später im Labor unter einer Stereolupe, einem Stereomikroskop oder einem Durchlichtmikroskop bestimmt.

Im Folgenden wird eine Auswahl der empfehlenswerten Bestimmungsliteratur für Makrophyten und Moose aufgeführt. Eine Liste der benötigten Materialien und die vollständigen Zitate befinden sich im Anhang 10.4.2.5

zusammenfassende Werke

- VAN DE WEYER & SCHMIDT (2018)
- SCHOU et al. (2023)

Bestimmungsliteratur Makrophyten

- AG CHARACEEN DEUTSCHLANDS (2016)
- CASPER & KRAUSCH (1980, 1981)
- KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD (1990)
- KRAUSCH (1996)
- OBERDORFER (1994)
- ROTHMALER (2016, 2017a, 2017b)
- SCHMEIL et al. (2009)
- SCHUBERT et al. (2024)
- VAN DE WEYER (2020)

3.5.1.1 Qualitätssicherung: Konservierung

Zur Dokumentation und Qualitätssicherung sollte von gefundenen Arten kritischer Sippen (z.B. Characeen und Moose sowie der Gattungen *Potamogeton* und *Ranunculus*) pro Gewässer mindestens ein Belegexemplar als Herbarbeleg (DIN A3- oder A4-Format) aufbewahrt werden.

Gefäßpflanzen und Armleuchteralgen

Pflanzen, die außerhalb des Wassers nicht zusammenfallen, werden zunächst von anhaftenden Substanzen (z.B. Erde) befreit. Anschließend legt man die Pflanzen auf einen Einlegebogen (z.B. Zeitung-Doppelseite). Die Blüten, Blätter etc. werden ausgebreitet. Überstehende Teile werden umgeknickt. Die Pflanzen werden danach incl. Beschriftung (s.u.) in eine Pflanzenpresse eingelegt. Je nach Wasseranteil kann es erforderlich sein, das Einlegepapier zwischenzeitlich zu wechseln. Die trockenen Pflanzen werden auf stabilen Zeichenkarton mit weißen gummierten Papierstreifen aufgeklebt. Auf einen Bogen werden immer nur Pflanzen einer Sippe und eines Fundortes aufgeklebt. Zur Beschriftung eignen sich Etiketten, die mindestens die Angaben aus Anhang 10.4.2.4 enthalten.

Pflanzen, die außerhalb des Wassers zusammenfallen (pinseln), werden in ein mit Wasser gefülltes Becken gelegt. Die Proben werden ggf. gesäubert. Unter die Pflanzen wird ein weißes Papier geschoben. Nach vorsichtigem Ablassen des Wassers wird das Papier mit den Pflanzen aus dem Becken gehoben, ggf. präpariert und dann ein zweites weißes Papier auf die Probe gelegt. Danach wird die Probe mit den beiden weißen Blättern zwischen Zeitungspapier gepresst. Als Alternative zu weißem Papier hat sich auch Backpapier bewährt, von dem sich die getrockneten Pflanzen gut ablösen lassen.

Moose

Zur Aufbewahrung legt man die getrockneten, aber höchstens schwach gepressten Moospflanzen in Papiertüten bzw. -umschläge, die man sich selbst leicht aus einem DIN-A4-Blatt falten kann. Alternativ können die Proben auch in käuflichen Briefumschlägen aufbewahrt werden. Da sich die für die Bestimmung von Lebermoosen oft so wichtigen Ölkörper bei manchen Arten selbst bei behutsamer Trocknung in kurzer Zeit auflösen, sollte man die Ölkörpermerkmale möglichst sofort am frischen Material feststellen und auf der Moostüte notieren, damit die Informationen bei einer späteren Nachbestimmung verfügbar sind.

3.5.2 Diatomeen

Um repräsentative Verteilungen zu erhalten, werden im Streupräparat bei 1000- bis 1200-facher Vergrößerung mindestens 500 Diatomeenobjekte auf Artniveau bestimmt, teilweise ist die Differenzierung von Varietäten erforderlich (s. unten). Bei der Zählung sind sowohl die in Schalenansicht liegenden Arten als auch die Gürtelbänder zu erfassen. Da bei in Schalenansicht liegenden Vertretern der *Naviculaceae* oftmals nicht sicher erkennbar ist, ob es sich um einzelne Schalen oder um gesamte Frusteln handelt, wird bei der Zählung grundsätzlich nicht zwischen Einzel- und Doppelschalen unterschieden, sondern es werden Objekte erfasst. Frusteln, deren Schalen bei der Präparation nicht getrennt wurden, gehen folglich als nur ein Objekt in die Zählung ein. Nicht bestimm- bare Gürtelbänder sind auf Gattungsniveau zuzuordnen, falls möglich zu gruppieren und in Größenklassen zu trennen. Liegen Gürtelbandketten vor, wird die Anzahl der an der Kette beteiligten Zellen erfasst. Nach Abschluss der Zählung werden diese nach dem prozentualen Verhältnis der in Frage kommenden determinierten Arten auf diese verteilt. Bruchstücke werden nur dann berücksichtigt, wenn ihre Größe die Hälfte der Schalenfläche übersteigt. Anschließend wird das Präparat nach bisher nicht erfassten Taxa durchmustert. Dieser Schritt dient v. a. der Absicherung des Teilmoduls „Referenzartenquotient“ (siehe Kapitel 5.2.3). Der zeitliche Orientierungswert für diese anschließende Durchmusterung beträgt 30 Minuten. Die Erfassung der Häufigkeiten erfolgt in der Importdatei im Blatt „Messwerte“ in der Spalte „Messwert“ in der Einheit „%“. Dazu sind für alle Taxa einer Probe ihre prozentualen Anteile an der erfassten Gesamtzahl der in der Probe bestimmten Objekte der benthischen oder benthisch/planktischen Taxa zu berechnen. Taxa, die bei der nachträglichen Durchmusterung gefunden wurden, werden mit dem Wert (Häufigkeit) „0“ aufgeführt. Artenlisten einer Probe dürfen nur diejenigen Taxa enthalten, die in der Probe nachgewiesen wurden. Nicht nachgewiesene Taxa dürfen nicht mit der Häufigkeit „0“ erfasst werden. Die Zähl- daten sind mit Angabe der DV-Nummern aus der Bundestaxaliste BTL nach SCHILLING (2020, Stand

05/2020 mit Addendum 03/2024) als Excel- oder Access-Dateien bzw. in spezifischen Datenbanken zu dokumentieren.

Bei der Zählung werden ausschließlich benthische sowie benthisch/planktische Taxa erfasst. Ausschließlich planktisch lebende Formen werden nicht berücksichtigt. Da verlässliche Literaturangaben zur Lebensweise der centriscen Taxa nicht durchgängig vorhanden und zum Teil widersprüchlich sind, werden mit Ausnahme von *Melosira varians* Centrales bei der Zählung nicht erfasst. Gleiches gilt für pennate Taxa mit obligatorisch planktischer Lebensweise.

Um die Vergleichbarkeit der Zähl- und Bewertungsergebnisse verschiedener Bearbeiterinnen und Bearbeiter zu gewährleisten, wurde eine Ausschlussliste der bei der mikroskopischen Auswertung nicht zu berücksichtigenden planktischen pennaten Diatomeentaxa erstellt. Sie kann auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden. Der Vollständigkeit halber werden in der Ausschlussliste auch planktische Arten der Meere und des Brackwassers mit angegeben. Bei der Berechnung mit der Phylib-Bewertungssoftware werden Proben mit einem Anteil planktischer Taxa >5% aus der Bewertung ausgeschlossen. Die Miterfassung von Centrales würde dazu führen, dass sich die Abundanzwerte für die benthischen Taxa ändern. Das kann sich auch auf die Bewertung eines Transektes auswirken und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse unterschiedlicher Bearbeiterinnen und Bearbeiter vermindern.

Für eine gesicherte Bewertung unabdingbar ist eine ausreichende Bestimmungstiefe. Ist eine Art in einer Ökoregion in mehreren Unterarten oder Varietäten vertreten, kann die notwendige Bestimmungstiefe über die Stufe „Art“ hinausgehen, und es sollten dann nach Möglichkeit die Zugehörigkeiten der Objekte einer Art zu den Varietäten und Unterarten ermittelt werden. Die anzustrebende Bestimmungstiefe richtet sich danach, ob infraspezifische Taxa im aktuellen Phylib-Verfahren unterschiedliche Indikatorwerte zugeordnet bekommen haben und ob das diesen infraspezifischen Taxa übergeordnete Taxon (die Art, binär nur mit Gattungs- und Artnamen benannt) eventuell auch ökologische Indikatorwerte zugeordnet bekommen hat, welche dann die ökologische Bewertung hinreichend stützen würden. Die Indikatorwerte der Taxa können im Einzelfall den Indikationslisten entnommen werden. Die in der aktuellen Phylib-Software hinterlegte Taxaliste der Diatomeen inkl. aller Synonyme und ihrer ökologischen Einstufungen kann auf <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden.

Als Standard-Bestimmungsliteratur dient der Bestimmungsschlüssel von HOFMANN et al. (2011), wobei die darin enthaltenen Hinweise auf die Nichtdifferenzierung infraspezifischer Taxa durch die Bestimmerin oder den Bestimmer in eigener Verantwortung auf Aktualität anhand der ökologischen Einstufungen der aktuellen Taxaliste überprüft werden sollten. Ergänzend sollte die weiterführende Literatur herangezogen werden. Wichtige Werke sind:

- CANTONATI et al. (2017)
- KRAMMER (2000, 2002, 2003)
- KRAMMER (1997 a & b)
- KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986-1991, 2004)
- LANGE-BERTALOT & METZELTIN (1996)
- LANGE-BERTALOT & MOSER (1994)
- LANGE-BERTALOT (1993, 2001)

- LEVKOV (2009)
- REICHARDT (1999)
- WERUM et al. (2024)
- sowie die weiteren Bände der Reihe „Diatoms of Europe“.

In potenziell salzbeeinflussten Seen des Norddeutschen Tieflandes muss zusätzlich die Arbeit von WITKOWSKI & LANGE-BERTALOT (2000) verwendet werden.

Taxa, die nicht in der oben erwähnten Taxaliste der jeweils aktuellen Phylib-Software hinterlegt sind, müssen durch die Bearbeiterin oder den Bearbeiter wenn möglich anhand der „wichtigen Werke“ auf dem Niveau einer in den Jahren 1986 – 2012 für dieses Taxon gebräuchlichen Bezeichnung erfasst und vorzugsweise anhand der Eintragung der zugehörigen DV-Nr. in der Spalte „Taxon“ in die Online-Anwendung importiert werden.

3.5.2.1 Kriterien der Nichtauswertbarkeit und Nichtbewertbarkeit

Die Kieselalgen sind, soweit möglich, bis auf das taxonomische Niveau zu bestimmen, für das in den Indikatorlisten Einstufungen vorgegeben sind. Proben können zur Bewertung nicht herangezogen werden, wenn der Anteil nur bis zur Gattung codierbarer, objektiv nur bis zur Gattung bestimmbarer oder aus subjektiven Gründen nur bis zur Gattung bestimmter und/oder nicht eindeutig bestimmbarer oder bestimmter Formen (in der Importdatei zu erfassen in der Spalte „cf“ mit dem Wert 1) eine Summe von 5 % überschreitet. Die ökologischen Präferenzen der Taxa unterscheiden sich zumeist auf Artebene, z.T. aber auch auf Unterart- oder Varietätenebene. Gattungen oder Sammelgruppen können daher nicht mit Indikatorwerten versehen werden. Bei einem Anteil > 5 % von Individuen, die nicht bis auf eine taxonomisch und ökologisch ausreichende Ebene bestimmt wurden oder etwa nur deshalb auf Gattungsniveau eingegeben werden mussten, weil die Taxa in der BTL (SCHILLING 2020, Stand 05/2020) fehlen, ist von einer Verfälschung des Bewertungsergebnisses auszugehen.

Sind auch nach maximaler Einengung des Probenmaterials nur sehr geringe Diatomeenmengen enthalten, deutet dies auf Fehler bei der Probenahme oder auf eine schlechte Wahl des Probenahmezeitpunktes hin (siehe Kapitel 3.2). Als Kriterium der Auswertbarkeit wird eine Mindestzahl von 50 Objekten in einem Transekt bei 1000facher Vergrößerung und einem Deckglasdurchmesser von 18 mm vorgeschlagen. Bei zu vermutender Nichtauswertbarkeit ist die Diatomeendichte durch Testzählung eines Transektstreifens zu ermitteln. Nach Erfahrungswerten kann auch bei sorgfältiger Vorgehensweise der Anteil nicht auswertbarer Proben bis zu 3 % betragen.

Ein weiteres Ausschlusskriterium stellt eine hohe Zahl aerophiler Diatomeen in der Probe dar, die sich insbesondere bei steigenden Abflüssen durch Beprobung erst kürzlich überfluteter Bereiche ergeben kann. Übersteigt der Anteil aerophiler Taxa den Wert von 5 %, muss von einem starken aerischen Einfluss ausgegangen werden, der die Bewertung überlagert, zumindest aber stark beeinflusst. Eine Liste der betreffenden Taxa kann auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-be-rechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden.

3.6 Eingabe in das DV-Tool

Die Eingabe der Untersuchungsdaten erfolgt in Phylib Seen 7 ähnlich wie in Phylib 5.3.0 über eine Excel-Mappe mit zwei Tabellenblättern. Beispieldateien für den Datenimport stehen auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> bereit. Für einen reibungslosen Datenimport, müssen die folgenden Spaltenüberschriften im Blatt Messstellen enthalten sein:

- OWK (Identifikation)
- Messstelle (Identifikation)
- Probe (Identifikation)
- Gewässerart (natürlich, künstlich, HMWB)
- Diatomeentyp
- Makrophytentyp
- WRRL-Typ
- Makrophytenverödung
- Ursache für fehlende Makrophyten (ehem. Begründung der Verödung)
- Vegetationsgrenze
- UMG eindeutig feststellbar (ehem. Vegetationsgrenze plausibel)
- UMG entspricht tiefster Stelle des Transektes
- Wasserstandsschwankungen
- maximale Seetiefe
- Anzahl Tiefenstufen mit Verödung
- natürlich makrophytenarme Tiefenstufen
- epiphytische Algen
- Wühlschäden
- Fraßschäden

Die Reihenfolge der Spalten ist für die Bewertung unerheblich. Weitere fakultative Felder können unterstützend für die Datenführung genutzt werden, siehe hierzu die technische Dokumentation.

Für die Eingabe der Makrophytendaten sind die Erläuterungen zu Makrophytenverödung sowie zur korrekten Feststellung der UMG (Kapitel 3.3.1.7 und 3.3.1.5) zu beachten, da diese Parameter großen Einfluss auf die Bewertung haben und diese um mehrere Zustandsklassen verändern können.

Das zweite Tabellenblatt enthält alle Informationen zu den Messwerten. Hier müssen folgende Pflichtfelder beachtet werden:

- Messstelle
- Probe
- Taxon
- Form (nur bei Makrophyten*)
- Einheit
- Messwert

- cf (nur bei Bedarf im Falle einer oder mehrerer unsicherer Bestimmungen)

Weitere mögliche Angaben und Spezifikationen sind der Technischen Dokumentation zu Phylib-FG zu entnehmen. Eine Vorlage für die Eingabetabellen steht auf der Erläuterungsseite der Berechnungssoftware zum Download bereit.

***Für die Teilkomponente „Makrophyten“ sollten Taxa an einer Probestelle nicht gleichzeitig mit der Wuchsform „S“ (submers) und „F-SB“ (flutend - Schwimmblatt) eingelesen werden sondern die Gesamtpflanzenmenge aus beiden Formen. Lediglich emers wachsende Taxa werden separat eingegeben. Phylib Seen 7 bewertet submerse und flutende Erscheinungsformen gleichwertig, behandelt jedoch Eingaben derselben Art mit verschiedenen Wuchsformen wie verschiedene Taxa. Durch Mehrfachnennungen können einzelne Taxa überrepräsentiert und Zusatzkriterien verfälscht werden. Nennungen der gleichen Art einmal mit und einmal ohne cf-Kennzeichnung sollten vermieden werden. Auch diese Mehrfachnennung kann zur Verzerrung von bewertungsrelevanten Kriterien und Zusatzkriterien der Probe führen.**

Die Phylib-Bewertungssoftware basiert auf der deutschen Bundestaxaliste BTL (SCHILLING 2020 Stand 05/2020) und den dort hinterlegten DV-Nummern der einzelnen Taxa. Aus der Zeit vor den intensiven Artaufspaltungen ab dem Jahr 2000 enthält die Bundestaxaliste 2020 immer noch zahlreiche Arten mit binärer Nomenklatur und 36000er DV-Nummern, die vor 2012 als Sammeltaxa für etwas unsichere Bestimmungsergebnisse ohne Festlegung auf eine oder mehrere bestimmte Varietäten benötigt wurden. Diese Taxa sind weitgehend für eine direkte Synonymisierung unbrauchbar, sind aber trotzdem weiterhin in Phylib 7 enthalten, um auch alte Datenlisten auswerten zu können. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass es zu einem Informationsverlust bzgl. der Indikatorwerte kommt, da einige Taxa, die aus Sammeltaxa hervorgehen nun eingestuft wurden.

Ebenfalls aus der Zeit vor 2012 stammen in der Bundestaxaliste 2020 (und in Phylib Seen 7) zahlreiche Kombinationen aus einer DV-Nummer und einem Taxonnamen mit angehängter Bezeichnung für die Nominatvarietät, die in vielen Fällen in Phylib 4.1 bis Phylib Seen 7 ökologisch eingestuft ist.

Viele dieser ternären Bezeichnungen von Taxa mit der angehängten Bezeichnung der Nominatvarietät widersprechen den aktuellen taxonomischen Regeln, wenn nach taxonomischen Revisionen der Artkomplexe für ein aktuelles Taxon keine taxonomisch anerkannten Varietäten mehr existieren. International ist es dann üblich, keine extra Nominatvarietäten auszuweisen.

Um eine Eindeutigkeit zu schaffen, ob von einer Bearbeiterin oder einem Bearbeiter ein binär benanntes Taxon im Sinne der inzwischen aufgelösten Artengruppe (mit einer 36000er DV-Nummer) oder im Sinne und in Kenntnis der der jüngsten taxonomischen Revision erfasst wurde, bräuchte die Bundestaxaliste für die revidierten Arten ohne Varietäten eine zusätzliche Spalte mit der Angabe „sensu stricto“ und neuen (46000er) DV-Nummern. Diese Taxa ohne heute taxonomisch anerkannte Varietäten wären anhand ihrer 46000er DV-Nummern eindeutig und einfach von den als Sammeltaxa gedachten Taxa mit 36000er DV-Nummern zu unterscheiden und mit der Angabe „sensu lato“ in der extra Spalte auch sofort als Bezeichnung für eine Artengruppe erkennbar. Diese Klarheit über die früher breitere oder heute engere taxonomische Auslegung des Artnamens, gekoppelt mit unterschiedlichen DV-Nummern, fehlt der BTL 2020 komplett. Deshalb sind die

Indikationswerte für die Bewertung auch in Phylib Seen 7 oft nur bei der Nominatvarietät hinterlegt, z.B. bei *Navicula reichardtiana* var. *reichardtiana* (DV-Nr. 6221) die Indikatorwerte zugeordnet bekommen hat. Demgegenüber hat *Navicula reichardtiana* (DV-Nr. 36134) in Phylib Seen 7 keinen Indikatorwerte-Eintrag, weil unter der DV-Nummer in den Länderdatenbanken auch ältere Bestimmungen abgelegt sind, in denen die Nominatvarietät nicht von der früheren var. *crassa* (heute 26612 *Navicula associata* Lange-Bertalot) getrennt wurde.

Aufgrund der oben beschriebenen Besonderheiten der deutschen Bundestaxaliste ist es **notwendig, dass bei der Dateneingabe die Nominatvarietät ausgewählt bzw. eingegeben wird. In Anhang 10.4.3.5 sind die Taxa aufgeführt, bei denen die Erfassung und der Import der Daten zwingend auf Varietätsniveau erforderlich ist. Nur so wird das Taxon bei der Phylib-Bewertung berücksichtigt und ein repräsentatives Bewertungsergebnis ermittelt.**

3.7 Besonderheiten bei der Untersuchung von Talsperren

3.7.1 Makrophyten in Talsperren

Talsperren mit regelmäßigen, starken Wasserstandschwankungen bieten für aquatische Makrophyten grundsätzlich keine günstigen Lebensbedingungen. Der von Makrophyten besiedelbare Bereich ändert sich regelmäßig. Viele der Gewässer weisen aus diesem Grund nicht die erforderliche Mindestpflanzenmenge für eine gesicherte Bewertung auf und lassen daher keine Bewertung mit der Teilkomponente Makrophyten zu.

Auch die Gewässer, die über eine ausreichende Makrophytenvegetation verfügen, lassen sich in vielen Fällen mit den vorhandenen Verfahren nicht plausibel bewerten. So erweist sich das Zusatzkriterium der unteren Makrophyten-Tiefengrenze für Gewässer mit regelmäßigen hohen Wasserstandschwankungen weder als praktikabel noch als sinnvoll, da sich die tatsächliche Siedlungstiefe während einer Vegetationsperiode ändert und somit Lichtangebot und Druckverhältnisse für die weiter unten siedelnden Arten je nach Höhe der darüber liegenden Wassersäule stark variieren.

Wasserstandsschwankungen außerhalb der Vegetationsperiode scheinen nach bisherigen Erkenntnissen einen weniger starken Einfluss auf die aquatische Vegetation zu haben. In den extremen Fällen jedoch, in denen die Gewässer im Winter ganz oder zu großen Teilen trockenfallen, ergeben sich auch bei sommerlich nahezu konstantem Wasserstand besondere Bedingungen, die eine Bewertung mit Makrophyten nicht sinnvoll erscheinen lassen.

Bei der Untersuchung/Bewertung von Talsperren und Speichern mit der TK Makrophyten ist folgendes zu beachten:

- Wird zusammen mit der Makrophytenkartierung die Probenahme der TK Diatomeen durchgeführt, sind die entsprechenden Hinweise in Kapitel 3.7.2 zu beachten. Ergänzend zum Feldprotokoll ist dann der Fragebogen für die Probenahme in Talsperren (Anhang 10.3) auszufüllen.

- Die Bewertung erfolgt anhand des ähnlichsten Makrophytentyps.
- Vor Beginn der Probenahme sind Informationen über den Verlauf des Staupegels auszuwerten.
- Gewässer, die entweder regelmäßig ganz oder großteils trockenfallen oder sommerliche Wasserstandsschwankungen von mehr als 3 m aufweisen, können nur unter Vorbehalt bewertet werden.
- Das Zusatzkriterium der unteren Makrophyten-Tiefengrenze darf bei Gewässern mit starken sommerlichen Pegelschwankungen nicht angewendet werden.
- Die Ergebnisse müssen vor einer Verschneidung mit dem Ergebnis der Diatomeenbewertung kritisch auf Plausibilität geprüft werden.

3.7.2 Diatomeen in Talsperren

Bei der Probenahme von Diatomeen in Talsperren sind die im folgenden beschriebenen Besonderheiten zu beachten, die sich aus den speziellen Umweltbedingungen in Talsperren ergeben:

Diatomeengesellschaften sind hocho sensible Kurzzeitindikatoren, die innerhalb weniger Wochen durch Änderungen der Artenzusammensetzung und Abundanzverschiebungen auf veränderte Umweltbedingungen reagieren (DIXIT et al. 1992). Die Durchführung einer Probenahme ist daher nur sinnvoll, wenn **in den vorhergehenden vier Wochen stabile Umweltbedingungen** vorlagen, weil sonst das Ergebnis der Trophieindikation von kurzzeitig wirkenden Veränderungen infolge erhöhter Erosion aufgrund von Stauspiegelschwankungen überlagert werden kann.

Da bei Talsperren der Stauspiegel abhängig von den aktuellen Anforderungen an die Bewirtschaftung schwankt, ist vor der Probenahme abzuklären, wie sich der Wasserspiegel in den vorhergehenden Wochen verändert hat. Dazu wurde ein **Fragebogen** entworfen (Anhang 10.3), der zeitnah vor der Probenahme mit der zuständigen Staumeisterin oder dem zuständigen Staumeister besprochen werden sollte. Falls nötig ist die Probenahmetiefe anzupassen (sofern dies die Sichttiefe des Gewässers zulässt) oder die Probenahme ist auf einen Zeitpunkt zu verschieben, dem **mindestens vier Wochen mit stabilem (Niedrig-) Wasserstand vorausgingen**.

Nach einem geringfügigen Anstieg des Wasserspiegels sollte auf eine größere Probenahmetiefe ausgewichen werden (sofern dies die Sichttiefe des Gewässers zulässt), um die Entnahme von Diatomeengesellschaften in frühen Sukzessionsstadien zu vermeiden. Diese sind durch ein Massenvorkommen von Pionierarten mit geringer ökologischer Aussagekraft wie *Achnanthes minutissima* oder *Cocconeis placentula* gekennzeichnet und liefern ungesicherte Indikationsergebnisse.

Nach einem geringfügigen Absinken des Wasserspiegels sollte der beprobte Tiefenbereich 30 cm nicht unterschreiten.

Insbesondere bei Talsperren, die zur Elektrizitätsgewinnung genutzt werden, kann zusätzlich zu jährlichen Schwankungen des Wasserstands der Stauspiegel regelmäßig, aber mitunter nur geringfügig schwanken (z. B. TS Hohenwarte, tägliche Schwankungen von ca. 30 bis 50 cm). Die in dieser Zone herrschenden osmotischen Druckschwankungen und der erhöhte Elektrolytgehalt können die Zusammensetzung der Diatomeengesellschaften stärker beeinflussen als der trophische Zustand des

Gewässers. Auch hier ist, sofern es die Sichttiefe des Gewässers zulässt, bei der Probenahme auf einen Tiefenbereich unterhalb der Schwankungszone auszuweichen.

4 Bestimmung des biozönotischen Gewässertyps

Die für das Bewertungsverfahren notwendige Einordnung der Seeswasserkörper in die biozönotische Typologie ist mit der Seentypologie nach MATHES et al. 2002 sehr gut in Einklang zu bringen. Eine Gegenüberstellung der Typologien findet sich getrennt für die Gruppe der natürlichen Seen einerseits in Anhang 10.5 und für die Gruppe der künstlichen und erheblich veränderten Seeswasserkörper andererseits in Anhang 10.6.

Die Typzuordnung hat großen Einfluss auf die Bewertung eines Gewässers und ist deshalb stets kritisch zu überprüfen. In Zweifelsfällen sollte die Bewertung eines Gewässers für verschiedene Typen durchgeführt und anhand der vorhandenen Hintergrundinformationen diskutiert werden. In begründeten Einzel- bzw. Sonderfällen muss von der rein schematischen Typzuordnung abgewichen werden.

Hinweis zur Bewertung saurer Gewässer

Die Phylib-Bewertung bietet sowohl für Diatomeen als auch für Makrophyten die Möglichkeit, Versauerung von Gewässern mit pH-Werten von mindestens 4,5 durch ein Versauerungsmodul zu quantifizieren und in die Gewässerbewertung einzubeziehen. Dieses Modul ist nur in den MTS - s bzw. DS s aktiv, die deshalb ausschließlich miteinander kombiniert werden dürfen. **Wird eine Bewertung ohne Versauerungsmodul gewünscht, muss sowohl ein alternativer Makrophytentyp als auch ein alternativer Diatomeentyp gewählt werden. Stark saure Gewässer (pH < 4,5) können mit der TK Makrophyten nicht bewertet werden.**

Die Entscheidung für oder gegen eine Bewertung mit Versauerungsmodul muss von den zuständigen Behörden getroffen werden und orientiert sich nicht an den aktuellen pH-Werten, sondern an den geologischen Verhältnissen der Gewässer, also am Leitbild. Für saure Gewässer mit einem karbonatisch geprägten Einzugsgebiet und der Referenz eines karbonatischen Typs, muss demnach entschieden werden, ob dieser See einer Entwicklung in den neutralen Bereich unterliegt (z.B. nach Aufgabe der Nutzung, die den niedrigen pH-Wert bewirkt). Ist dies der Fall, sollte das Gewässer dem Untertyp MTS - s bzw. DS s zugeordnet werden.

Für die Bewertung stehen zwei verschiedene Typkombinationen für saure Gewässer zur Auswahl:

Untertypen MTS - s und DS s (versauerte Gewässer mit neutralem Leitbild)

→ Versauerungsmodul führt zu Abwertung der ÖZK/Potentialklasse; saure Gewässer können ein gutes ökologisches Potential (fast) nicht erreichen

Untertypen MTS - g und DS 9 (geogen saure Gewässer mit saurem Leitbild)

→ Versauerungsmodul führt nicht zu Abwertung der ÖZK/Potentialklasse; Gewässer können also sauer sein und trotzdem ein (sehr) gutes ökologisches Potential erreichen

5 Grundsätze der Bewertung der Teilkomponenten

Die beiden Teilkomponenten „Makrophyten“ und „Diatomeen“ werden zunächst einzeln bewertet und schließlich anhand normierter ökologischer Qualitäts-Quotienten (EQR) zu einer Gesamtbewertung verrechnet. Im Folgenden werden die Grundsätze der Bewertung der beiden Teilkomponenten kurz beschrieben. Eine detaillierte Anleitung mit allen Berechnungsformeln und Grenzwerten findet sich in der Technischen Dokumentation und steht auf der Erläuterungsseite der Berechnungssoftware zum Download zur Verfügung.

5.1 Bewertung Makrophyten

Das Teilmodul „Makrophyten“ basiert auf der Erfassung des Unterschiedes zwischen der vorgefundenen Biozönose mit dem Arteninventar im Referenzzustand. Dieser Unterschied wird durch die Berechnung des Referenzindex in Kombination mit gewässertypspezifischen Zusatzkriterien ermittelt.

5.1.1 Sicherungskriterien

Um eine gesicherte Bewertung zu erhalten, müssen folgende Kriterien für natürliche OWK erfüllt sein:

- Die Gewässeroberfläche des zu untersuchenden Gewässers muss mindestens 50 ha (0,5 km²) betragen. Für kleinere Gewässer wurde das Verfahren nicht entwickelt und somit auch nicht überprüft bzw. getestet.
- Der pH-Wert des Gewässers darf nicht unter 4,5 (als pH Min) liegen. In stark sauren OWK dominieren stets Säurezeiger, so dass ggf. andere Belastungen nicht indiziert werden können.
- Die Anzahl und Auswahl der Untersuchungstransecte erfüllen die in Kapitel 2.1 und 2.2 beschriebenen Voraussetzungen.
- Die UMG muss an mindestens 50% der untersuchten Bereiche eindeutig feststellbar sein, sofern keine der unter 5.1.3.3 (Zusatzkriterium „mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze“) beschriebenen Ausnahmen gilt.
- Der Anteil der eingestufteten Arten muss mehr als 75% der Gesamtquantität der submersen Arten erreichen.

Bei einem größeren Anteil nicht indikativer (d. h. nicht eingestufteter) Taxa ist eine Verfälschung des Indexwertes zu erwarten. Darüber hinaus dient diese Anforderung auch der Qualitätssicherung.

- Die Gesamtquantität der aquatischen Arten muss mindestens 55 (Typen incl. aller Untertypen: AKs, MKg, TKg, und MTS) bzw. 35 (Typen incl. aller Untertypen: AKp, MKp

und TKp) betragen. Ist dies nicht der Fall, muss auf das Vorliegen einer Makrophytenverödung geprüft werden (siehe Kapitel 3.3.1.7).

- Der Anteil von *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphaea* spp., *Nymphoides peltata* und *Persicaria amphibia* an der Gesamtquantität muss unter 80% liegen. Ist dies nicht der Fall, muss auf das Vorliegen einer Makrophytenverödung geprüft werden (siehe Kapitel 3.3.1.7).

Für künstliche Gewässer und HMWB gelten zusätzlich folgende Bedingungen:

- In Kiesgruben/Baggerseen muss die Auskiesung abgeschlossen sein.
- Das Gewässer muss ein Mindestalter von 15 Jahren ab Erreichen des Endwasserspiegels und Beenden der Abbautätigkeit aufweisen. In Einzelfällen kann sich auch eine Bewertung von Gewässern mit einem Alter von 15 bis 50 Jahren als nicht plausibel erweisen. In diesen Fällen ist die Bewertung mit der TK Makrophyten ebenfalls nicht gesichert und die Bewertung erfolgt allein über die TK Diatomeen.
- Die sommerlichen Stauspiegelschwankungen dürfen nicht mehr als 3 m betragen.
- Das Gewässer muss eine permanente Wasserführung aufweisen.

Trifft mindestens eines dieser Kriterien nicht zu, so gilt die Bewertung der **Teilkomponente** Makrophyten als nicht gesichert und geht nicht in die Berechnung der Gesamtbewertung ein. Der errechnete Wert hat lediglich informativen Charakter. Eine Ausnahme bildet die submerse Makrophytenverödung (siehe Kapitel 5.1.3.1).

5.1.2 Ermittlung des Referenzindex (RI_{Seen})

Für die Berechnung des Referenzindex werden alle aquatischen Arten gewässertypspezifisch in vier Gruppen unterteilt:

- **Artengruppe A** enthält Arten, die an Referenzstellen dominieren und somit als typspezifisch bezeichnet werden können. Mit fortschreitender Gewässerbelastung nimmt der Anteil dieser Arten ab.
- Taxa der **Artengruppe A⁺⁺** sind eine Teilmenge der Artengruppe A, die typspezifische stenöke Referenzarten enthält, die bereits bei geringen anthropogenen Beeinträchtigungen verschwinden.
- **Artengruppe B** umfasst alle Taxa mit weiter ökologischer Amplitude sowie solche mit Schwerpunkt im mittleren Belastungsbereich. An vollständig unbelasteten Stellen kommen diese neutralen Arten gemeinsam mit Arten aus Gruppe A vor, an stark degradierten Stellen zusammen mit Arten der Gruppe C.
- In **Artengruppe C** werden Belastungszeiger zusammengefasst, die einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt an stark anthropogen beeinflussten Standorten zeigen und höchstens in geringen Mengen an den Referenzstellen auftreten.

Die im Gelände ermittelten Pflanzenmengen werden in Quantitäten umgewandelt: (Pflanzenmenge³ = Quantität). Der Referenzindex wird aus den prozentualen Anteilen dieser Quantitäten errechnet. B-Arten wirken sich dabei neutral aus, A-Arten und A⁺⁺ verbessern den Index generell,

während C-Arten ihn verschlechtern. Der Anteil stenöken Referenzarten (A^{++}) an der Gesamtquantität wird separat berechnet und als Zusatzkriterien für die Gewässertypen (mit allen Untertypen) MKg, MKp, MTS, TKg - 10, TKg - 13 und TKp berücksichtigt.

Die Liste der Indikatorarten und ihrer Zuordnung steht auf der Erläuterungsseite der Berechnungssoftware zum Download zur Verfügung. Sollten bei Kartierungen Arten auftreten, die in der angegebenen Artenliste nicht genannt werden, werden diese Arten für die Indexbewertung nicht berücksichtigt. Da bei einem größeren Anteil nicht eingestufte Arten eine Verfälschung des Indexwertes zu erwarten ist, darf bei einem Anteil von $\geq 25\%$ nicht eingestufte Arten an der Gesamtquantität der Index nicht als gesichert betrachtet werden.

5.1.3 Zusatzkriterien

Der Referenzindex wird ergänzt durch gewässertypspezifische Zusatzkriterien, die mit dem Referenzindex verrechnet und anschließend auf eine einheitliche EQR-Skala von 0 bis 1 umgerechnet werden.

Die ökologische Zustandsklasse 5 wird ausschließlich bei vorliegender Makrophytenverödung erreicht, alle anderen Zusatzkriterien führen auch in Kombination schlechtestenfalls zur ökologischen Zustandsklasse 4. Es gelten folgende Zusatzkriterien:

5.1.3.1 Makrophytenverödung

Liegt eine nachweisbare Makrophytenverödung (3.3.1.7) vor, gilt die Bewertung der Teilkomponente Makrophyten als gesichert, die Bewertung ergibt den „schlechten ökologischen Zustand“. Dieser Wert wird mit dem Bewertungsergebnis der Diatomeen verschnitten, sofern dieses gesichert ist. Die negative anthropogene Beeinflussung spiegelt sich also direkt im Bewertungsergebnis wider. Die Vegetationsgrenze wird für die Berechnung der mittleren UMG automatisch auf „0 m“ gesetzt.

5.1.3.2 Teilverödung

In manchen Gewässern beschränkt sich der Ausfall der aquatischen Vegetation auf einzelne Tiefenstufen oberhalb der UMG z.B. durch Tritt-, Wühl- oder Fraßschäden (STELZER et al. 2020). Dieser Teilausfall der Vegetation wird durch das **Zusatzkriterium Teilverödung** erfasst (siehe Kapitel 3.3.1.7). Auch für diese Probestellen muss im Phylib-Tool eine Begründung aus Anhang 10.4.2.3 angegeben werden (z.B. „Badebetrieb“ oder „Fische“). Bei begründeter Teilverödung verringert sich der RI_{Seen} pro ausgefallener Tiefenstufe um 50, also um ca. eine ÖZK. Die Bewertung dieser Stellen ist grundsätzlich gesichert, selbst wenn die nicht verödeten Tiefenstufen ebenfalls eine geringe Gesamtquantität aufweisen. Die Vegetationsgrenze geht, mit dem eingetragenen Wert, in die Berechnung der mittleren UMG ein, soweit die UMG als „eindeutig feststellbar“ angegeben ist.

5.1.3.3 Zusatzkriterium „mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze“

Das Zusatzkriterium „mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze“ (mittlere UMG) berechnet sich als Mittelwert aus den an allen Transekten eines Oberflächenwasserkörpers ermittelten Makrophyten-Tiefengrenzen. Dabei gehen nur die Werte ein, eindeutig feststellbar (ehemals plausibel) sind. D.h. UMG-Werte, die z.B. auf Grund morphologischer Besonderheiten oder auch natürlicherweise ausgeprägter Trübung/Färbung durch alpine Zuflüsse oder Huminstoffe nicht der möglichen Besiedlungstiefe entsprechen, werden in der Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt.

Als Beispiel für eine nicht eindeutig feststellbare UMG gilt auch eine flache Seebucht, die bis zur tiefsten Stelle mit Makrophyten bewachsen ist.

Bei Talsperren mit hohen Wasserstandsschwankungen darf das Zusatzkriterium „UMG“ nicht angewendet werden, siehe Kapitel 3.7.1.

Sind mehr als 50 % aller Transekt-UMG nicht eindeutig feststellbar, dürfen der UMG-Mittelwert und damit auch die Bewertungsergebnisse nicht als gesichert gelten. Dabei gelten folgende Ausnahmen:

- Für Gewässer der polymiktischen Typen (Akp, MKp und TKp) wird das Zusatzkriterium der mittleren UMG nur angewendet, wenn das Gewässer die erforderliche maximale Tiefe aufweist (siehe Kapitel 5.1.5). In sehr flachen Gewässern kommt das Zusatzkriterium der UMG nicht zur Anwendung und die Bewertung ist auch gesichert, wenn mehr als 50 % aller Transekt-UMG nicht eindeutig feststellbar sind - sofern die übrigen Sicherungskriterien (siehe Kapitel 5.1.1) erfüllt sind. Eine Prüfung dieser Kriterien führt Phylib Seen selbständig durch.
- Auch für OWK mit überwiegend flachem Relief, z.B. vielen flachen Buchten) die eine ausreichende maximale Tiefe aufweisen, muss geprüft werden, ob eine Beurteilung der mittleren UMG möglich und sinnvoll ist. Erreicht beispielsweise die UMG an mindestens 50 % der untersuchten Bereiche die tiefste untersuchbare Stelle (die Bereiche sind durchgehend bewachsen), ist das entsprechende Gewässer wie ein sehr flacher OWK zu bewerten (s.o.). Auch diese Überprüfung wird vom Tool vorgenommen.
- Für den Typ AKs muss in einem solchen Fall geprüft werden, ob die UMG aufgrund von Steilabbrüchen ungesichert sind. Ist dies der Fall, wird trotzdem gesichert bewertet. Anhand der Sichttiefe und trophierelevanter Faktoren (z.B. Nährstoffgehalt) wird in einem solchen Fall abgeschätzt, ob eine plausibel ermittelte UMG die Grenzwerte für eine Abstufung unterschreiten würde und ein entsprechender Wert zur Berechnung herangezogen.
- Auch in huminstoffreichen Seen (sogenannten Schwarzwasserseen) kann es sein, dass die Anwendung des Zusatzkriteriums „mittlere UMG“ zu fachlich nicht plausiblen Bewertungsergebnissen führt. Anhand der Sichttiefe kann hier keine Abschätzung einer sinnvollen UMG erfolgen. Deshalb darf in diesem Fall nach fachgutachterlichem Ermessen dieses Zusatzkriterium umgangen werden, indem für alle Probestellen des entsprechenden OWK ein „nein“ bei UMG eindeutig feststellbar und zugleich ein „ja“ bei UMG entspricht tiefster Stelle angegeben wird.“

5.1.3.4 Zusatzkriterium „mittlerer Artenreichtum“

Das Zusatzkriterium wird aus dem Quotienten aus Artenanzahl und besiedelter Tiefenstufen gebildet. In den Gewässertypen MKp und TKp werden dadurch ursprünglich eher mäßige aber artenreiche Transekte aufgewertet und ursprünglich eher gute aber artenarme Transekte abgewertet.

5.1.3.5 Zusatzkriterium „Characeenreichtum“

In den Gewässertypen MKg, MKp, TKg – 10, TKg – 13 und TKp bewirkt ein hoher Anteil an Characeen (alle Arten der Gattungen *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* und *Tolypella*) die Aufwertung von ursprünglich mäßigen Transekten. Ursprünglich sehr gute aber characeenarme Transekte werden abgewertet.

5.1.3.6 Zusatzkriterium „stenöke Referenzarten“

Bewertungen der Gewässertypen MKg, MKp, MTS, TKg – 10, TKg – 13 und TKp werden durch einen hohen Anteil an Arten der Gruppe A⁺⁺ analog zum Zusatzkriterium „Characeenreichtum“ korrigiert.

5.1.3.7 Zusatzkriterium „Massenbestände“

Einige Arten mit weiter ökologischer Amplitude (aus Artengruppe B) bilden wie steigender Trophie artenarme Massenbestände aus. Erreicht eine solche Art mindestens 80% der Gesamtquantität eines Transektes, kann eine ursprünglich mäßige Bewertung nach unten korrigiert werden. Die betreffenden Arten sind in den jeweiligen Typspezifische Anwendung der Zusatzkriterien (Kapitel 5.1.4) genannt.

5.1.3.8 Zusatzkriterium „Versauerung“

Nur Gewässer von Typ MTS - s (versauerte Gewässer mit neutralem Leitbild, das nicht dem sauren Zustand entspricht) werden durch hohe Abundanzen säuretoleranter Arten (*Juncus bulbosus*, *Warnstoffia fluitans*, *W. exannulatus* und *Sphagnum* spp.) um bis zu eine ökologische Zustandsklasse abgewertet.

Geogen saure Gewässer, zu deren Leitbild ein niedriger Ph-Wert gehört, werden Typ MTS – g zugeordnet, bei dessen Bewertung dieses Zusatzkriterium nicht angewendet wird.

5.1.4 Typspezifische Anwendung der Zusatzkriterien

5.1.4.1 Typ Aks (AKs - 2, Aks - 3, Aks - 4): Karbonatisch geprägte Seen der Alpen und des Alpenvorlandes

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- An steilen Transekten kann das **Fehlen von Makrophyten** nicht zu Aussagen über die Degradierung herangezogen werden.
- sofern die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3), gilt:
 - bei einem $RI > 0$ und einer mittleren unteren Makrophyten-Tiefengrenze zwischen 5 m und 8 m verringert sich der RI um 20
 - bei einem $RI > 0$ und einer mittleren unteren Makrophyten-Tiefengrenze von weniger als 5 m verringert sich der RI um 50
- bei einem $RI > -50$ und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/ spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien < -98 , wird er auf -98 gesetzt

5.1.4.2 Typ Akp - 1: karbonatisch geprägte, (un-)geschichtete Seen der Ökoregion Alpenvorland mit relativ großem Einzugsgebiet

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- bei einem $RI > 0$ und einer mittleren unteren Makrophyten-Tiefengrenze von weniger als 4,5 m verringert sich der RI um 50, wenn der See eine maximale Tiefe von mindestens 4,5 m aufweist und die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3)
- bei einem $RI > -50$ und Dominanzbeständen (mind. 80% der Gesamtquantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/ spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien < -98 , wird er auf -98 gesetzt

5.1.4.3 Typ MTS (MTS - 8, MTS - 9, MTS - s, MTS - g): Silikatisch geprägte Seen der Mittelgebirge und des Tieflandes sowie Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- die mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze wirkt sich gemäß Tabelle 4 auf den Referenzindex aus, sofern die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3)
- bei einem RI > -50 und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/ spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
- bei einem RI ≤ 80 und einem Anteil typspezifischer stenöcker Referenzarten (*Isoetes echinospora*, *Isoetes lacustris* und *Lobelia dortmanna*) von mind. 1 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien <-98, wird er auf -98 gesetzt

Für den Untertyp MTS - s (versauerte Gewässer mit nicht saurem Leitbild vgl. Hinweis zur Bewertung saurer Gewässer in Kapitel 4) gilt zusätzlich:

- erreicht die Gesamtquantität der Taxa *Juncus bulbosus*, *Warnstoffia fluitans*, *W. exannulatus* und *Sphagnum* spp zusammen mindestens 125, so verringert sich der RI um 50
- bei einer Gesamtquantität der Taxa *Juncus bulbosus*, *Warnstoffia fluitans*, *W. exannulatus*, und *Sphagnum* spp zwischen 50 und 125, verringert sich der RI um 30

Tabelle 4: Bedingungen für das Zusatzkriterium UMG (Mittelwert Wasserkörper) für Typ MTS (RI: ursprünglicher Referenzindex der Messstelle).

	RI	RI	RI	RI	RI
UMG	-100 bis -70	-70 bis -25	-25 bis 0	0 bis 40	40 bis 100
< 2,5 m	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50
2,5 - 5 m	RI - 20	RI - 20	RI - 50	RI - 50	
5 - 7 m	RI - 20	RI - 20	RI - 20		
7 - 8 m	RI - 10	RI - 10	RI - 10		
8-10 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5	RI - 5	
≥ 10 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5		

5.1.4.4 Typ MKg (MKg - 5, MKg - 7): Karbonatisch geprägte geschichtete Seen der Ökoregion Mittelgebirge (inkl. Oberrheinisches Tiefland)

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- die mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze wirkt sich gemäß Tabelle 5 auf den Referenzindex aus, sofern die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3).
- bei einem RI > -50 und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/ spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder

- *Potamogeton pectinatus* oder
- *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil der Characeen (alle Arten der Gattungen *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* und *Tolypella*) von mind. 30 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 20
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil typspezifischer stenöker Referenzarten („A++“) von mind. 1 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10
- bei einem RI > 60 und einem Anteil typspezifischer Referenzarten von unter 1 % an der Gesamtquantität verringert sich der RI um 20
- bei Teilverödung oberhalb der UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien < -98 , wird er auf -98 gesetzt

Tabelle 5: Bedingungen für das Zusatzkriterium UMG (Mittelwert Wasserkörper) für Typ MKg (RI: ursprünglicher Referenzindex der Messstelle).

	RI	RI	RI	RI	RI
UMG	-100 bis -70	-70 bis -25	-25 bis 0	0 bis 40	40 bis 100
< 2,5 m	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50
2,5 - 5 m	RI - 20	RI - 20	RI - 40	RI - 40	
5 - 7 m	RI - 20	RI - 20	RI - 20		
7 - 8 m	RI - 10	RI - 10	RI - 15		
8 - 10 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5	RI - 5	
≥ 10 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5		

5.1.4.5 Typ MKp - 6: Karbonatisch geprägte polymiktische Seen der Ökoregion Mittelgebirge (inkl. Oberrheinisches Tiefland)

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- die mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze wirkt sich gemäß Tabelle 6 auf den Referenzindex aus, wenn der See eine maximale Tiefe von mindestens 2,5 m aufweist und die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3)
- bei einem RI > -50 und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Ceratophyllum demersum* oder
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Potamogeton pectinatus* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
- bei einem RI > -25 und einem Anteil der oben genannten Arten von mind. 50% Quantität verringert sich der RI um 20
- bei einem RI ≤ 20 und einem Anteil der Characeen (alle Arten der Gattungen *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* und *Tolypella*) von mind. 40 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 20
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil der Characeen von mind. 10 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10

- bei einem $RI \leq 60$ und einem Anteil Anteil typspezifischer stenöker Referenzarten („A++“) von mind. 1 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 20
- bei einem $RI > -25$ und einem Anteil stenöker Referenzarten von unter 1 % an der Gesamtquantität verringert sich der RI um 20
- bei einem $RI \geq 80$ und geringem $A_M < 4$ verringert sich der RI um 50 (A_M : mittlerer Artenreichtum nach Gleichung 2)
- bei einem $RI \geq 20$ und $A_M < 5$ verringert sich der RI um 20
- bei einem $RI < 50$ und $A_M \geq 10$ erhöht sich der RI um 50
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien < -98 , wird er auf -98 gesetzt

Tabelle 6: Bedingungen für das Zusatzkriterium UMG (Mittelwert Wasserkörper) für Typ MKp (RI: ursprünglicher Referenzindex der Messstelle).

	RI	RI	RI	RI	RI
UMG	-100 bis -70	-70 bis -25	-25 bis 0	0 bis 40	40 bis 100
< 0,2 m	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50
0,2 - 0,5 m	RI - 30	RI - 30	RI - 40	RI - 40	
0,5 - 1,5 m	RI - 30	RI - 30	RI - 30		
1,5 - 2,5 m	RI - 20	RI - 20	RI - 15		
$\geq 2,5$ m	RI + 20	RI + 20	RI + 20		

5.1.4.6 Typ TKg - 10: Karbonatisch geprägte geschichtete Seen des Norddeutschen Tieflandes mit relativ großem Einzugsgebiet

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- die mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze wirkt sich gemäß Tabelle 7 auf den Referenzindex aus, sofern die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3)
- bei einem $RI > -50$ und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/ spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
 - *Potamogeton pectinatus* oder
 - *Ceratophyllum demersum* oder
 - *Ceratophyllum submersum*
- bei einem $RI \leq 60$ und einem Anteil der Characeen (alle Arten der Gattungen *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* und *Tolypella*) von mind. 30 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10
- bei einem $RI > 60$ und einem Anteil der Characeen von unter 10 % an der Gesamtquantität verringert sich der RI um 20
- bei einem $RI \leq 60$ und einem Anteil typspezifischer stenöker Referenzarten („A++“) von mind. 1 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10

- bei einem RI > 60 und einem Anteil typspezifischer Referenzarten von unter 1 % an der Gesamtquantität verringert sich der RI um 20
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien <-98, wird er auf -98 gesetzt

Tabelle 7: Bedingungen für das Zusatzkriterium UMG (Mittelwert Wasserkörper) für Typ TKg-10 (RI: ursprünglicher Referenzindex der Messstelle).

	RI	RI	RI	RI	RI
UMG	-100 bis -70	-70 bis -25	-25 bis 0	0 bis 40	40 bis 100
< 2,5 m	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50
2,5 - 4 m	RI - 20	RI - 20	RI - 30	RI - 30	
4 - 7 m	RI - 10	RI - 10	RI - 10		
≥ 7 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5		

5.1.4.7 Typ TKg - 13: Karbonatisch geprägte geschichtete Seen des Norddeutschen Tieflandes mit relativ kleinem Einzugsgebiet

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- die mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze wirkt sich gemäß Tabelle 8 auf den Referenzindex aus, sofern die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3)
- bei einem RI > -50 und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/ spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
 - *Potamogeton pectinatus* oder
 - *Ceratophyllum demersum* oder
 - *Ceratophyllum submersum*
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil der Characeen (alle Arten der Gattungen *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* und *Tolypella*) von mind. 20 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 20
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil typspezifischer stenöker Referenzarten („A++“) von mind. 1 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10
- bei einem RI > 60 und einem Anteil typspezifischer Referenzarten von unter 1 % an der Gesamtquantität verringert sich der RI um 20
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien <-98, wird er auf -98 gesetzt

Tabelle 8: Bedingungen für das Zusatzkriterium UMG (Mittelwert Wasserkörper) für Typ TKg-13 (RI: ursprünglicher Referenzindex der Messstelle).

	RI	RI	RI	RI	RI
UMG	-100 bis -70	-70 bis -25	-25 bis 0	0 bis 40	40 bis 100
< 2,5 m	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50
2,5 - 5 m	RI - 20	RI - 20	RI - 40	RI - 40	
5 - 7 m	RI - 20	RI - 20	RI - 20		
7 - 8 m	RI - 10	RI - 10	RI - 15		
8 - 10 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5	RI - 5	
≥ 10 m	RI + 5	RI + 5	RI + 5		

5.1.4.8 Typ TKp (TKp - 11, TKp - 12, TKp - 14): Karbonatisch geprägte polymiktische Seen des Norddeutschen Tieflandes

Für diesen Gewässertyp gelten folgende Besonderheiten/ Zusatzkriterien:

- die mittlere untere Makrophyten-Tiefengrenze wirkt sich gemäß Tabelle 9 auf den Referenzindex aus, sofern die mittlere UMG berechnet werden kann (siehe Kapitel 5.1.3.3)
- bei einem RI > -50 und Dominanzbeständen (mind. 80% Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:
 - *Ceratophyllum demersum* oder
 - *Ceratophyllum submersum* oder
 - *Elodea canadensis/ nuttallii/spec.* oder
 - *Myriophyllum spicatum* oder
 - *Potamogeton pectinatus* oder
 - *Najas marina/ Najas marina subsp. Intermedia/ Najas marina subsp. marina*
- bei einem RI > -25 und einem Anteil der oben genannten Arten von mind. 50% Quantität verringert sich der RI um 20
- bei einem RI ≤ 20 und einem Anteil der Characeen (alle Arten der Gattungen *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* und *Tolypella*) von mind. 40 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 20
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil der Characeen von mind. 10 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 10
- bei einem RI ≤ 60 und einem Anteil typspezifischer stenöcker Referenzarten („A++“) von mind. 1 % an der Gesamtquantität erhöht sich der RI um 20
- bei einem RI > -25 und einem Anteil stenöcker Referenzarten von unter 1 % an der Gesamtquantität verringert sich der RI um 20
- bei einem RI ≥ 80 und geringem $A_M < 4$ verringert sich der RI um 50 (A_M : mittlerer Artenreichtum nach Gleichung 2)
- bei einem RI ≥ 20 und $A_M < 5$ verringert sich der RI um 20
- bei einem RI ≥ 10 und $A_M ≥ 4$ erhöht sich der RI um 50
- bei Teilverödung oberhalb der gesichert ermittelbaren UMG verringert sich der RI pro ausgefallener Tiefenstufe um 50
- Wird der RI_{Seen} durch die Anwendung einzelner oder kombinierter Kriterien <-98, wird er auf -98 gesetzt

Tabelle 9: Bedingungen für das Zusatzkriterium UMG (Mittelwert Wasserkörper) für Typ TKp (RI: ursprünglicher Referenzindex der Messstelle).

	RI	RI	RI	RI	RI
UMG	-100 bis -70	-70 bis -25	-25 bis 0	0 bis 40	40 bis 100
< 0,2 m	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50	RI - 50
0,2 - 0,5 m	RI - 30	RI - 30	RI - 40	RI - 40	
0,5 - 1,5 m	RI - 30	RI - 30	RI - 30		
1,5 - 2,5 m	RI - 20	RI - 20	RI - 15		
≥ 2,5 m	RI + 20	RI + 20	RI + 20		

5.2 Bewertung Diatomeen

5.2.1 Sicherungskriterien

Sehr junge Gewässer und Gewässer mit instabilen ökologischen Verhältnissen (z. B. laufendem Kiesabbau) sollten aus der Bewertung ausgeschlossen werden. In solchen Gewässern kann die Ausbildung der Diatomeenzönose durch Eintrübung oder Nährstoffbindung (Adsorption an mineralischen Partikeln z. B. Eisenhydroxiden) gehemmt oder beeinflusst werden. Rutschungen oder Fremdwassereinleitungen aus aktivem Bergbau können zu Eintrübungen führen. Wie auch andere **junge Gewässer** (z.B. Tagebauseen), befinden sich diese Seen noch nicht in einem ökologisch stabilen Zustand, die Sukzession der Diatomeenbesiedlung ist noch nicht abgeschlossen. Für die Ermittlung plausibler Bewertungsergebnisse sollten deshalb nur Daten aus Gewässern verwendet werden, in denen zum Untersuchungszeitpunkt stabile ökologische Verhältnisse herrschen und in denen sich die für eine gesicherte Bewertung notwendigen Artenzahlen und Indikatoren etabliert haben können.

Auf folgende Kriterien muss bei der Beprobung von Gewässern für eine sinnvolle Bewertung geachtet werden:

- Die Gewässeroberfläche des zu untersuchenden Gewässers muss mindestens 50 ha (0,5 km²) betragen.
Für kleinere Gewässer wurde das Verfahren nicht entwickelt und somit auch nicht überprüft bzw. getestet.
- In Kiesgruben/Baggerseen muss die Auskiesung abgeschlossen sein.
- Das Gewässer muss ein Mindestalter von 15 Jahren ab Erreichen des Endwasserspiegels aufweisen.
- Bei Stauspiegelschwankungen müssen die Angaben des Fragebogens „Diatomeenprobennahme in Talsperren“ (Anhang 10.3) bei der Probenahme berücksichtigt werden.
- Anzahl und Auswahl der Untersuchungstransecte erfüllen die von SCHAUMBURG et al. (2007a) beschriebenen Voraussetzungen.

Die Bewertung der Diatomeenbiozönose setzt sich aus zwei Modulen zusammen, dem Bewertungsmodul „Trophie-Index“ sowie dem Bewertungsmodul „Referenzartenquotient“ (RAQ).

Die Grundlagen für ein gesichertes Bewertungsergebnis werden bei der Teilkomponente Diatomeen bereits bei der mikroskopischen Auswertung geschaffen (siehe Kapitel 3.5 und 3.5.2.1). Bei der rechnerischen Auswertung der Daten werden diese Kriterien geprüft.

Sicherungskriterium Bestimmungstiefe

Proben die einen Anteil von >5% an Taxa aufweisen, die nicht dem erforderlichen Bestimmungsniveau entsprechen, können nicht zur Bewertung herangezogen werden. Für sie gibt die Software Phylib Seen 7 keine Bewertungsergebnisse aus. Nicht dem erforderlichen Bestimmungsniveau entsprechen

- nicht bestimmbare Schalen (sp., spp.),
- nicht eindeutig bestimmbare Formen (cf., aff.) und/oder
- der Anteil der Taxa, die als Gattung eingegeben werden müssen, weil sie in der Taxaliste, die in Phylib hinterlegt ist, keinen Eintrag bzw. keine DV-Nr. besitzen (siehe Kapitel 3.5.2.1).

Sicherungskriterium Gesamthäufigkeit

Durch dieses Kriterium wird vor der Berechnung sichergestellt, dass es sich in datentechnischer Hinsicht um vollständig erfasste Proben handelt. Befunde, die eine Gesamthäufigkeit von < 98 % oder > 102 % aufweisen, werden von der Berechnung ausgeschlossen. Proben mit eventuellen Datenübertragungs- oder Eingabefehlern werden so erkannt und die Ergebnisse als ungesichert gekennzeichnet.

Sicherungskriterium aerophile Taxa

Übersteigt der Anteil aerophiler Taxa in einem Präparat den Wert von 5 %, muss von einem starken aerischen Einfluss ausgegangen werden, der die Bewertung überlagert oder zumindest stark beeinflusst. Daher können derartige Proben nicht gesichert bewertet werden.

Diese Situation ist bei Fließgewässern nach steigenden Abflüssen häufig gegeben, aber auch bei Seen mit heftigerem Wellenschlag und vor allem bei Talsperren besteht infolge von Stauspiegelschwankungen die Gefahr, dass die Diatomeenproben aus Tiefen entnommen werden, die im nicht dauerhaft überfluteten oder wechselfeuchten Bereich liegen. Derartige Probestellen sind mit dem vorliegenden Verfahren nicht sicher bewertbar. Eine Liste der als aerophil zu charakterisierenden Diatomeentaxa kann auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden. Zusätzliche Angaben zum aerophilen Charakter der Taxa können KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986-1991) entnommen werden.

Sicherungskriterien innerhalb der Bewertungsmodule

Die Sicherungskriterien für die einzelnen Bewertungsmodule sind in den jeweiligen Kapiteln (5.1.1 und 5.2.1) beschrieben.

Da das Besiedlungspotenzial künstlicher und erheblich veränderter Gewässer zeitlich und räumlich anderen Bedingungen unterliegt als das der natürlichen Seen, wurde in der Bewertungssoftware eine Möglichkeit geschaffen, auch bzgl. der Diatomeen ungesicherte Ergebnisse zu berechnen. Weitere Informationen zu diesen Berechnungsmöglichkeiten finden sich in Kapitel 6.3.

5.2.2 Bewertungsmodul „Trophie-Index“

Für die Seen Süddeutschlands und des silikatischen Mittelgebirges (Typen 1 bis 4 sowie 8 und 9 nach MATHES et al. 2002) wird der Trophieindex nach HOFMANN (1994, 1999, überarbeitet durch GOOS 2025) berechnet, hier $TI_{\text{Süd}}$ genannt.

Für die Bewertung der Phosphorverfügbarkeit an Ufern der Seen des Norddeutschen Tieflandes wird der Trophieindex-Nord (SCHÖNFELDER et al. unveröffentlicht, wiedergegeben in SCHAUMBURG et al. 2005) genutzt, der die breite trophische Varianz der Seen der Typen 10 bis 14 nach MATHES et al. (2002) berücksichtigt. Für Phylib Seen 7 wurden die Trophiewerte aller Taxa präzisiert und taxonspezifische Gewichtungswerte eingeführt (MÜLLER et al. 2024). Der Trophieindex-Nord wird für die Bewertung der Seetypen des Tieflandes sowie für die Seetypen des karbonatischen Mittelgebirges eingesetzt und hier mit TI_{Nord} abgekürzt.

Die mathematischen Berechnungsvorschriften der beiden Trophieindizes sind in der Technischen Dokumentation Phylib Seen 7.0.0 dokumentiert, die von der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden kann. Die in der Phylib-Bewertungssoftware verwendeten Indikationslisten mit den aktuellen trophischen Kenngrößen der beiden Trophie-Indizes sind ebenfalls auf dieser Seite hinterlegt.

5.2.3 Bewertungsmodul „Referenzartenquotient“ (RAQ)

Anhand ihres typspezifischen Vorkommens bei unterschiedlichen ökologischen Zuständen werden zwei ökologische Artengruppen unterschieden:

- A typspezifische Referenzarten
- C typspezifische Belastungszeiger

Als typspezifische Referenzarten (A-Taxa) sind für Seen nur solche Taxa eingestuft, die ihren Vorkommensschwerpunkt in soziologisch ungestörten oder nur gering gestörten Assoziationen des jeweiligen Seetyps haben. Im Gegensatz zu den typspezifischen Referenzarten der Fließgewässer sind in Phylib See 7 solche ökologisch toleranten Taxa, die in Referenzgewässern stetig vorkommen aber regelmäßig auch in belasteten Gewässern gefunden werden können, nicht als A-Taxa eingestuft. Die fachlichen Bewertungsansätze des Fließgewässerverfahrens und des Seenverfahrens unterscheiden sich also.

Die in der Phylib-Bewertungssoftware hinterlegten Indikationslisten mit den Referenzarten-Einstufungen können auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden. Die mathematischen Berechnungsvorschriften für den Referenzartenquotienten sind in der Technischen Dokumentation Phylib Seen 7.0.0 dokumentiert, die ebenfalls von dieser Seite heruntergeladen werden kann.

Die Bewertung erfolgt durch eine typspezifische Verrechnung der ökologischen Gruppen, wobei lediglich die Artenzahlen der ökologischen Gruppen, nicht aber die Häufigkeiten der einzelnen Arten berücksichtigt werden. Um eine verlässliche Bewertung mit dem Bewertungsmodul

Referenzartenquotient sicherzustellen, wird die Zahl, der für eine gesicherte Bewertung erforderlichen indikativen Taxa für die Gewässer der Alpen, des Alpenvorlandes und der Mittelgebirge (ohne die Gewässer des Typs DS 6 und der Rheinaue) auf zwölf festgelegt.

Für die Gewässer des Norddeutschen Tieflandes der Diatomeentypen DS 10.1 und DS 13.2 werden ebenfalls zwölf indikative Taxa für eine gesicherte Bewertung gefordert. Bei den Gewässern des Typs DS 6 und der Rheinaue sowie bei den Gewässern des Norddeutschen Tieflandes der Diatomeentypen DS 11 und DS 12 sind es acht indikative Taxa (Anhang 10.4.3.6).

Wird dieser typspezifische Wert auch bei einer über die Zählung hinausgehenden Durchmusterung des Präparats nicht erreicht, muss das Bewertungsergebnis der benthischen Diatomeen als ungesichert gelten. Dann kann lediglich eine ungesicherte Bewertung des Teilmoduls Diatomeen vorgenommen werden.

5.2.4 Zusatzkriterium Säuregrad

Das Zusatzkriterium Säuregrad ist für Seen mit anthropogener Gefährdung durch starke Versauerung bewertungsrelevant (Diatomeentyp DS sauer, DS s), kann jedoch für jede Probe auch anderer Seentypen berechnet werden, um saure oder versauerte Gewässer zu ermitteln, sollte dieser Zustand noch nicht bekannt sein.

Die Ermittlung des Säuregrades erfolgt anhand der Summenprozentage der quantitativ wichtigsten Indikatoren eines sauren Gewässerzustandes. Eine Liste der entsprechenden Taxa kann auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden.

Erreichen die Indikatoren der Versauerung in Summe eine Abundanz von mindestens 10%, dann sollte den Transekten dieses Sees vor dem maßgeblichen Bewertungsdurchlauf für die Bewertung des OWK in der Importdatei der ökoregionunabhängige Typ „DS sauer“ (\triangle DS s) zugeordnet werden. Dieser Typ entspricht prinzipiell bzgl. der Trophie und auch bzgl. der Referenzarten den silikatischen Seen der Mittelgebirge. Ab einer Abundanzsumme von 10% der Säurezeiger wird der DI_{Seen} stufenweise verringert (Tabelle 10).

In seltenen Ausnahmefällen kann ein saures Gewässer in einem karbonatisch geprägten Einzugsgebiet liegen und einem karbonatischen Typ zugeordnet werden. Dann muss entschieden werden, ob dieser See einer Entwicklung in den neutralen Bereich unterliegt (z.B. nach Aufgabe der Nutzung, die den niedrigen pH-Wert bewirkt). Ist dies der Fall, muss ggf. mit dem Typ „DS sauer“ gerechnet werden und nach wirksam werden des Zusatzkriteriums Säuregrad abgestuft werden.

Das Zusatzkriterium Säuregrad hat auch informativen Charakter, in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Säurezeiger wird der Säuregrad eines Gewässers wie folgt beschrieben (Tabelle 10):

Tabelle 10: Beschreibung des Säuregrades sowie Grad der Abwertung des DI_{Seen} .

Summenhäufigkeit Säurezeiger in %	Säuregrad	Abwertung des DI_{Seen}
10 bis 25	schwach sauer	um 0,25
26 bis 50	mäßig sauer	um 0,5
51 bis 99	stark sauer	um 0,75
100	sehr stark sauer	um 1

5.2.5 Normierung und Ermittlung des Diatomeen-Index (DI_{Seen}): Modul Diatomeenbewertung

Die Zusammenführung der beiden Basis-Module Trophie-Index (TI) und Referenzartenquotient (RAQ) zum „Index Diatomeen“ erfolgt durch Mittelwertbildung der beiden Modulwerte Trophieindex (umger.) und Referenzartenindex (umger.). Eine detaillierte Anleitung mit allen Berechnungsformeln und Grenzwerten findet sich in der Technischen Dokumentation und steht auf der Erläuterungsseite der Berechnungssoftware zum Download zur Verfügung.

Der sich aus dieser Mittelwertbildung ergebende „Index Diatomeen“ geht nicht direkt in die Berechnung des „Makrophyten-Phytobenthos-Index“ ein. Vor einem Verschnitt des „Index Diatomeen“ wird dieser durch die Software in einem Normierungsschritt in den normierten „Diatomeen EQR“ umgerechnet. Der „Diatomeen EQR“ weist normierte Klassengrenzen bei 0,8 / 0,6 / 0,4 / 0,2 auf, anhand derer er durch die Software in das Teilergebnis „Bewertung Diatomeen“ in fünf ganzzahligen Zustandsklassen überführt wird.

In Phylib Seen 7 ist der Makrophyten-Phytobenthos-Index normiert. Er wird von der Software Phylib Seen 7 unter Zugrundelegung der normierten Klassengrenzen bei 0,8 / 0,6 / 0,4 / 0,2 in die klassifizierte, ganzzahlige „vorläufige Bewertung“ für die Gesamtkomponente Makrophyten & Phytobenthos umgerechnet. Vorläufig wird der Wert im Ausgabefeld „vorläufige Bewertung“ deshalb genannt, weil er das Zwischenergebnis vor einer möglichen Abwertung wegen Versauerung darstellt.

Wurde in einem Untersuchungsjahr eine zweimalige Probenahme durchgeführt, sollte diejenige Probe mit dem niedrigeren Wert des „Index Diatomeen“ zur Berechnung des „Makrophyten-Phytobenthos-Indexes“ zugrunde gelegt werden.

5.2.6 Zusätzliche Metrics

Ergänzend zu den bewertungsrelevanten Modulen können weitere Auswertungen der Gesellschaftsstrukturen zusätzliche Informationen zur ökologischen Qualität der zu untersuchenden Probestelle sowie Interpretationshilfen liefern. Dies gilt insbesondere für das Vorkommen von Taxa der Roten Liste, den Halobienindex und autökologische Heterogenität. In die Bewertung sind die genannten Aspekte aufgrund der unzureichenden Datenlage jedoch derzeit noch nicht zu integrieren. Listen der entsprechenden Taxa können auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-be-rechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden.

5.2.6.1 Vorkommen von Arten der Roten Liste

Zur vergleichenden Betrachtung des Inventars und der Häufigkeiten gefährdeter Taxa wurde ein Rote Liste-Index (RLI, SCHAUMBURG et al. 2004) entwickelt, der rechnerisch dem Rheo-Index von BANNING (1990) entspricht. Grundlage ist die Rote Liste der Kieselalgen Deutschlands von LANGEBERTALOT (1996), die 535 Taxa umfasst. Die Taxonomie dieses Werkes wurde an die „Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa“ (HOFMANN et al. 2011), angepasst. Fast sämtliche als gefährdet ausgewiesene Arten sind in ihrem Vorkommen an oligotrophe bzw. dystrophe Habitate

gebunden, die extrem gefährdete Lebensräume darstellen. Ihre Zahl ist in den vergangenen Jahrzehnten infolge von Eutrophierung durch punktuellen und diffusen Eintrag von Nährstoffen bzw. durch Versauerung infolge von atmosphärischer Deposition von Schwefeldioxid drastisch zurückgegangen. Den unterschiedlichen Gefährdungsgraden der Rote Liste-Arten wird mit einer Gewichtung Rechnung getragen. Die Berechnungsformel kann der Technische Dokumentation Phylib Seen 7.0.0 entnommen werden, die zusammen mit anderen Begleitinformationen auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden kann.

5.2.6.2 Halobienindex

Der Halobienindex HI in der Online-Anwendung Phylib Seen 7 basiert noch auf der Einteilung der Arten nach ihrem Vorkommen in verschiedenen Salinitätsbereichen nach ZIEMANN (1971, 1999). Er wird zum Nachweis unterschiedlicher Grade der Salzbelastung in limnischen Gewässern herangezogen.

In Seen wird der HI nach ZIEMANN (1999) von der Phylib-Software ausgegeben, hat jedoch nur informativen Charakter und kann z.B. auf salzbelastete Zuflüsse oder marinen Einfluss (Strandseen) hinweisen.

Weitere Angaben zur Berechnung des HI sind SCHAUMBURG et al. (2012, Tabelle 30), zu entnehmen. Die Einstufung der Taxa der BTL 2020 in das Halobiensystem kann mit der Taxaliste von Phylib Seen 7 auf der Seite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de/index.php/phylib-online.html> heruntergeladen werden.

Als Bewertungsmodul geht der HI nur in die Phylib-Fließgewässerbewertung ein (SCHAUMBURG et al. 2012) und wurde für Phylib-FG 7 von SCHÖNFELDER & MÜLLER (2022) durch die Einführung differenzierter Gruppen haloxener Taxa zum HI3 weiterentwickelt. Für die Indikatortaxa der Seen wurde eine solche Differenzierung haloxener Taxa noch nicht vorgenommen bzw. überprüft.

5.2.6.3 Autökologische Heterogenität

Bei großer Varianz der autökologischen Charakteristika der präsenten Arten liegt der Verdacht auf räumlich und/oder zeitlich begrenzte Störungen der Gesellschaften vor. Stark schwankende Verhältnisse können beispielsweise unter dem Einfluss punktueller oder kurzzeitiger saprobieller und trophischer Belastungen oder als Folge von Versauerungsschüben entstehen. In derartigen Fällen ist eine zweite Probenahme dringend anzuraten.

6 Gesamtbewertung von Seewasserkörpern mit Makrophyten & Phytobenthos

Die WRRL sieht die **gesamte Organismengruppe** der benthischen Flora, also Makrophyten & Phytobenthos als **eine der vier biologischen Komponenten** zur Bewertung des Gewässerzustandes. Daher müssen die Bewertungsverfahren, die für die beiden Teilkomponenten erarbeitet worden sind, als Module oder auch Metrics für die Bewertung im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie betrachtet werden. Bei Ausfall einer Teilkomponente können sich Ungenauigkeiten im Bewertungsergebnis ergeben, weil jede Teilkomponente die eine oder andere der verschiedenen Belastungen besonders genau und empfindlich, andere Belastungen hingegen weniger genau und empfindlich abbildet.

6.1 Bewertung von Litoralstellen

Für die Gesamtbewertung der Litoralstellen mit der Biokomponente „Makrophyten und Phytobenthos“ ist es unbedingt erforderlich, dass die Bearbeitung der Teilmodule „Makrophyten“ und „Diatomeen“ exakt nach den beschriebenen Methoden vorgenommen wird. Das setzt auch eine vorschriftsmäßige Datenerhebung und die korrekte Bestimmung des teilkomponentenspezifischen biozönotischen Typs voraus.

Aus den normierten Indexwerten der gesichert bewertbaren Teilkomponenten (den Werten der „Makrophyten EQR“ und der „Diatomeen EQR“), erfolgt die Berechnung des gemeinsamen Makrophyten-Phytobenthos-Indexes für Seen als arithmetisches Mittel. Durch die vorgenommene Normierung der Indexwerte sind die Grenzen der ökologischen Zustandsklassen (ÖZK) für alle natürlichen Typen einheitlich nach Tabelle 11 zu ermitteln. Das ökologische Potenzial für künstliche OWK und HMWB wird in vier Klassen angegeben, wobei die erste Klasse (grün unterlegt) die Stufe „gut und besser“ bedeutet. In Tabelle 12 wurde diese erste Klasse mit einer Grenze zwischen 1 und 2 angegeben. Diese Unterteilung ist rein informativ, deshalb sind die mit den Zahlen 1 und 2 bezeichneten Zeilen beide mit der von der WRRL für diese Stufe vorgegebenen Farbe grün markiert.

Ungesicherte Ergebnisse einzelner Teilkomponenten werden durch Phylib Seen 7 als nicht gesichert ausgewiesen und automatisch nicht in die Berechnung der Gesamtbewertung einbezogen. Allerdings ist dann von einer geringeren Zuverlässigkeit und Genauigkeit des berechneten Endergebnisses auszugehen.

Ungesicherte Ergebnisse sollten immer durch Fachgutachter/innen gesichtet und, falls sie fachlich plausibel sind, unterstützend zur Interpretation oder (unter Angabe einer fachlichen Begründung) zur fachgutachterlichen Ab- oder Aufwertung des Gesamtergebnisses herangezogen werden.

Die Bemerkungen in der Ausgabedatei von Phylib Seen 7 liefern wertvolle Hinweise zur Interpretation der Bewertung. Ist beispielsweise das Kriterium zur Mindest-Gesamtquantität für ein

gesichertes Makrophytenergebnis nicht erfüllt und ist das Ergebnis somit ungesichert, muss immer auf Makrophytenverödung geprüft werden (siehe Kapitel 3.3.1.7). Auch die Anmerkung, dass eine Diatomeenprobe nicht vollständig ist, oder dass die UMG zu Abwertungen führt, ist eine wichtige Information und auch eine Aufforderung, die Eingangsdaten nochmals auf Unplausibilitäten oder Fehler zu überprüfen.

Tabelle 11: Indexgrenzen für die Zuordnung der ökologischen Zustandsklasse:

ÖZK	Qualitätsklasse	M&P _{seen}
1	sehr gut	$\geq 0,8 - 1$
2	gut	$\geq 0,6 - < 0,8$
3	mäßig	$\geq 0,4 - < 0,6$
4	unbefriedigend	$\geq 0,2 - < 0,4$
5	schlecht	$0,0 - < 0,2$

Tabelle 12: Indexgrenzen für die Zuordnung der ökologischen Potentialklasse:

ökologische Potenzi- alklasse	Qualitätsklasse	M&P _{seen}
1	sehr gut	$\geq 0,8 - 1$
2	gut	$\geq 0,6 - < 0,8$
3	mäßig	$\geq 0,4 - < 0,6$
4	unbefriedigend	$\geq 0,2 - < 0,4$
5	schlecht	$0,0 - < 0,2$

6.2 Ermitteln der ökologischen Zustandsklasse bzw. des ökologischen Potenzials von Seewasserkörpern

Für die Bewertung eines **natürlichen Seewasserkörpers** ist die Untersuchung einer ausreichenden Anzahl für den Wasserkörper repräsentativer Transekte oder eine Komplettkartierung **unumgängliche Voraussetzung**. Die Ermittlung der nötigen Anzahl der Transekte sowie die Auswahl deren Lage ist in Kapitel 2 beschrieben.

Die ökologische Zustandsklasse nach WRRL wird für die natürlichen Gewässer anhand der nach Kapitel 3 erhobenen Daten für jedes untersuchte Transekt nach den Vorschriften in Kapitel 4 und 5 berechnet.

Die so ermittelten Transekt-Zustandsklassen werden arithmetisch gemittelt und ergeben die ökologische Zustandsklasse des Wasserkörpers nach WRRL anhand der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos.

Ungesicherte Transekt-Ergebnisse gehen nicht in die ökologische Zustandsklasse des Gesamt-Wasserkörpers ein.

Eine zuverlässige Gewässerbewertung ist nur dann möglich, wenn mehr als die Hälfte der untersuchten Transekte gesichert bewertbar sind. Gewässer, die diese Bedingung nicht erfüllen, können nicht gesichert mit der Biokomponente Makrophyten und Phytobenthos bewertet werden.

Für die **künstlichen und erheblich veränderten Gewässer** wird das ökologische Potenzial nach der gleichen Vorgehensweise und mit den gleichen Voraussetzungen ermittelt.

6.3 Mögliches Vorgehen bzgl. der Sicherungskriterien im M&P Verfahren Seen

6.3.1 Diatomeen

Ungesichertes Bewertungsmodul TI:

Bei Unterschreiten der für die Absicherung nötigen Kriterien (mind. 10 indikative Taxa für $TI_{\text{Süd}}$ und mind. 60% eingestufte Taxa für TI_{Nord}) ist der Trophiewert ungesichert. Die Bewertung der Teilkomponente Diatomeen ist dann ungesichert. Das ungesicherte Ergebnis wird durch die Software nicht zur Berechnung des „Makrophyten-Phytobenthos-Index“ herangezogen. Vor eventuellen fachgutachterlichen Bewertungen ist ein ungesicherter TI kritisch durch Experten zu überprüfen und im Regelfall dann auch fachgutachterlich als nicht geeignet für eine Bewertung des Transekts zu beurteilen.

Ungesichertes Bewertungsmodul RAQ:

Bei Unterschreiten der für die Absicherung nötigen Kriterien (mind 12 bzw. mind. 8 indikative Taxa) wird der RAQ berechnet, allerdings als „RAQ gesichert“ = FALSCH ausgegeben. Das ungesicherte Ergebnis wird durch die Software nicht zur Berechnung des „Makrophyten-Phytobenthos-Index“ herangezogen. Vor eventuellen fachgutachterlichen Bewertungen ist ein ungesicherter RAQ kritisch durch Experten zu überprüfen und im Regelfall dann auch fachgutachterlich als nicht geeignet für eine Bewertung des Transekts zu beurteilen.

Verschneidung der Bewertungsmodule zum Modul Diatomeenbewertung

Liegt ein ungesichertes Bewertungsmodul vor, erfolgt die Ausgabe „D-sicher“ = „FALSCH“. Das ungesicherte Ergebnis der Diatomeen wird durch die Software nicht zur Berechnung des „Makrophyten-Phytobenthos-Index“ herangezogen. Vor eventuellen fachgutachterlichen Bewertungen der Diatomeen ist ein ungesicherter „EQR Diatomeen“ kritisch durch Experten zu überprüfen und im Regelfall dann auch fachgutachterlich als nicht geeignet für eine Bewertung des Transekts zu beurteilen. Wird es im Ausnahmefall durch Experten als plausibel beurteilt und kann das fachlich begründet werden, besteht die Möglichkeit, diesen Wert fachgutachterlich in die Transekt- und OWK Bewertung eingehen zu lassen. Das Ergebnis der Bewertung der Gesamtkomponente bedarf dann einer besonders kritischen Prüfung durch Experten!

Liegen zwei ungesicherte Bewertungsmodule vor, gilt die Teilkomponente Diatomeen als ungesichert, eine weitere Verrechnung erfolgt nicht. Weder zwischen den Bewertungsmodulen TI und RAQ noch mit den Makrophyten. Das Ergebnis geht nicht in die OWK-Bewertung ein. Die Teilkomponente Diatomeen ist somit als nicht bewertbar einzustufen.

Die Ausschlusskriterien:

- unvollständige Probe (Gesamthäufigkeit >98 und < 102%),
- $\geq 5\%$ aerophile Taxa,
- $\geq 5\%$ Taxa, deren Bestimmungsniveau nicht ausreicht (inkl. der Fälle, in denen eine Art auf Gattungsniveau eingegeben werden muss, weil das Taxon in der Bundestaxaliste BTL von SCHILLING 2020, Stand 05/2020 fehlt),

gelten nach wie vor uneingeschränkt.

6.3.2 Makrophyten

Erreicht die Gesamtquantität, der an einem Transekt gefundenen submersen Makrophyten nicht den typspezifisch festgelegten, erforderlichen Wert, oder greift eines der anderen Kriterien für eine nicht gesicherte Bewertung der Makrophyten, gilt die Transektbewertung als nicht gesichert und geht nicht in eine Verschneidung mit dem Diatomeenergebnis ein und somit auch nicht in die OWK-Bewertung.

6.3.3 Verschneidung Makrophyten und Diatomeen

Grundsätzlich gilt: ungesicherte Bewertungen gehen nicht in eine Verschneidung ein. Liegt eine Teilkomponente mit einem gesicherten Ergebnis vor, wird mit diesem Ergebnis das Transekt bewertet.

Im Falle einer ungesicherten Diatomeenbewertung, hervorgerufen durch ein ungesichertes Bewertungsmodul (TI oder RAQ), wird das ungesicherte Ergebnis der Diatomeen durch die Software nicht zur Berechnung des „Makrophyten-Phytobenthos-Index“ herangezogen. Vor eventuellen fachgutachterlichen Bewertungen der Gesamtkomponente, bei denen geplant ist ungesicherte Ergebnisse der Diatomeen zu berücksichtigen, ist das Diatomeenergebnis zuvor kritisch durch Experten zu überprüfen und im Regelfall dann auch fachgutachterlich als nicht geeignet für eine Bewertung des Transekts zu beurteilen. In Ausnahmefällen, in denen fachgutachterlich eine Gesamtbewertung der Komponente unter Einschluss von ungesicherten Teilergebnissen der Diatomeen vorgenommen wird, muss eine kritische Prüfung und eine fachliche Begründung für die Einbeziehung des ungesicherten Teilergebnisses der Diatomeen durch Experten erfolgen!

6.3.4 OWK-Bewertung

Eine zuverlässige Gewässerbewertung ist nur dann möglich, wenn mehr als die Hälfte der untersuchten Transekte gesichert bewertbar sind. Gewässer, die diese Bedingung nicht erfüllen, können nicht gesichert mit der Biokomponente Makrophyten und Phytobenthos bewertet werden.

Grundsätzlich gehen nur gesichert bewertbare Transekte (vollständig gesicherte Diatomeen UND gesicherte Makrophyten, ODER gesicherte Makrophyten bei ungesicherten Diatomeen, ODER vollständig gesicherte Diatomeen bei ungesicherten Makrophyten) in die OWK-Bewertung ein.

Liegen ein oder mehrere, durch ein Diatomeenbewertungsmodul (TI oder RAQ) ungesicherte Transektbewertungen vor, können diese mit dem entsprechenden Hinweis des Experten in einer zusätzlichen Berechnung in der OWK-Bewertung verrechnet werden. Das daraus resultierende Ergebnis muss fachgutachterlich beurteilt werden.

7 Qualitätssicherung

7.1 Prüfung der Probenahme

Grundsätzlich sind zur Qualitätssicherung der Teilkomponente Diatomeen jährliche Paralleluntersuchungen und Auswertungen an der exakt gleichen Probestellen durch mindestens zwei Bearbeiter/innen empfehlenswert. Dabei sollten die Probenahmen gleichzeitig erfolgen oder maximal zwei Wochen auseinanderliegen, und es sollten keine gravierenden Änderungen der hydrologischen oder stofflichen Belastungssituation in dieser Zeit stattgefunden haben.

7.2 Prüfung der Bestimmungsergebnisse

Die Prüfung der Bestimmungsergebnisse kann bei den Makrophyten anhand der herbarisierten Exemplare und der Fotodokumentation erfolgen. Bei den Diatomeen sind neben Fotos auch die originalen Naphrax-Präparate und die Diatomeensuspensionen für Prüfungen nutzbar. Vor allem Funde ungewöhnlicher, für das Gebiet neuer Taxa sowie Taxa kritischer Sippen sollten durch Experten überprüft werden und Belegexemplare bzw. Rückstellproben aufbewahrt werden.

Für beide Teilkomponenten sind die entsprechenden Vorgaben zu Belegsicherung und Konservierung gemäß Kapitel 3.5 zu beachten.

8 Interpretation und Plausibilisierung der Bewertungen

Für eine allgemeine Plausibilitätskontrolle von Bewertungsergebnissen und Artenlisten ist es sinnvoll, die Bewertungsergebnisse der Teilkomponenten einander gegenüberzustellen (starke Abweichungen sollten begründbar sein) und diese mit dem Vor-Ort-Eindruck (Naturnähe) zu vergleichen. Da die Teilkomponenten Unterschiede in Morphologie und Physiologie sowie ihrer räumlichen und zeitlichen Phänologie und damit ihrer Reaktionsgeschwindigkeit auf veränderte Umweltfaktoren aufweisen und die verschiedenen Module und Metriks unterschiedliche Bewertungsziele haben, können zwischen diesen Einzelinformationen auch größere Abweichungen auftreten. In den meisten Fällen sind diese Diskrepanzen nicht unplausibel.

Dennoch ist das errechnete Ergebnis stets auch sorgfältig zu überprüfen, weil automatisierte Bewertungen nicht jeden konkreten Einzelfall vollständig berücksichtigen können. Bei einer Plausibilisierung sollte stets die jeweilige Biozönose und deren Abweichung von der wahrscheinlichen Zusammensetzung im Referenzzustand im Vordergrund stehen, da alle Einflüsse, die auf die Biozönose einwirken integrierend erfasst werden, die wenigsten davon sind einzeln messbar, wie z.B. chemische Parameter, Trophie oder Uferstruktur.

8.1 Interpretationshilfe für die Beurteilung des ökologischen Zustands mithilfe von Diatomeengesellschaften und den Ergebnissen des Bewertungsverfahrens Phylib Seen

Das Verfahren Phylib erlaubt neben der Bewertung des ökologischen Zustands eines OWK mit der Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos auch die Betrachtung der Einzelergebnisse von Litoralstellen, von Teilkomponenten oder einzelner Module. Eine solche Vorgehensweise dient der Interpretation der Gesamtbewertung (Abbildung 8-1).

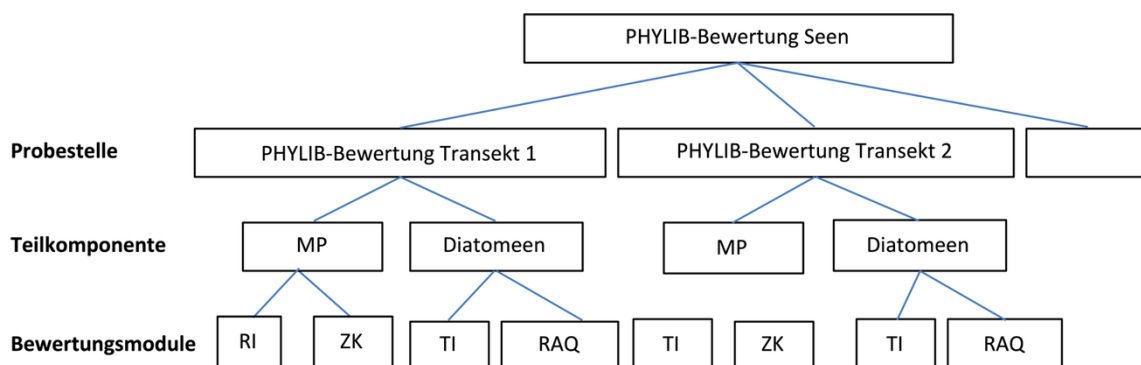


Abbildung 8-1: Aufbau der Phylib Bewertung (MP: Makrophyten, RI: Referenzindex, ZK: Zusatzkriterien, TI: Trophieindex; RAQ: Referenzartenquotient)

Folgende Bewertungsergebnisse können neben der OWK-Bewertung ermittelt werden:

- biologischen Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos (M&P); Transekt-Information
- Teilkomponente Makrophyten; Transekt-Information
- Teilkomponente Makrophyten, Zusatzkriterium mittlere UMG: Information zu Trophie des OWK
- Teilkomponente Diatomeen; Transekt-Information
- Teilkomponente Diatomeen, Bewertungsmodul Trophieindex; Transekt-Information
- Teilkomponente Diatomeen, Bewertungsmodul RAQ; Transekt-Information

Da die Teilkomponenten auf Unterschiede in Morphologie und Physiologie reagieren sowie eine räumliche und zeitliche Phänologie aufweisen und die verschiedenen Module und Metrics unterschiedliche Belastungen anzeigen, können zwischen diesen Einzelinformationen auch größere Abweichungen auftreten. In den meisten Fällen sind diese Diskrepanzen **nicht unplausibel**.

8.1.1 Zusammensetzung der Diatomeengesellschaft (relevant für die Plausibilisierung der Ergebnisse von DI/TI/RAQ)

8.1.1.1 Aufbau und Struktur

Die Diatomeengesellschaften im Seenlitoral werden von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst, wie beispielsweise Nährstoffverfügbarkeit, pH, Licht, Substrat oder anderen Organismen (z.B. Grazer), wobei die chemische Umgebung und das zur Besiedlung zur Verfügung stehende Substrat zu den wichtigsten Faktoren gehören.

Wie MCCORMICK (1996) feststellte, besitzt das Periphyton mehr strukturelle Ähnlichkeit mit der Gesellschaft höherer Pflanzen als mit dem Phytoplankton. Deshalb trifft für das Periphyton eher GRIME's Idee (1979) über den Wettbewerb zwischen höheren Pflanzen zu, nämlich dass die Art einen Wettbewerbsvorteil hat, die vorhandene Ressourcen besser nutzen kann. TILMAN's Idee (1982) dagegen über den Wettbewerb bei Phytoplankton (beide Arten nutzen eine Ressource so lange gemeinsam bis sie so weit aufgebraucht ist, dass der Wert unter dem liegt, der für das Überleben einer der Arten nötig ist) ist für benthische Diatomeengesellschaften weniger zutreffend.

Entsprechend ordnet MCCORMICK (1996) folgende vier Algentypen in einem dreidimensionalen Raum, bestimmt durch Störungsresistenz, Wettbewerbsfähigkeit und Stresstoleranz:

C-Arten („competitive“: angepasst, um Wachstumsrate und Aufnahme von Ressourcen zu optimieren),

S-Arten („stress tolerant“: angepasst, um auch bei geringer Ressourcenverfügbarkeit eine positive Wachstumsrate zu erzielen),

D-Arten („resistent to disturbance“: störungsresistente Arten, z.B. eng am Substrat anliegende Formen, die durch die Mundwerkzeuge der Grazer nicht entfernt werden können) und

R-Arten (Ruderalarten/Pionierarten: mit hohem Wiederbesiedlungspotential gestörter Habitats bei ausreichender Ressourcenverfügbarkeit und wenig dichteabhängiger Konkurrenz).

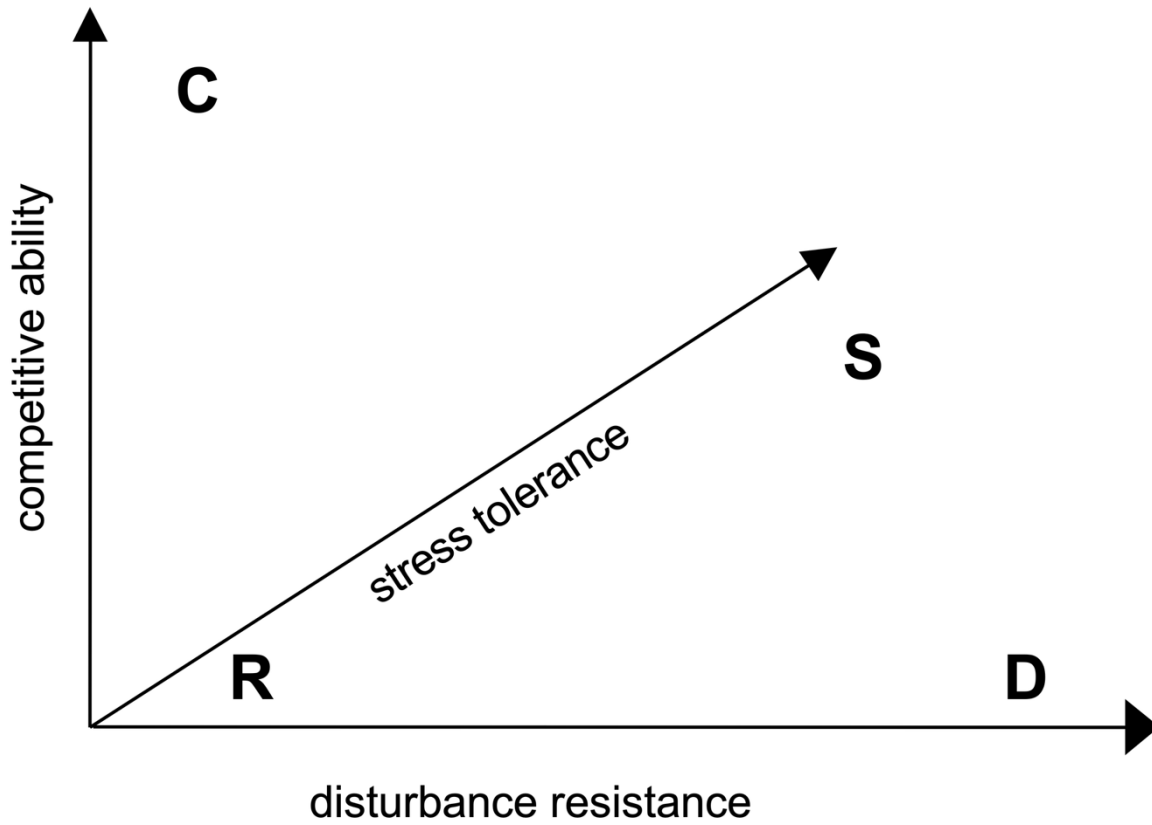


Abbildung 8-2: Ökologische Strategien verschiedener Arten: C-Arten können Ressourcen effektiv aufnehmen, S-Arten können Ressourcen effektiv nutzen, R-Arten sind überlegen in der Verbreitungsfähigkeit und D-Arten zeichnen sich durch prostrate Wuchsform und starke Befestigung am Substrat aus (MCCORMICK, 1996).

Tabelle 13: Beispiele für C-, S-, R- und D-Arten:

C-Arten	C-S-Arten	S-Arten	R-Arten	D-Arten
<i>Melosira varians</i>	Viele <i>Navicula sp.</i>	<i>Epithemia sp.</i>	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>
<i>Navicula lanceolata</i>	Viele <i>Nitzschia sp.</i>	<i>Rhopalodia sp.</i>	<i>Amphora pediculus</i>	<i>Cocconeis placentula</i> und alle Varietäten
<i>Didymosphenia geminata</i>	Kleine <i>Fragilaria sp.</i>	Viele <i>Cymbella sp.</i>		
		Viele <i>Encyonopsis sp.</i>		
		Viele <i>Encyonema sp.</i>		
		<i>Brachysira sp.</i>		
		<i>Eunotia sp.</i>		

Nicht nur einzelne Arten können in diesem dreidimensionalen Raum platziert werden, sondern auch ganze Periphytongesellschaften, je nach dem Anteil der Diatomeen mit den unterschiedlichen Überlebensstrategien. So würde sich z.B. auf einer neuen Oberfläche zunächst eine Gesellschaft mit vielen R-Arten bilden. Bei guter Nährstoffverfügbarkeit geht das ziemlich schnell, herrscht dagegen Nährstofflimitierung, wäre die Kolonisation und das Fortschreiten der Sukzession eher langsam. Die Verwandlung einer von R-Arten dominierten Pioniergesellschaft zu einer Gesellschaft von stresstoleranten S-Arten, die bei geringen Nährstoffkonzentrationen wachsen können, ist z.B. in nährstoffarmen Seen zu beobachten.

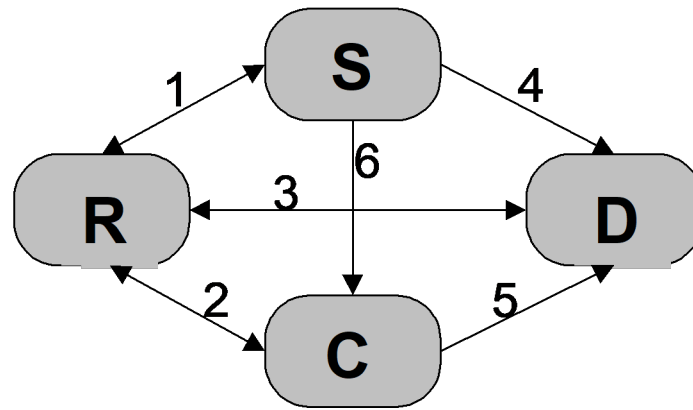


Abbildung 8-3: Diagramm möglicher Entwicklungswege periphytischer Gesellschaften mit Dominanz von Arten der unterschiedlichen oben diskutierten ökologischen Anpassungen.

Unter eutrophen Bedingungen würde sich die von R-Arten dominierte Gesellschaft schnell in eine Gesellschaft mit einer hohen Abundanz von C-Arten verwandeln. Auch der Übergang von einer R-Arten-Gesellschaft in eine D-Arten-Gesellschaft wäre theoretisch möglich, z.B. wenn in der Kolonisationsphase bereits Grazer vorhanden sind. Realistischer ist wohl, dass nach einer Kolonisation von Algen (je nach Nährstoffgehalt S- oder C-Arten) die Grazer einwandern und dann eine von D-Arten dominierte Gesellschaft entsteht.

Unabhängig davon, in welchem Zustand sich die Diatomeengesellschaft gerade befindet, können mechanische Störungen (z.B. Wellen) zu Substratinstabilität führen und dadurch die Gesellschaften in ein früheres Sukzessionsstadium zurückversetzen. Während eine von D-Arten dominierte Diatomeengesellschaft wahrscheinlich zu dünn ist und nicht viele alternde Zellen enthält, können S-Arten- und v.a. C-Arten-dominierte Gesellschaften auch durch Seneszenz und Absterben der am Substrat aufliegenden Zellen wieder in ein frühes Sukzessionsstadium zurückversetzt werden.

8.1.1.2 Artenzusammensetzung

Diese Sukzession und die verschiedenen Gesellschaftstypen im Hinterkopf behaltend, sollte man sich bei der Plausibilisierung zunächst ansehen ob, und wenn ja, an welchen Transekten ungesicherte Befunde vorliegen und was die Gründe hierfür sind.

Trophieindex TI

Der TI liefert ein ungesichertes Ergebnis, wenn der Anteil (TI-Nord) oder die Anzahl (TI-Süd) der für ein gesichertes Ergebnis erforderlichen Taxa nicht erreicht wird. Beim TI-Süd kommt das extrem selten vor und meist ist das Ergebnis dann wirklich als ungesichert anzusehen. Auch beim TI-Nord (60% indikative Taxa notwendig) kommt es nur noch in sehr seltenen Ausnahmen zu ungesicherten Ergebnissen, z. B. wenn Neophyten oder nicht in der BTL enthaltene Taxa in einer Probe dominieren. Wird der Sicherungswert nur geringfügig unterschritten und das Ergebnis ist plausibel, kann die Diatomeenprobe bedingt für die Bewertung interpretiert werden.

Außerdem gibt die Phylib-Bewertungssoftware ein ungesichertes Ergebnis für die Gesamtbewertung sowie für den TI aus, wenn das Sicherungskriterium „ungenügende Bestimmungstiefe“ greift, also mehr als 5% der bestimmten Taxa nicht auf Artniveau erfasst werden konnten. Dieses Kriterium greift bei korrekter Bestimmung auch dann, wenn ein Taxon vorkommt, das noch nicht in die Bundestaxaliste aufgenommen wurde und deshalb auf Gattungsniveau eingegeben werden musste.

Wenn die übrigen Taxa der Diatomeenprobe sicher bestimmt werden konnten und der TI ein plausibles Ergebnis liefert, kann die Probe bedingt für die Bewertung interpretiert werden. Es muss aber gekennzeichnet werden, dass es sich um eine fachgutachterliche Einschätzung handelt.

Referenzartenquotient RAQ

Der RAQ kann ein ungesichertes Ergebnis liefern, wenn auch nach Durchmustern der Probe nicht genügend Arten in die Berechnung eingehen. Das kommt, wenn die Probe ausreichend durchsucht wurde, sehr selten vor. In diesen Fällen, bei denen es sich oft um saure Gewässer handelt, ist eine Bewertung mittels Phylib zwar möglich, liefert aber keine plausiblen Ergebnisse, was auch daran liegt, dass der Eichdatensatz kaum saure Gewässer enthält. Aber auch die dann oft extrem artenarmen Diatomeengesellschaften können für einen Experten aufschlussreiche Informationen enthalten, z.B. hoher Anteil von Versauerungszeigern.

Rote-Liste-Index

In der Phylib-Bewertungssoftware wird auch einen Wert für den Rote-Liste-Index ausgegeben, der zur vergleichenden Betrachtung des Inventars und der Häufigkeiten gefährdeter Taxa entwickelt wurde (RLI, SCHAUMBURG et al. 2004; SCHAUMBURG et al. 2012; vgl. Seite 52).

In seine Berechnung gehen die relativen Häufigkeiten der vorkommenden Taxa der verschiedenen RL-Gefährdungskategorien ein. Hohe RLI-Werte weisen darauf hin, dass ein relativ hoher Anteil der Taxa der Diatomeenbiozönose der Gefährdungskategorie 1-5 angehören (max. RLI-Wert =1, d.h. alle Taxa der Probe gehören der RL-Gefährungsstufe 1-5 an).

8.1.1.3 Informationen aus den Artenlisten

Es ist sinnvoll, sich neben den Indexwerten auch die Artenlisten genauer anzusehen:

- Ist z.B. der Anteil an kleinen Pionierarten hoch (*Achnantheidium minutissimum* Komplex, *Amphora pediculus* Komplex), sollte man die Begleitarten genauer unter die Lupe nehmen, da sie oft mehr über den ökologischen Zustand aussagen.
- Manche Arten/Artgruppen können wertvolle Hinweise liefern:
 - *Epithemia/Rhopalodia* Arten: Stickstofflimitierung
 - *Eunotia/Pinnularia* Arten: niedriger pH, saure Gewässer – pH Einfluss groß, Nährstoffsignal nicht klar erkennbar
 - Kleine kettenbildende *Fragilaria* (*Pseudostaurosira*, *Staurosira*, *Staurosirella*) Arten: Feinsubstrat
 - Hoher Anteil *Cymbella/Encyonema/Brachysira* Arten: meist eher niedriger Nährstoffgehalt, guter ökologischer Zustand, Arten genauer betrachten
 - Hoher Anteil *Navicula/Nitzschia* Arten: meist erhöhter Nährstoffgehalt, Arten genauer betrachten
- Kommen invasive Arten/Neophyten vor?
- Kommen aerophile Arten vor?
- Kommen Rote-Liste-Arten vor?
- Kommen Versauerungszeiger vor?

- Kommen halophile Arten vor?
- Wie hoch ist der Anteil planktischer/zentrischer Arten, falls diese bei der Auswertung erfasst wurden? Probenahme zu tief ausgeführt und abgelagerte Schalen beprobt? Hoher Einfluss des Phytoplanktons?
- Kommen Teratologien vor? Oft und besonders gut an nadelförmigen *Fragilarien* zu beobachten. Teratologien können z.B. ein Hinweis auf eine Schwermetall- oder Pestizidbelastung sein (FALASCO et al. 2009).

Außerdem ist es sinnvoll, die Ökologie, zumindest der häufigsten Arten, genauer zu betrachten: Informationen dazu findet man in VAN DAM (1994), den Bänden der Süßwasserflora (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986-91), in HOFMANN et al. (2011; 2014) bzw. CANTONATI et al. (2017) und auf diversen Webseiten

8.2 Interpretationsansätze (relevant für die Interpretation von Unterschieden in DI/TI/RAQ und zu den Bewertungen anderer Komponenten)

Hat man sich davon überzeugt, dass die Ergebnisse gesichert sind und sich einen Überblick über die Artenzusammensetzung verschafft, besteht die Möglichkeit anhand des TI, die Nährstoffverhältnisse näher zu beleuchten. Es kann z.B. hilfreich sein, die mittels TI ermittelten Nährstoffverhältnisse mit denen des Referenzzustands (siehe Typen Steckbriefe) zu vergleichen. Durch die der RAQ-Berechnung zugrundeliegende Anzahl von Störzeigern und sensiblen Arten, bekommt man einen guten Eindruck, ob es sich um eine Diatomeengesellschaft handelt, die der des Referenzzustands einigermaßen entspricht oder ob sie weit davon abweicht.

Nach Plausibilisierung und Vergleich der Ergebnisse der beiden Module TI und RAQ auf der Basis der Artenzusammensetzung (8.2.1), kann man auf die nächst höhere Ebene gehen und die Ergebnisse der Transekte untereinander und mit dem Gesamtergebnis vergleichen (8.2.2). Abschließend ist eine Gegenüberstellung mit den Ergebnissen der Makrophyten (8.2.3) und anderen Komponenten (8.2.4) sinnvoll.

Bei ungesicherten Ergebnissen aufgrund von einzelnen Teilkomponenten, sollte man erst die Ursache für das ungesicherte Ergebnis untersuchen. Gilt es als fachgutachterlich als plausibel, können evtl. nach dem oben beschriebenen Vorgehen die Ergebnisse der Teilkomponenten gegenübergestellt werden. Es handelt sich dann aber um eine fachgutachterliche Beurteilung.

8.2.1 Die Bewertung mittels Trophieindex stimmt nicht mit der Bewertung mittels RAQ überein

Der Trophieindex indiziert die biologische Produktion und lässt somit Rückschlüsse auf den Nährstoffgehalte eines Gewässers ziehen. Das Modul „RAQ“ quantifiziert den Grad der Abweichung einer rezenten Biozönose von einer an der untersuchten Stelle zu erwartenden Referenzzönose. Taxa, die in einem unbelasteten Zustand in einem Gewässer vorhanden sind, werden mit

zunehmender

Belastung erst durch tolerantere Arten und dann durch Belastungsanzeiger ersetzt. Im Zuge einer Sanierung oder Reoligotrophierung können die Referenzarten bei entsprechendem Wiederbesiedlungspotenzial zurückkehren. Durch die unterschiedlichen Bewertungsansätze können die Ergebnisse dieser Module voneinander abweichen.

Gründe, warum das Modul „Trophieindex“ eine bessere Bewertung als das Modul „RAQ“ anzeigt, können sein:

- Das Gewässer wurde in der Vergangenheit belastet, die Belastung findet nicht mehr statt. Die oligotropheren Arten sind zumindest teilweise wieder zurückgekehrt, die Referenzarten, benötigen einen längeren Zeitraum für die Wiederansiedlung oder das Gewässer besitzt für einen großen Teil der Referenzarten kein Wiederbesiedlungspotenzial.
- Das Gewässer unterliegt einer Belastung, die nicht auf stofflicher Beeinträchtigung beruht und auch keine Auswirkung auf diese hat (z.B. Verbau mit nicht typspezifischem Substrat).
- Bei Versauerung treten oligotrophente Taxa auf und führen zu einer guten Trophiebewertung, während die Biozönose stark verarmt.
- Möglicherweise muss die Typzuordnung des biozönotischen Typs überprüft werden.

Wenn das Modul „Artenzusammensetzung und Abundanz“ (RAQ) eine bessere Bewertung anzeigt als das Modul „Nährstoffbewertung“ (TI), könnte das folgende Ursache haben:

- In der vorhandenen Biozönose existiert ein Ungleichgewicht zugunsten der trophisch euryöken Referenztaxa. Dies kann auf eine beginnende Störung hindeuten.

8.2.2 Die Transektbewertung M&P stimmt nicht mit der OWK-Bewertung M&P überein bzw. die Transektbewertungen eines OWK unterscheiden sich

- Hydromorphologische Beeinträchtigungen oder stoffliche Einträge in einen See finden meistens vom Ufer aus statt. Diese Beeinflussungen sind, bezogen auf den Gesamtsee, relativ kleinräumig, z.B. eine Ufermauer oder der Zufluss von Drainagewasser bzw. Oberflächenabfluss aus landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. Andere Uferbereiche eines OWK können dagegen in nahezu unbelastetem Gebiet liegen, z.B. Wald oder Moor. Die Qualitätskomponente M&P wächst im Litoral und ist somit eine Uferkomponente. Sie spiegelt die unmittelbare Umgebung ihres Wuchsortes wider. Verschiedene Transekte eines OWK können gemäß unterschiedlicher unmittelbar auf sie wirkenden Einflüsse verschiedene M&P-Biozönosen in verschiedenen Degradationsstufen aufweisen.
- Für die Planung von Maßnahmen ist das Auffinden von Belastungsquellen und Störgrößen nötig, diese transektbezogenen Informationen können dafür ausschlaggebend sein.
- Die OWK-Bewertung M&P wird als arithmetisches Mittel aus den einzelnen Transektbewertungen M&P gebildet. Die Transekte werden im Vorfeld einer Beprobung festgelegt, sie sollen alle relevanten Ufermorphologien und -belastungen in ihrer Anzahl und Verteilung repräsentativ widerspiegeln. Sind die Einflüsse auf einen See entlang der Uferlinie heterogen, so weicht die OWK-Bewertung von Transektbewertungen oft ab.

8.2.3 Die Bewertung mittels Makrophyten und / oder Diatomeen stimmt nicht mit der Transektbewertung M&P überein bzw. die Bewertung mittels Makrophyten und mittels Diatomeen stimmen nicht überein

Die beiden Teilkomponenten unterscheiden sich stark in ihrer Morphologie und Physiologie:

- Makrophyten weisen eine relativ große räumliche Ausbreitung auf und haben eine Generationszeit von einem Jahr bis zu mehreren Jahren, ihre Versorgung mit Nährstoffen findet über die Blätter und den Spross aus dem Freiwasser sowie über die Wurzeln aus dem Sediment statt. Im Sediment können durch ältere Ablagerungen vollständig andere Nährstoffverhältnisse herrschen als im Freiwasser.
- Auch einmalige und kurzfristige mechanische Belastungen können Makrophyten längerfristig beeinträchtigen.
- Diatomeen können aufgrund ihrer kurzen Generationszeit innerhalb weniger Wochen eine, an veränderte Umweltbedingungen angepasste Biozönose bilden, die sich in ihrer Artenzusammensetzung und den Abundanzen von der vorherigen stark unterscheidet.
- Die Diatomeenpopulation unterliegt nur den Einflüssen aus der unmittelbaren Umgebung. Bezüglich ihrer Nährstoffversorgung sind sie hauptsächlich auf den Stoffaustausch mit dem Freiwasser angewiesen.
- Einmalige und kurzfristige mechanische Belastungen beeinträchtigen die Diatomeenpopulation nur für wenige Wochen.

Daher unterscheiden sich die beiden Organismengruppen Makrophyten und Diatomeen hinsichtlich ihrer zeitlich-räumlichen Indikation:

- Makrophyten integrieren über eine längere Zeitspanne von mehreren Jahren.
- Diatomeen reagieren schneller und können Veränderungen an einem Standort eher anzeigen.
- In Gewässern, die sich in der Phase der Reoligotrophierung befinden, kommt es oft vor, dass die Diatomeen bereits reagiert haben und bessere Verhältnisse anzeigen als die Makrophyten, denen durch die Nährstoffaufnahme aus dem Sediment mehr Ressourcen, z.T. aus der Vergangenheit des Sees, zur Verfügung stehen.
- Eine bessere Makrophyten- als Diatomeenbewertung kann z.B. auf saisonbedingte Stoßbelastungen hinweisen, auf die v.a. die Diatomeenkomponente schnell reagiert.

8.2.4 Die OWK-Bewertung M&P stimmt nicht mit der Bewertung durch andere Qualitätskomponenten oder mit chemischen Messwerten überein

- Die Qualitätskomponente M&P indiziert die Verhältnisse am Gewässerufer. Sie hängt nicht ausschließlich, aber doch stark, von der Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen (hauptsächlich P und N) im Seelitoral ab. Die Belastungen, die auf einen OWK wirken, kommen in den meisten Fällen vom Einzugsgebiet, durch Zuflüsse, diffusem Eintrag z.B. aus landwirtschaftlich genutzten Flächen oder Besiedlung und wirken als erstes und am unmittelbarsten am Ufer, am Punkt der Einleitung, des Verbaus. Qualitätskomponenten, die die Verhältnisse im Freiwasserkörper indizieren und in der Seemitte bzw. an der tiefsten Stelle beprobt

werden, sind solchen Belastungen durch räumliche Entfernung und Verdünnungseffekte erst sehr viel später und in geringerem Umfang ausgesetzt. In diesem Fall wird die Uferkomponente eine schlechtere ÖZK indizieren als die Freiwasserkomponente.

- Stoffliche Belastungen aus der Vergangenheit finden sich oft in Sedimentschichten gespeichert, die die substratgebundene Uferkomponente M&P (hauptsächlich die Makrophyten) längere Zeit beeinflussen, bevor auch diese Teilkomponente die Verbesserungen anzeigen.
- Chemisch-physikalische Messungen an einem Seewasserkörper werden in der Regel an der tiefsten Stelle eines OWK, meist etwa in der Seemitte, durchgeführt. Ein unmittelbarer Bezug dieser Messungen besteht nur zu den im Freiwasser vorkommenden Qualitätskomponenten. Daher können Ergebnisse solcher Messungen ebenfalls von einer M&P-Bewertung am Ufer abweichen.

In Bezug auf die Nährstoffe greift die Philosophie der WRRL zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen sehr gut. Die Nährstoffe werden von den Bio(-teil-)komponenten in unterschiedlicher Weise (Menge und Geschwindigkeit) umgesetzt. Durch die worst-case-Verschneidung der Qualitätskomponenten kommt in der Regel eine plausible ökologische Bewertung zustande, die mehr beinhaltet als eine ausschließliche Trophiebewertung.

9 Allgemeine Literatur

- BANNING, M. (1990): Der Rheo-Index - eine Möglichkeit zur Berechnung der Auswirkungen des Flußstaus auf die benthische Lebensgemeinschaft. Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung der DGL in Essen: 186 - 190.
- CANTONATI, M., KELLY, M. & LANGE-BERTALOT, H. (ed.) (2017): Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment. English edition with updated taxon-omy and added species. Koeltz Botanical Books, Schmittens-Oberreifenberg.
- DEPPE, E., LATHROP, R. (1993): Recent changes in the aquatic macrophyte community of Lake Mendota. Transactions of the Wisconsin Academy of Science, Arts and Letters 81: 89–94
- DIN EN 15460:2008-01: Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Erfassung von Makrophyten in Seen; Deutsche Fassung EN 15460:2007
- DIXIT, S., SMOL, J., KINGSTON, J. & CHARLES, D. (1992): Diatoms: powerful indicators of environmental change. – Environ Sci Technol 26: S. 22-33.
- EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Union, L 327/1, 22.12.2000
- FALASCO, E., BONA, F., BADINA, G., HOFFMANN, L., ECTOR, L. (2009): Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. Hydrobiologia 623: 1-35.
- GRIME, J.P. (1979): Plant Strategies and Vegetation Processes. New York, Wiley.
- HOFMANN, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. Bibliotheca Diatomologica 30, 241 S.
- HOFMANN, G. (1999): Trophiebewertung von Seen anhand von Aufwuchsdiatomeen. – In: VON TÜMPLING, W. & FRIEDRICH, G. (Hrsg.): Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung 2: Biologische Gewässeruntersuchung. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- HOFMANN, G., WERUM, M., LANGE-BERTALOT, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Ganter Verlag, Rugell.
- JÄGER, P., PALL, K., DUMFARTH, E. (2004): A method of mapping macrophytes in large lakes with regard to the requirements of the Water Framework Directive.- Limnologia 34, 140 – 146.
- KIELER INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2002): Dieksee-Studie: Gemeinsame Umsetzung von FFH-Richtlinie und Wasser-Rahmenrichtlinie am Beispiel des Dieksees im NATURA 2000-Gebiet DE 1828-301 „Suhrer See, Schöhsee, Dieksee und Umgebung“, Teil III:

- Ufer- und Unterwasservegetation des Dieksees. Unveröffentl. Bericht im Auftrag des LANU Schleswig-Holstein.
- KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt* 10/2: 73–85
- KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H. (1986–1991, 2004): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae. 2/1: Naviculaceae, 876 S.; 2/2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 596 S.; 2/3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 576 S.; 2/4: Achnanthaceae, 437 S.; Stuttgart, Fischer
- LANGE-BERTALOT, H., METZELTIN, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. *Iconographia Diatomologica* 2: 1–390
- LAWA (2015): Verfahrensanleitung für eine uferstrukturelle Gesamtseeklassifizierung (Übersichtsverfahren), 2. überarbeitete und erweiterte Fassung (2015) im Rahmen des LAWA-Projektes O5.13
https://www.gewaesser-bewertung.de/files/lawa_empfehlung_seeuferstruktur_2.fassung_nov2015_1.pdf
- LEVKOV, Z. (2009): *Amphora sensu lato*. Diatoms of Europe, 5, 916 S. Gantner Verlag, Rugell.
- 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-WRRL in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. BTU Cottbus, Aktuelle Reihe 5/02: S. 15-23.
- MCCORMICK, P.V. (1996): Resource competition and species coexistence in freshwater benthic algal assemblages. *Algal Ecology - Freshwater Benthic Ecosystems*. Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. et al. San Diego, Academic Press, Inc.: 229-252.
- MEIS, S., WEYER, K. VAN DE, STUHR, J. (2018): Ein Verfahren zur Erfassung und Dokumentation von Schäden durch benthivore Cypriniden an submersen Makrophyten in Stillgewässern. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 3/2018 (11): 138-141
- MELZER, A., SCHNEIDER, S. (2001): Submerse Makrophyten als Indikatoren der Nährstoffbelastung in Seen. – In: STEINBERG, CALMANO, KLAPPER, WILKEN (Hrsg.): *Handbuch Angewandte Limnologie*. Verlag Ecomed. Kap. VIII-1.2.1: 1–13
- MÜLLER, A. FRANZEN, A., STELZER, D., KING, L., VOGEL, A. (2023): Programmierung einer webfähigen Version des Bewertungstools Makrophyten/Phytobenthos (PhylibSee) Teil I: Projekt O 1.21 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2021
<https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/projektberichte/lawa/#lawa-ao-O-1-21>
- MÜLLER, A., GUTOWSKI, A., SCHÖNFELDER, I & D. STELZER (2024): Anpassung des Fließgewässer-Bewertungsverfahrens für Makrophyten und Phytobenthos an die Anforderungen von Bewertungspraxis und Maßnahmenplanung (Phylib Fließgewässer) Teil 3: Abschließende

Arbeiten zu Phylib-FG 7. Projekt-Nr. O 6.23 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2023 <https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/projektberichte/lawa/#lawa-ao-O-6-23>

REICHARDT, E. (1999): Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Iconographia Diatomologica 8, 203 S. Ganter Verlag, Rugell.

SCHAUMBURG, J., SCHMEDITJE, U., SCHRANZ, C., KÖPF, B., SCHNEIDER, S., MEILINGER, P., STELZER, D., HOFMANN, G., GUTOWSKI, A. und FOERSTER, J. (2004): Erarbeitung eines ökologischen Bewertungsverfahrens für Fließgewässer und Seen im Teilbereich Makrophyten und Phyto-benthos zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 0330033) und die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Projekt Nr. O 11.03), München: 635 S.
http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/publikationen/index.htm

SCHAUMBURG, J., SCHMEDITJE, U., SCHRANZ, C., KÖPF, B., SCHNEIDER, S., MEILINGER, P., STELZER, D., HOFMANN, G., GUTOWSKI, A., FOERSTER, J. (2005): Bewertungsverfahren Makrophyten & Phytobenthos, Fließgewässer- und Seenbewertung in Deutschland nach EG-WRRL. – Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1/05: 245 S., München.

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C. & STELZER, D. & HOFMANN, G. (2007b): Bundesweiter Test: Bewertungsverfahren „Makrophyten und Phytobenthos“ in Seen zur Umsetzung der WRRL. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O4.04), München: 129 S.
http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/publikationen/index.htm

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C. & STELZER, D. (2008): Bewertung stehender Gewässer mit Makrophyten und Phytobenthos gemäß EG-WRRL. Teil a: Anpassung des Bewertungsverfahrens für natürliche Seen. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O2.06), München: 31 S.
http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/publikationen/index.htm

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., MEILINGER, P., STELZER, D., VOGEL, A.(2011): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos gemäß EG-WRRL – Anpassung des Verfahrens aufgrund erster Ergebnisse und Erfahrungen aus den Bundesländern. Endbericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/publikationen/index.htm

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. & HOFMANN, G. (2007a): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos (Stand Oktober 2007) – Bayerisches Landesamt für Umwelt,

München: 65 S.

http://www.lfu.bayern.de/wasser/forschung_und_projekte/phylib_deutsch/verfahrensanleitung/index.htm

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. (2011b): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos gemäß EG-WRRL – Anpassung des Verfahrens für natürliche und künstliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. - Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O 10.09), 161 S, Augsburg/Wielenbach.

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., VOGEL, A., (2015): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos – Phylib. Stand Februar 2014. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O 10.10), 137 S., Augsburg/Wielenbach.

https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=187&clang=1

SCHAUMBURG, J., STELZER, D., SCHRANZ, C., VOGEL, A. WEYER, K. VAN DE (2021): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten & Phytobenthos PHYLIB. Endbericht des LAWA. Projekt-Nr. O 2.20, 159 S.

https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=187&clang=1

SCHILLING P. (2020): Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (BTL) - Stand Mai 2020. Herausgegeben im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) - Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO) und des Umweltbundesamtes (UBA) mit Addendum,

https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=533&clang=1 (Abrufdatum 08.03.2024).

SCHMIEDER, K. (1997): Littoral zone – GIS of Lake Constance: a useful tool in lake monitoring and autecological studies with submersed macrophytes. *Aquatic Botany* 58: 333–346

SCHÖNFELDER, J., HOFMANN, G. & SCHÖNFELDER, I. (unveröffentlichtes Manuskript): Erweiterung des Moduls “Trophie-Index” für die Bewertung der Seen im Norddeutschen Tiefland.

SCHÖNFELDER, I., MÜLLER, A. (2022): Weiterentwicklung des Halobienindex für das Fließgewässer-Bewertungsverfahren für Makrophyten und Phytobenthos (PHYLIB) zur Unterstützung der Anforderungen von Bewertungspraxis und Maßnahmenplanung. Ergänzungsvorhaben des Landes Niedersachsen zum Projekt O 6.20 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2020. Abschlussbericht .

STELZER, D., WEYER, K. VAN DE, KING, L., VOGEL. A. (2020): Anpassung und Aktualisierung des Bewertungsverfahrens Makrophyten und Phytobenthos (Phylib Seen) – Teilkomponente Makrophyten und Diatomeen (Teil 1: 2019) Projekt-Nr. O 2.19 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2019.

STELZER, D., WEYER, K. VAN DE, KING, L., VOGEL. A. (2021): Anpassung und Aktualisierung des Bewertungsverfahrens Makrophyten und Phytobenthos (Phylib Seen) – Teilkomponente

Makrophyten und Diatomeen (Teil 2) Projekt-Nr. O 2.20 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2020.

TILMAN, D. (1977): Resource Competition between Plankton Algae: An Experimental and Theoretical Approach. *Ecology* 58 (2), 338-348. <https://doi.org/10.2307/1935608>

VAN DAM, H., MERTENS, A. & SINKELDAM, J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28, 117–133. <https://doi.org/10.1007/BF02334251>

WEYER, K. VAN DE, NIENHAUS, I., TIGGES, P., HUSSNER, A., HAMANN, U. (2007): Eine einfache und kosteneffiziente Methode zur flächenhaften Erfassung von submersen Pflanzenbeständen in Seen. *Wasser und Abfall* 6 (1/2): 20-22.

WEYER, K. VAN DE, STELZER, D. (2017): Weitere Arbeiten zur Aktualisierung des Bewertungsverfahrens der PHYLIB - Teilkomponente Makrophyten Projekt-Nr. O 1.17. Projekt-Nr. O 1.17 des Länderfinanzierungsprogramms. 87 S.

WEYER, K. VAN DE, STELZER, D. (2021): Verfahrensanleitung NRW-Verfahren (Stand: August 2021)

WITKOWSKI, A. LANGE-BERTALOT, H., METZELTIN, M. (2000): Diatom flora of marine coasts 1. *Iconographia Diatomologica* 7: 955 S. Ganter Verlag, Rugell.

WÖRLEIN, F. (1992): Pflanzen für Garten, Stadt und Landschaft. Taschenkatalog, Wörlein Baumschulen, Dießen.

10 Anhang

10.1 Kartierprotokolle

Feldprotokoll Makrophyten & Diatomeen in Seen (PHYLIB-Bewertung gemäß EG-WRRL)

<p>Gewässername</p> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Transekt-/Abschnitts-/Probestellen Nr. Befund Nr. <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Lage, Beschreibung des Transekts <input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/> Koordinaten (Ufer, Transektmitte) <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Koordinaten (UMG, Transektmitte) <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Exposition <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Transektbreite <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> m	<p>BearbeiterIn <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Datum <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></p> <p>Unterschied zur UMG UMG (korrigiert Mittelwasserlinie (gemessen) nach Wasserstand)</p> <p><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> m <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> m <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> m</p> <p>Wasserstand: <input type="checkbox"/> niedrig <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> hoch</p> <p>UMG ist eindeutig feststellbar <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein UMG $\hat{=}$ tiefster Stelle d. Transektes <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Brandungsufer <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Lage innerhalb einer Bucht <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Foto Nr. <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Grund für nicht feststellbare UMG <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></p>																																																																																																																																														
<p>Kartiermethode (Makrophyten)</p> <p><input type="checkbox"/> Tauchkartierung (ges. Seelitoral) <input type="checkbox"/> Tauchkartierung (Transekte) <input type="checkbox"/> Transektkartierung mit Rechen, Sichtkasten</p> <p>Ergänzung zur Kartiermethode (z.B. Geräte) <input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/></p>	<p>Diatomeenprobenahme erfolgt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>wenn ja: beprobtes Substrat & Entnahmetiefe</p> <p><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> m</p> <p>Bemerkung zur Diatomeenprobenahme <input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/></p>																																																																																																																																														
<p>Beschattung im Flachwasserbereich während der Vegetationsperiode nach WÖRLEIN (1992)</p> <p><input type="checkbox"/> vollsonnig Sonne von deren Auf- bis Untergang in der überwiegenden Zeit zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang, immer <input type="checkbox"/> sonnig jedoch in den wärmsten Stunden des Tages in voller Sonne <input type="checkbox"/> absonnig überwiegend in der Sonne, in den heißesten Stunden jedoch im Schatten <input type="checkbox"/> halbschattig mehr als die Tageshälfte und immer während der Mittagszeit beschattet <input type="checkbox"/> schattig voller Schatten unter Bäumen</p>																																																																																																																																															
<p>Sediment/Substrat/Auflagen (x: wenig; xx: häufig; xxx: massenhaft)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Tiefenstufe</th> </tr> <tr> <th>0-1m</th> <th>1-2m</th> <th>2-4m</th> <th>> 4m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fels (anstehend)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Blöcke (>200 mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Steine (63-200 mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Grobkies (20-63 mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fein-/Mittelkies (2-20 mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sand (0,063-2 mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Schluff, Ton, Lehm</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Seekreide</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mudde</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sapropel</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Röhrichtstoppeln</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Laub-/Detritusauflage</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Muschelschalen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Totholz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tiefenstufe				0-1m	1-2m	2-4m	> 4m	Fels (anstehend)					Blöcke (>200 mm)					Steine (63-200 mm)					Grobkies (20-63 mm)					Fein-/Mittelkies (2-20 mm)					Sand (0,063-2 mm)					Schluff, Ton, Lehm					Seekreide					Mudde					Sapropel					Röhrichtstoppeln					Laub-/Detritusauflage					Muschelschalen					Totholz					<p>Gefälle</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Tiefenstufe</th> </tr> <tr> <th>0-1m</th> <th>1-2m</th> <th>2-4m</th> <th>> 4m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Litoral</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ufer, Umfeld</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>sonstige Biota (x: wenig; xx: häufig; xxx: massenhaft; nicht zutreffendes streichen)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Tiefenstufe</th> </tr> <tr> <th>0-1m</th> <th>1-2m</th> <th>2-4m</th> <th>> 4m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>epiphytische Algen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>benthische Grünalgen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>benthische Blaualgen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>planktische Blaualgen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sonstige Algen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Teich-/Malermscheln</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Zebra-/Quagga-Muscheln</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tiefenstufe				0-1m	1-2m	2-4m	> 4m	Litoral					Ufer, Umfeld						Tiefenstufe				0-1m	1-2m	2-4m	> 4m	epiphytische Algen					benthische Grünalgen					benthische Blaualgen					planktische Blaualgen					sonstige Algen					Teich-/Malermscheln					Zebra-/Quagga-Muscheln				
		Tiefenstufe																																																																																																																																													
	0-1m	1-2m	2-4m	> 4m																																																																																																																																											
Fels (anstehend)																																																																																																																																															
Blöcke (>200 mm)																																																																																																																																															
Steine (63-200 mm)																																																																																																																																															
Grobkies (20-63 mm)																																																																																																																																															
Fein-/Mittelkies (2-20 mm)																																																																																																																																															
Sand (0,063-2 mm)																																																																																																																																															
Schluff, Ton, Lehm																																																																																																																																															
Seekreide																																																																																																																																															
Mudde																																																																																																																																															
Sapropel																																																																																																																																															
Röhrichtstoppeln																																																																																																																																															
Laub-/Detritusauflage																																																																																																																																															
Muschelschalen																																																																																																																																															
Totholz																																																																																																																																															
	Tiefenstufe																																																																																																																																														
	0-1m	1-2m	2-4m	> 4m																																																																																																																																											
Litoral																																																																																																																																															
Ufer, Umfeld																																																																																																																																															
	Tiefenstufe																																																																																																																																														
	0-1m	1-2m	2-4m	> 4m																																																																																																																																											
epiphytische Algen																																																																																																																																															
benthische Grünalgen																																																																																																																																															
benthische Blaualgen																																																																																																																																															
planktische Blaualgen																																																																																																																																															
sonstige Algen																																																																																																																																															
Teich-/Malermscheln																																																																																																																																															
Zebra-/Quagga-Muscheln																																																																																																																																															
<p>Dokumentation von Schäden/Beeinträchtigungen an der Vegetation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Tiefenstufe</th> </tr> <tr> <th>0-1m</th> <th>1-2m</th> <th>2-4m</th> <th>> 4m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wühlschäden</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Trittschäden</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ankerschäden</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fraßschäden</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sedimentablagerungen</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tiefenstufe				0-1m	1-2m	2-4m	> 4m	Wühlschäden					Trittschäden					Ankerschäden					Fraßschäden					Sedimentablagerungen					<p style="text-align: center;">in Anlehnung an MEIS et al. (2018)</p> <p>n.d. nicht detektierbar O keine Schäden/Ablagerungen x geringe Schäden/Ablagerungen (1-25 % der Fläche) xx mittlere Schäden/Ablagerungen (25-50 % der Fläche) xxx starke Schäden/Ablagerungen (>50 % der Fläche)</p>																																																																																																												
		Tiefenstufe																																																																																																																																													
	0-1m	1-2m	2-4m	> 4m																																																																																																																																											
Wühlschäden																																																																																																																																															
Trittschäden																																																																																																																																															
Ankerschäden																																																																																																																																															
Fraßschäden																																																																																																																																															
Sedimentablagerungen																																																																																																																																															

Stand Juni 2021 Seite 1

Feldprotokoll Makrophyten & Diatomeen in Seen (PHYLIB-Bewertung gemäß EG-WRRL)
- ergänzende Angaben für Erstkartierungen -

Gewässername	Transekt-/Abschnittsnummer	Datum

Uferbewuchs (bitte ankreuzen; nicht zutreffende Teile streichen)	Ufersaum (0-5 m)	Umfeld (5-20 m)
Wald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gehölzsaum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gebüsch/Einzelgehölze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röhricht/Großseggenried	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hochstauden-/Krautflur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wiesen/Weiden (extensiv)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wiesen/Weiden (intensiv)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acker-/Gartenpflanzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rasen-/Parkfläche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pionier-/Trittvegetation/Brache	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vegetationsfrei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ufernutzung (bitte ankreuzen; nicht zutreffende Teile streichen)	Ufersaum (0-5 m)	Umfeld (5-20 m)
Industrieflächen/Werften	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hafen-/Steganlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wiesenliegeplatz f. Boote	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straße/Parkplatz/Rad-/Fußweg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geschlossene Bebauung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
lockere Bebauung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parkanlage/Camping/Freibad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lager-/Feuer-/Badeplätze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Landwirtschaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Uferverbau (bitte ankreuzen; nicht zutreffendes streichen)	
Steine/Blöcke	<input type="checkbox"/>
Beton-/Steinmauer	<input type="checkbox"/>
Holz	<input type="checkbox"/>
Metall	<input type="checkbox"/>

Uferbesonderheiten (bitte ankreuzen; nicht zutreffendes streichen)	
Treib-/Totholzansammlungen an Land	<input type="checkbox"/>
Müll, Unrat, Verunreinigung an Land	<input type="checkbox"/>
Zufluss (Graben, Bach, Fluss)	<input type="checkbox"/>
Schwemmfächer	<input type="checkbox"/>
Einleiter (Drainage, Rohre)	<input type="checkbox"/>
Boots-/Badestege	<input type="checkbox"/>
Reusen, Netzanlagen	<input type="checkbox"/>

Besonderheiten im Litoral (x: wenig; xx: häufig; xxx: massenhaft; nicht zutreffendes streichen)	Tiefenstufe (grau unterlegt: optional)							
	0-1m	1-2m	2-4m	>4m	4-6m	6-8m	8-10m	>10m
Überhängende Vegetation								
Grundwasserzutritt								
epiphytische Algen								
benthische Grünalgen								
benthische Blaualgen								
Teich-/Malermuscheln								
Zebra-/Quagga-Muscheln								
Müll, Unrat								
Ankerbojen/-schäden								

Bemerkungen

10.2 Kurzanleitung zum Feldprotokoll Makrophyten & Diatomeen in Seen zur Phylib-Bewertung gemäß EG-WRRL

Diese Anleitung ist als Vororthilfe beim Ausfüllen des Feldprotokolls gedacht. Sie ersetzt nicht das vorherige Lesen der Phylib-Verfahrensanleitung.

Seite 1: Kopfdaten und Standortfaktoren: Kopfdaten

Gewässername, Transekt-/Abschnitts-/Probest. Nr. und Befund Nr.: Eindeutige Kennzeichnung der Probestelle gemäß Auftraggeber bzw. landeseigener Datenbank

Koordinaten (Ufer): UTM East/North oder Recht- und Hochwert der Transektmitte an der Uferlinie

Koordinaten (UMG): UTM East/North oder Recht- und Hochwert der Transektmitte an der UMG (untere Makrophyten-Tiefengrenze)

Exposition: Himmelsrichtung

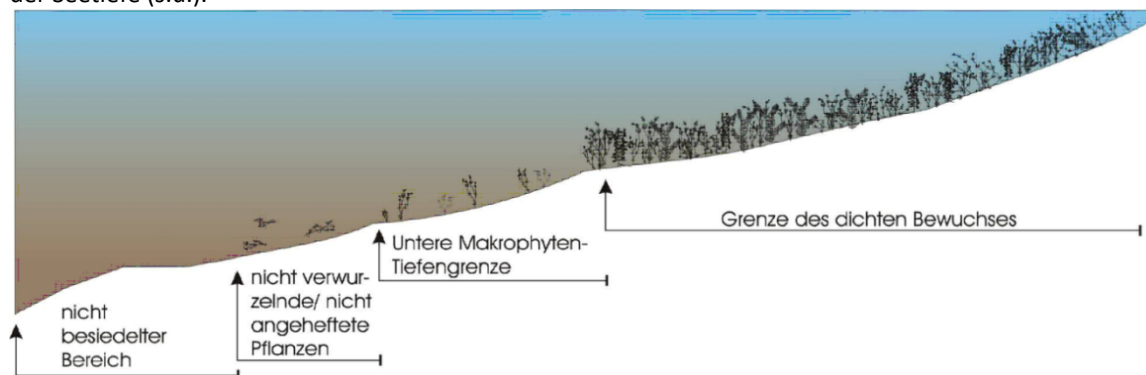
Transekbreite: sollte 20–30 m betragen

Datum: Tag der Makrophytenuntersuchung bzw. Diatomeenprobenahme

Lage, Beschreibung des Transekts: Die Transekte werden innerhalb von ökologisch homogenen Litoralabschnitten untersucht.

Wasserstand: Zeiten von extremen Wasserständen sollten gemieden werden. Wenn kein Pegel abgelesen werden kann, ist der Unterschied zur Mittelwasserlinie anhand der Ufervegetation abzuschätzen.

UMG (gemessen): Tiefe der unteren Makrophyten-Tiefengrenze (Vegetationsgrenze) – Definition gemäß DIN EN 15460: unterste verwurzelte (Einzel-)vorkommen der Pflanzen (s. Abb.). Es ist sicherzustellen, dass es sich tatsächlich um die untere Makrophyten-Tiefengrenze und nicht um eine Lücke im Bewuchs handelt. Bei Seen, deren gesamter Gewässergrund von Makrophyten bedeckt ist, entspricht die Verbreitungsgrenze der Seetiefe (s.u.).



UMG (korrigiert nach Wasserstand): Tiefe der unteren Makrophyten-Tiefengrenze korrigiert um die Differenz zur Mittelwasserlinie

UMG ist eindeutig feststellbar: Die Untere Makrophyten-Tiefengrenze kann unter bestimmten Bedingungen nicht eindeutig festgestellt werden z. B. wenn der Seeboden durchgehend mit Makrophyten bewachsen ist oder bei felsigem Substrat nicht besiedelt werden kann. In diesen Fällen ist „nein“ anzukreuzen. Der entsprechende Grund ist anzugeben.

UMG $\hat{=}$ tiefster Stelle des Transektes: der Gewässergrund des untersuchten Abschnitts/Transektes ist durchgehend mit Makrophyten bewachsen

Brandungsufer: bitte entsprechend ankreuzen

Lage innerhalb einer Bucht: bitte entsprechend ankreuzen

Kartiermethode (Makrophyten)

Bitte gewählte Methode ankreuzen. Grundsätzlich soll die Beprobung möglichst schonend durchgeführt werden. Verwendete Geräte sind im Textfeld anzugeben. Tauchkartierungen sind mit geeignetem Tauchgerät durchzuführen.

Diatomeenprobenahme erfolgt

Es wird die Besammlung von Hartsubstraten gemäß Verfahrensanleitung empfohlen: mind. fünf, über den Uferabschnitt verteilte Steine werden mit wenig Wasser abgekratzt und die daraus resultierende Suspension in ein beschriftetes Probengefäß überführt. Die Probenahme erfolgt im Freiwasserbereich außerhalb dichter Makrophytenbestände in einer Tiefe von mindestens 30 cm und höchstens 1 m. Seespiegelschwankungen sind bei der Terminierung der Probenahme zu berücksichtigen. Die Fixierung der Proben erfolgt

durch Ethanol. Ist kein geeignetes Hartsubstrat vorhanden, können Weichsubstrate gem. Verfahrensanleitung geprobt werden. Substrat, Entnahmetiefe sowie Besonderheiten sind zu dokumentieren.

Bei Untersuchungen von Talsperren bitte den zusätzlichen Fragebogen für die Probenahme in Talsperren in der Verfahrensanleitung beachten.

Sediment/Substrat/Auflagen

Pro Spalte können mehrere Sedimente/Substrate bzw. Auflagen angegeben werden (z.B. bei Gemischen).

Gefälle

Gemäß LAWA 2015: flach: bis 7°; mittel: 7° bis 25°; steil: mehr als 25°

Sonstige Biota

Bitte Angaben zu optisch auffälligen Algenbewüchsen und vorkommenden Muscheln eintragen. Angaben zu Quagga-Muscheln sind für die Wasserwirtschaft bedeutende Informationen. Die quantitative Trennung von anderen Dreikantmuscheln (Zebra- und Dreikantmuscheln) ist im Zuge einer Makrophyten/Diatomeen-Untersuchung allerdings nicht durchführbar. Sollten Quagga-Muscheln gefunden werden, ist dies zusätzlich im Bemerkungsfeld zu dokumentieren.

Dokumentation von Schäden/Beeinträchtigungen

Die Angabe von Wühlschäden und Sedimentablagerungen erfolgt nach MEIS et al. (2018), Tritt- und Fraßschäden werden analog zu MEIS et al. (2018) erfasst.

Seite 2: Makrophytenbewuchs

Die Einteilung des Litorals erfolgt in vier **Tiefenstufen** (0–1 m, 1–2 m, 2–4 m und 4 m bis zur unteren Makrophyten-Tiefengrenze). Die Einhaltung dieser vorgegebenen Tiefenstufen ist für die Berechnung des Index zwingend erforderlich. Zusätzlich zur Angabe der untersten Tiefenzone (> 4 m) ist eine weitere Unterteilung dieses Bereichs in 2 m Schritten möglich.

Bei geringem Makrophytenbewuchs

Geringer submerser Makrophytenbewuchs bedeutet: In einer oder mehreren Tiefenstufen oberhalb der UMG wird keine submerser Art mit mindestens Pflanzenmenge 3 (verbreitet) gefunden oder der Anteil von *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphaea spec.*, *Nymphoides peltata* und *Persicaria amphibia* an der Gesamtquantität liegt bei mindestens 80%.

Die Ursachen können natürliche Ursachen haben (z.B. natürliche Beschattung, Grobsubstrate, Steilabbrüche) oder ein Zeichen von anthropogen bedingter Makrophytenverödung sein (z.B. durch Eutrophierung, Mahd, Uferverbau, Fischbesatz). Eine Übersicht mit Gründen für geringes Makrophytenwachstum ist der Verfahrensanleitung (Kapitel 5.1.2, Tabelle 7) zu entnehmen. Die wahrscheinlichste Ursache für die betroffenen Tiefenstufen im untersuchten Bereich ist anzugeben.

vorkommende Makrophyten

Erfasst werden alle aquatischen sowie unter der Mittelwasserlinie wurzelnden makrophytischen Wasserpflanzen (Characeen, Wassermoose und Gefäßpflanzen). Bei Untersuchungen mit dem Rechen werden aus jeder Tiefenstufe, in der sich die Pflanzenpolster nicht mit dem Sichtkasten erkennen lassen, mindestens vier bzw. sechs Stichproben gezogen.

In jeder Tiefenstufe wird die beobachtete **Häufigkeit** jeder Art anhand der fünfstufigen Skala nach Kohler (1978, Tabelle 1) eingetragen. Arten, die sowohl in aquatischer (also submerser bzw. flutender) als auch emerser **Wuchsform** vorkommen, werden zweimal erfasst. Eine Aufteilung submerser und flutender Formen z.B. bei *Nuphar lutea* erfolgt nicht.

Tabelle: Pflanzenmengenskala nach KOHLER (1978)

Pflanzenmenge	Beschreibung
1	sehr selten
2	selten
3	verbreitet
4	häufig
5	massenhaft

Die am tiefsten vorkommende Art wird ebenso notiert wie die tiefste beprobte Stelle. Optional sind Angaben zur Gesamtdeckung, Deckung der submersen Pflanzen sowie zur Deckung der Armleuchterlagen möglich, die für die Bewertung FFH-Lebensräume 3130, 3140 und 3150 benötigt werden.

Bemerkungsfeld

Angaben zu allen Besonderheiten, die für eine Interpretation der Daten hilfreich sein können, werden hier eingetragen (z.B. Grundwasserzufluss, Uferbesonderheiten und Vorkommen von Quagga-Muscheln (s.o.))

10.3 Fragebogen für die Probenahme in Talsperren

Diatomeenprobenahme in Talsperren

Die folgenden Fragen sind bei der Festlegung eines Probenahmetermins mit der zuständigen Stelle (Staumeisterei) abzuklären:

1. Art der Nutzung: _____
 Hauptnutzung: _____

2. Wird die Talsperre zur Elektrizitätsgewinnung genutzt?

ja	
nein	

→ wenn ja, wie hoch sind Frequenz und Amplitude der infolge der Elektrizitätsgewinnung auftretenden Stauspiegelschwankungen?

3. Ist das Befahren mit Motorbooten erlaubt?

ja	
nein	

→ wenn ja, gibt es spezielle Motorbootstrecken bzw. steile Prallufer mit Wellenschlagszone? Wie hoch ist die Amplitude?

4. Liegt der Probenahmetermin in einer Zeit mit stabilen (Niedrig-) Wasserbedingungen?

ja	
nein	

→ wenn nein, wie hat sich der Stauspiegel in den 4 Wochen vor der Probenahme verändert, z. B. infolge von Wasserabgabe oder durch Niederschläge?

5. Mittlere jährliche Stauspiegelschwankung in m: _____

Häufigkeit von Stauspiegelschwankungen:

	selten
	häufig
	wöchentlich
	täglich
	saisonal

→ wann: _____
 → wann: _____
 → wann: _____

Amplitude der Stauspiegelschwankungen:

	< 0,5 m
	0,5 - 1 m
	1 - 2 m
	> 2 m

6. Wie hoch ist die Sichttiefe im Uferbereich zum Zeitpunkt der Probenahme? _____

Die Probenahmetiefe ist an jeder Litoralstelle unter Berücksichtigung aller obigen Informationen so anzupassen, dass die Diatomeenprobe aus einem dauerhaft überfluteten Tiefenbereich mit ausreichender Lichtzufuhr stammt und in den vier Wochen vor der Probenahme immer mindestens 30 cm Wasserbedeckung aufwies !

10.4 Materialien und Informationen für Probenahmen und Bestimmungen

10.4.1 Materialien für die Probenahme beider Teilkomponenten

- Topographische Karten 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 10 000 (analog oder digital)
- GPS-Gerät, nach Möglichkeit mit hochauflösendem Display der Karte
- Feld- bzw. Kartierprotokolle
- Schreibmaterialien, bevorzugt ein Bleistift oder ein dokumentenechter Kugelschreiber, der auf nassem Papier schreibt
- Exemplar der Verfahrensanleitung oder Kurzanleitung
- Wathose oder hohe Gummistiefel
- Sichtkasten
- für Unterwasseraufnahmen geeigneter Fotoapparat; Unterwasserkamera
- Gefrierbeutel in verschiedenen Größen und Verschlüsse
- Kühlbox mit Akkus
- vorgefertigte wasserfeste Etiketten oder Gewebeband und wasserfeste Filzstifte zur Beschriftung der Proben
- Sicherheitsausrüstung
- Schutzhandschuhe

10.4.2 Zusätzliche Materialien und Informationen für die Teilkomponente Makrophyten

10.4.2.1 Materialien im Gelände

- Boot und angemessener Sicherheitsausrüstung
- Für Tauchkartierung: Tauchausrüstung
- Für Rechenmethode: Wathose bzw. Schnorchelausrüstung im Flachwasserbereich
- Für Rechenmethode: Sichtkasten
- Für Rechenmethode: Beidseitiger mit einem Gewicht (z. B. Tauchblei) beschwerter Rechen (modifiziert nach DEPPE & LATHROP 1993). Der Abstand der Zinken sollte möglichst gering sein. Ein am Rechenstiel befestigtes Seil mit Markierungen in Meterabständen erlaubt die Beprobung von definierten Tiefenbereichen. Es ist sicherzustellen, dass sich das Seil im Wasser nicht ausdehnt.
- Briefumschläge/Mooskapseln für Moosproben
- Handlupe (mind. 10-fache Vergrößerung, optimal ist 20-fache)
- Echolot (optional)

10.4.2.2 Materialien zur Bestimmung

- Stereolupe (für große Pflanzenteile)
- Mikroskop
- Petrischalen
- Objektträger
- Deckgläser
- Spritzflasche
- Präparierbesteck
- ggf. Mikrotom für Stengelquerschnitte
- Herbarpresse und Zubehör

10.4.2.3 Mögliche Gründe für das Nicht-Vorhandensein von submersen Makrophyten an einer Untersuchungsstrecke und die Beurteilung bzgl. der Einstufung als Makrophytenverödung

Mögliche Gründe für Makrophytenverödung. Bei natürlichen Gründen für fehlende submersen Makrophyten liegt keine Verödung vor.

Belastungsart	Belastung	Makrophytenverödung	Eingabe Phylib-Tool	Code-Nr. im Phylib-Tool	Begründung (Eingabe Phylib-Tool)
stofflich	starke trophische Belastung	Ja	√	1	Trophie
	starke saprobielle/organische Belastung	Ja	√	2	Saprobie
	Versauerung	Ja	√ (Typ MTS - s wählen)	3	Versauerung
	geogen bedingter niedriger pH-Wert	Nein	(Typ MTS - g wählen)		
	Versalzung	Ja	√	4	Versalzung
	geogen bedingt hoher Salzgehalt	Nein			
	chemische Belastung (z. B. Pestizideintrag oder Schwermetalle)	Ja	√	5	Chemie
	natürlich bedingter hoher Huminstoffgehalt	Nein			
mechanisch	starker Schwebstoffeintrag (z.B. durch Erosion von Ackerflächen)	Ja	√	6	Schwebstoff
	natürlich bedingter Schwebstoffeintrag (z.B. geprägt von Gletscherabfluss)	Nein			
	Mahd	Ja	√	7	Mahd
	Ausbaggerung (z.B. Schifffahrtrinnen, Hafenanlagen)	Ja	√	9	Ausbaggerung
	anthropogen bedingter Wellenschlag (z.B. Schiffsverkehr)	Ja	√	10	Wellenschlag
	natürlich bedingter Wellenschlag (z.B. durch Windexposition)	Nein			
	Uferverbau der zu veränderten hydromorphologischen Bedingungen führt (z. B stark brechende statt auslaufende Wellen)	Ja	√	11	Uferverbau
	Sediment, das aus natürlichen Gründen stark umgelagert wird (z.B. Wind in flachen Seen, Buchten, Ufern)	Nein			
	Bootsbetrieb	Ja	√	13	Bootsbetrieb
	Badebetrieb	Ja	√	14	Badebetrieb

	Tritt- und Fraßbelastung durch Weidetiere	Ja	√	15	Weidetiere
	natürliche Wasserstandsschwankungen	Nein			
strukturell	Sohlverbau	Ja	√	16	Sohlverbau
	Felssohle	Nein			
Herbivore Organismen	Besatz mit herbivoren Fischen	Ja	√	18	Fische
	Besatz mit nicht heimischen und/oder zu großen Populationen von Krebsen	Ja	√	19	Krebse
	natürliche Populationsgröße heimischer Krebse	Nein			
	herbivore heimische Wasservögel, natürliche Populationsgröße	Nein			
	nicht heimische herbivore Wasservögel und / oder zu große Populationen herbivorer Wasservögel	Ja	√	20	Wasservögel
Allgemein	wenig / keine Makrophyten ohne erkennbaren natürlichen oder anthropogen bedingten Grund	Nein			
	anthropogen bedingte starke Beschattung z.B. Bauten am Ufer	Ja	√	21	Beschattung

10.4.2.4 Qualitätssicherung: Angaben zur Beschriftung der Herbarbögen der Makrophyten

- Art mit Autorennamen
- Fundort (Land, Bundesland, Kreis, geografische Bezeichnung), GPS-Daten (z.B. geographische Koordinaten (Länge, Breite) oder ERTS89 33/UTM-Koordinaten (Ostwert, Nordwert)),
- Standort (Seename, Probestellen-Nr./Transekt-Nr.)
- Sammeldatum
- Sammler/in („leg.“)
- Bestimmer/in („det.“)
- ggf. Bezeichnung des Herbariums und fortlaufende Nr.

10.4.2.5 Bestimmungsliteratur Makrophyten

Allgemeine Bestimmungsliteratur (Auswahl):

AG CHARACEEN DEUTSCHLANDS (Hrsg.) (2016): Armleuchteralgen - Die Characeen Deutschlands. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 636 S.

CASPER, S.J., & KRAUSCH, H.-D. (1980): Pteridophyta und Anthophyta. 1. Teil. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 23, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 403 S.

CASPER, S.J., & KRAUSCH, H.-D. (1981): Pteridophyta und Anthophyta. 2. Teil. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 24, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 538 S.

KLAPP, E., & OPITZ VON BOBERFELD, W. (1990): Taschenbuch der Gräser. 12. überarb. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 282 S.

- KRAUSCH, H.-D. (1996): Farbatlas Wasser- und Uferpflanzen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 315 S.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1050 S.
- ROTHMALER, W. (2016): Kritischer Ergänzungs-band. – In: Müller, F., Ritz, C. M., Welk, E., Wesche, K. (Hrsg.): Exkursionsflora von Deutschland, 11. Auflage, Gefäßpflanzen, Springer Spektrum.
- ROTHMALER, W. (2017a): Gefäßpflanzen: Grundband – In: Jäger, E. J. (Hrsg.): Exkursionsflora von Deutschland, 21. Auflage, Springer Spektrum.
- ROTHMALER, W. (2017b): Gefäßpflanzen: Atlasband. – In: Jäger, E., Müller, F., Ritz, C. M., Welk, E., & Wesche, K. (Hrsg.), Springer Spektrum Exkursionsflora von Deutschland, 13. Auflage: 822 S.
- SCHMEIL, O., FITSCHEN, J., & SEYBOLD, S. (2009): Flora von Deutschland und angrenzender Länder: Ein Buch zum Bestimmen der wild wachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen, Quelle & Meyer. Auflage: 94, unveränderte Auflage, 880 S.
- SCHOU, J. C., MOESLUND, B., VAN DE WEYER, K., LANSDOWN, R. V., WIEGLEB, G., HOLM, P., BAASTRUP-SPOHR, L., & SAND-JENSEN, K. (2023): Aquatic Plants of Northern and Central Europe including Britain and Ireland. Princeton University Press: 746 S.
- SCHUBERT, H., BLINDOW, I., NAT, E., KORSCH, H., GREGOR, T., DENYS, L., STEWART, N., VAN DE WEYER, K., ROMANOV, R., CASANOVA, M. T. (eds.) (2024): Charophytes of Europe: 1144 pp., Springer. Hardcover ISBN 978-3-031-31897-9, eBook ISBN 978-3-031-31898-6. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-31898-6>
- VAN DE WEYER, K., & SCHMIDT, C. (2018): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland: Band 1: Bestimmungsschlüssel. 2., überarbeitete Auflage. Fachbeiträge des LfU Brandenburg 119: 180 S. Herausgeber: Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, Potsdam, <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/ueber-uns/veroeffentlichungen/detail/~13-02-2023-bestimmungsschluesel-fuer-die-aquatischen-makrophyten-in-deutschland-band-1-bestimmungs>, (Abrufdatum 24.24.2024).
- VAN DE WEYER, K. (2020): Helophyten-Bestimmungsschlüssel. - Arbeitshilfe für das Monitoring der Fließgewässer Nordrhein-Westfalens gemäß EG-WRRL. LANUV-Arbeitsblatt 48: 82 S., https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/LANUV-Arbeitsblatt_48.pdf, (Abrufdatum 24.04.2024).

Spezielle Literatur für die Moosbestimmung (Auswahl):

- FRAHM, J.-P., & FREY, W.. (2004): Moosflora 4.Auflage, UTB, Stuttgart, 538 S.

- FREY, W., FRAHM, J.-P., FISCHER, E., LOBIN, W. (1995): Die Moos- und Farnpflanzen Europas, 6. Aufl. – In: Gams, H. (Begr.): Kleine Kryptogamenflora. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 426 S.
- LANDWEHR, J. (1984): Nieuwe Atlas nederlandse Bladmossen. Thieme, Zutphen (NL), 568 S.
- MÜLLER, K. (1957): Die Lebermoose. – In: Rabenhortst, L. (Hrsg.): Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. VI: Band, 2. Abteilung, 3. Auflage.
- NEBEL, M., & PHILIPPI, G. (2000): Die Moose Baden-Württembergs. Band 1, in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Ulmer Stuttgart (Hohenheim), 512 S.
- NEBEL, M., & PHILIPPI, G. (2001): Die Moose Baden-Württembergs. Band 2, in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Ulmer Stuttgart (Hohenheim), 529 S.
- SCHUSTER, R.M. (1980): The Hepaticae and Anthocerotae of North America. East of the Hundredth Meridian. Vol. IV: Columbia University Press, New York.
- SMITH, A.J.E. (1992): The liverworts of Britain and Ireland. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, 362 S.
- WELSCH, W.H. (1960): A Monograph of the Fontinalaceae, Martinius Nijhoff, Den Hag (NL), 357 S.

10.4.3 Zusätzliche Materialien und Informationen für die Teilkomponente Diatomeen

10.4.3.1 Materialien zur Durchführung der Probenahme in Seen

- Weithalsflaschen, -gläschen oder kleine dichtschießende bruchfeste Schraubdeckelbecher aus PP (Fassungsvermögen 50 – 100 ml), weicher Bleistift zur Beschriftung der Papieretiketten und der Probenbegleitzettel
- kleine Zettel 3 cm x 5 cm zum Hineinlegen in das mit Ethanol konservierte Probenfläschchen oder Etiketten
- weiße Fotoschalen zum Sortieren des Materials
- Einmal-Gebissbürsten für Prothesen oder harte Zahnbürste. Aufgrund der potenziell hohen Gefahr der Verunreinigung wird für die Diatomeenprobenahme der mehrfache Einsatz der gleichen Bürste nicht empfohlen. Unter Umständen können die Bürsten alternativ zwischen zwei Proben mit schwacher Säure oder Bleichmittel oder in einem Ultraschallbad gründlich gereinigt werden.
- Teelöffel, Spatel, kleine Schaufel o. ä.
- 96 %iges Ethanol, oder RNA-stabilisierendes Fixierungsmittel

- Fotoausrüstung

10.4.3.2 Qualitätssicherung: Angaben für Aufschrift (ggf. auf Klebeetiketten) und Probenbegleitzettel im Probengefäß der Diatomeen

- Bezeichnung der Probe (eindeutige Kennung)
- Gewässername (eindeutige Kennung)
- Probestelle/Transekt (eindeutige Kennung)
- beprobtes Substrat
- Datum der Probenahme
- Probenehmer/in

10.4.3.3 Materialien zur Präparation und Bestimmung der Diatomeen

Chemikalien für die Herstellung der Suspension

- Ethanol (zur Konservierung)
- Salzsäure 25 % z. A.
- Schwefelsäure 95 - 97 % z. A.
- Kaliumnitrat z. A.
- alternativ zu Schwefelsäure und Kaliumnitrat: Wasserstoffperoxid
- deionisiertes/destilliertes Wasser

Notwendige Angaben zur Beschriftung der Diatomeensuspension bzw. Rückstprobe:

- Codierung (eindeutige Kennung, die den Bezug zu allen Begleitinformationen sowie zum Dauerpräparat herstellt)
- Gewässer (eindeutige Kennung)
- Probestelle/Transekt (eindeutige Kennung)
- beprobtes Substrat
- Datum der Probenahme
- präparierendes Labor/Bearbeiter/in

Ausstattung zur Herstellung der Dauerpräparate

- Abzug
- Heizplatte
- Schutzkleidung (Laborkittel, Brille, ggf. chemikalienfeste Laborhandschuhe)
- Bechergläser (Fassungsvermögen mindestens 100 ml)
- Uhrgläser mit Durchmesser entsprechend den Bechergläsern
- Becherglaszange
- Siedestäbchen

- ggf. Mörser und Pistille zum Zerreiben des Kaliumnitrats
- Spatel
- kleines Kunststoffsieb mit Durchmesser entsprechend den Bechergläsern
- Universal-Indikatorpapier zur pH-Wert-Bestimmung
- Aqua dest.
- Spritzflasche
- Schraubdeckelgläschen mit Dichtung oder Kryoröhrchen

Material für die Herstellung der Dauerpräparate

- Objektträger
- Deckgläser (bewährt haben sich sowohl runde Deckgläser mit einem Durchmesser von 18 mm als auch rechteckige Deckgläser mit 18 – 22 mm Kantenlänge)
- Heizplatte
- rundgebogene Pinzette oder Deckglaspinzette
- Naphrax
- Präparatekasten oder -mappe
- Etiketten

Notwendige Angaben zur Beschriftung des Objektträgers:

- Codierung (eindeutige Kennung, die den Bezug zu allen Begleitinformationen sowie der präparierten Probe herstellt)
- Gewässer (eindeutige Kennung)
- Probestelle/Transekt (eindeutige Kennung)
- Datum der Probenahme
- Taxonomische/r Bearbeiter/in

Materialien für die mikroskopische Analyse

- Lichtmikroskop mit 400- bis 1250-facher Vergrößerung mit Mess- und Fotoausrüstung zur Dokumentation der gefundenen Taxa, Differenzial-Interferenzkontrast nach Nomarski (DIC) mit Plan-apochromatisches Objektiv für DIC oder vergleichbare Optik
- Numerische Apertur des Objektivs: 1.30 oder größer
- Immersionsöl
- Linsenputzpapier und Reinigungsmittel
- Bestimmungsprotokoll
- Bestimmungsliteratur

10.4.3.4 Bestimmungsliteratur Diatomeen

- HOFMANN, G., LANGE-BERTALOT, H. & WERUM, M. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 908 S.
- KRAMMER, K. (1992): *Pinnularia*. Eine Monographie der europäischen Taxa. Bibliotheca Diatomologica 26, J. Cramer / Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 278 S.
- KRAMMER, K. (1997a): Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1: Allgemeines und Encyonema. Bibliotheca Diatomologica 36, Verlag J. Cramer (Gebrüder Borntraeger), Berlin/Stuttgart, 382 S.
- KRAMMER, K. (1997b): Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2: Encyonopsis und Cymbellopsis. Allgemeines und Encyonema. Bibliotheca Diatomologica 37, Verlag J. Cramer (Gebrüder Borntraeger), Berlin/Stuttgart, 469 S.
- KRAMMER, K. (2000): The genus *Pinnularia*. In: LANGE-BERTALOT, H. (Ed.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and comparable habitats. Volume 1, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 703 S.
- KRAMMER, K. (2002): *Cymbella*. In: LANGE-BERTALOT (Ed.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and comparable habitats. Volume 3, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell, 584 S.
- KRAMMER, K. (2003): *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. In: LANGE-BERTALOT, H. (Ed.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and comparable habitats. Volume 4, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell, 530 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacilliarophyceae, 1. Teil: Naviculaceae – In: Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Hrsg.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/1, G. Fischer, Jena, 876 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1999): Bacilliarophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae - In: Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Hrsg.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/2, ergänze 2. Auflage, G. Fischer, Jena, 611 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (2000): Bacilliarophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae - In: Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Hrsg.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/3, G. Fischer, Jena, mit Ergänzungsteil, 599 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (2004): Bacilliarophyceae, 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4 - In: Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Hrsg.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/4, G. Fischer, Jena, ergänzte 2. Auflage, 461 S.
- LANGE-BERTALOT, H. (1993): 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bibliotheca Diatomologica 27, Verlag J. Cramer (Gebrüder Borntraeger), Berlin, Stuttgart, 456 S.

- LANGE-BERTALOT, H. (2001): *Navicula* sensu stricto. 10 genera separated from *Navicula* sensu lato. Frustulia. In: LANGE-BERTALOT, H. (Ed.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Volume 2, A.R.G. Gantner Verlag K. G., 526 S.
- LANGE-BERTALOT, H., BAK, M., WITKOWSKI, A. & TAGLIAVENTI, N. (2011): *Eunotia* and some related genera. In: LANGE-BERTALOT, H. (Ed.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. Volume 6, A.R.G. Gantner Verlag K. G., 747 S.
- LANGE-BERTALOT, H. HOFMANN, G. & WERUM, M. & CANTONATI, M. (2017): Freshwater benthic diatoms of central Europe: Over 800 common species used in ecological assessment, Koeltz Botanical Books, Schmitten-Oberreifenberg, 942 S.
- LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1996): Indikatoren der Oligotrophie. Iconographia Diatomologica 2, Koeltz Scientific Books Koenigstein, 390 S.
- LANGE-BERTALOT, H. & MOSER, G. (1994): *Brachysira*. Bibliotheca Diatomologica 29, J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 212 S.
- LEVKOV, Z. (2009): *Amphora* sensu lato. In: LANGE-BERTALOT, H. (Hrsg.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Bd. 5, A.R.G. Gantner Verlag K. G., 916 S.
- REICHARDT, E. (1995): Die Diatomeen (Bacillariophyceae) in Ehrenbergs Material von Cayenne, Guyana Gallica (1843), Iconographia Diatomologica 1, Koeltz Scientific Books, Königstein, 107 S.
- REICHARDT, E. (1999): Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Iconographia Diatomologica 8, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell, 203 S.
- VAN DE VIJVER, B., Beyens, L. & LANGE-BERTALOT, H. (2004): The Genus *Stauroneis* in the Arctic and (Sub-) Antarctic Regions, Bibliotheca Diatomologica 51, J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 31 S.
- WERUM, M., REICHARDT, E. DRESSLER, M. & WERNER, P. (2024): Ergänzungsband Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis, über 580 Arten und ihre Ökologie. Koeltz Botanical Books, Schmitten-Oberreifenberg, ca. 800 S.
- WITKOWSKI, A., LANGE-BERTALOT, H. & H. METZELTIN, D. (2000): Diatom Flora of marine coasts - I. Iconographia Diatomologica 7, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell, 925 S.

10.4.3.5 Zwingend erforderliche Nominatvarietäten

Taxa, für die eine Eingabe der Nominatvarietät zwingend erforderlich ist, um von der Phylib-Bewertungssoftware berücksichtigt zu werden (aktive Taxa nach BTL 05/2020).

Lfd. Nr.	DV-Nr.	Taxon	Autor
1	26060	<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	(KÜTZING) CZARNECKY
2	6043	<i>Caloneis amphisbaena</i> f. <i>amphisbaena</i>	(BORY) CLEVEI
3	6304	<i>Caloneis schumanniana</i> var. <i>schumanniana</i>	(GRUNOW) CLEVE
4	6021	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	EHRENBERG
5	6057	<i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>elliptica</i>	(BRÉBISSON) W. SMITH

Lfd. Nr.	DV-Nr.	Taxon	Autor
6	6031	<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>solea</i>	(BRÉBISSON) W. SMITH
7	6979	<i>Cymbella cymbiformis</i> var. <i>cymbiformis</i>	C. AGARDH
8	6184	<i>Cymbella helvetica</i> var. <i>helvetica</i>	KÜTZING
9	6167	<i>Diatoma hyemalis</i> var. <i>hyemalis</i>	(ROTH) HEIBERG
10	6209	<i>Diatoma moniliformis</i> ssp. <i>moniliformis</i>	KÜTZING
11	26319	<i>Encyonema vulgare</i> var. <i>vulgare</i>	KRAMMER
12	6353	<i>Epithemia turgida</i> var. <i>turgida</i>	(EHRENBERG) KÜTZING
12	6213	<i>Eunotia bilunaris</i> var. <i>bilunaris</i>	(EHRENBERG) MILLS
14	6975	<i>Eunotia exigua</i> var. <i>exigua</i>	(BRÉBISSON) RABENHORST
15	6359	<i>Eunotia fallax</i> var. <i>fallax</i>	A. CLEVE
16	6168	<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>pectinalis</i>	(KÜTZING) RABENHORST
17	6851	<i>Eunotia praeurupta</i> var. <i>praeurupta</i>	EHRENBERG
18	6033	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	DESMAZIÈRES
19	6915	<i>Fragilaria famelica</i> var. <i>famelica</i>	(KÜTZING) LANGE-BERTALOT
20	6076	<i>Fragilaria leptostauron</i> var. <i>leptostauron</i>	(EHRENBERG) HUSTEDT
21	6187	<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>rhomboides</i>	(EHRENBERG) DE TONI
22	6080	<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>acuminatum</i>	EHRENBERG
23	6081	<i>Gomphonema augur</i> var. <i>augur</i>	EHRENBERG
24	6867	<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	(HORNEMANN) BRÉBISSON
25	6158	<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	KÜTZING
26	16535	<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>saprophilum</i>	LANGE-BERTALOT & REICHARDT
27	6036	<i>Gyrosigma acuminatum</i> var. <i>acuminatum</i>	(KÜTZING) RABENHORST
28	16894	<i>Karayevia clevei</i> var. <i>clevei</i>	(GRUNOW) BUKHTIYAROVA
29	16281	<i>Mastogloia elliptica</i> var. <i>elliptica</i>	(C. AGARDH) CLEVE
30	6444	<i>Mastogloia smithii</i> var. <i>smithii</i>	THWAITES
31	26469	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>atomus</i>	(KÜTZING) LANGE-BERTALOT
32	6026	<i>Meridion circulare</i> var. <i>circulare</i>	(GREVILLE) C. AGARDH
33	6010	<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	KÜTZING
34	6094	<i>Navicula menisculus</i> var. <i>menisculus</i>	SCHUMANN
35	6103	<i>Navicula radiosa</i> var. <i>radiosa</i>	KÜTZING
36	6221	<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i>	LANGE-BERTALOT
37	6037	<i>Navicula viridula</i> var. <i>viridula</i>	(KÜTZING) EHRENBERG
38	6820	<i>Neidium affine</i> var. <i>affine</i>	(EHRENBERG) PFITZER
39	6566	<i>Neidium bisulcatum</i> var. <i>bisulcatum</i>	(LAGERSTEDT) CLEVE
40	6110	<i>Neidium productum</i> var. <i>productum</i>	(W. SMITH) CLEVE
41	16048	<i>Nitzschia calida</i> var. <i>calida</i>	GRUNOW
42	6964	<i>Nitzschia capitellata</i> var. <i>capitellata</i>	HUSTEDT
43	6008	<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i>	(KÜTZING) GRUNOW
44	16406	<i>Nitzschia epithemoides</i> var. <i>epithemoides</i>	GRUNOW
45	6195	<i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>filiformis</i>	(W. SMITH) VAN HEURCK
46	6025	<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i>	GRUNOW
47	6196	<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	(KÜTZING) GRUNOW
48	6888	<i>Nitzschia levidensis</i> var. <i>levidensis</i>	(W. SMITH) GRUNOW
49	16423	<i>Nitzschia liebetruthii</i> var. <i>liebetruthii</i>	RABENHORST
50	6024	<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>linearis</i>	(C. AGARDH) W. SMITH
51	6011	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	(KÜTZING) W. SMITH
52	6119	<i>Nitzschia tryblionella</i> var. <i>tryblionella</i>	HANTZSCH
53	6622	<i>Pinnularia angusta</i> var. <i>angusta</i>	(CLEVE) KRAMMER
54	6623	<i>Pinnularia appendiculata</i> var. <i>appendiculata</i>	(C. AGARDH) CLEVE
55	6122	<i>Pinnularia biceps</i> var. <i>biceps</i>	GREGORY
56	6148	<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>	EHRENBERG

Lfd. Nr.	DV-Nr.	Taxon	Autor
57	6626	<i>Pinnularia brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i>	(KÜTZING) RABENHORST
58	6632	<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>divergens</i>	W. SMITH
59	6633	<i>Pinnularia divergentissima</i> var. <i>divergentissima</i>	(GRUNOW) CLEVE
60	16546	<i>Pinnularia esoxiformis</i> var. <i>esoxiformis</i>	FUSEY
61	6635	<i>Pinnularia frauenbergiana</i> var. <i>frauenbergiana</i>	REICHARDT
62	6639	<i>Pinnularia globiceps</i> var. <i>globiceps</i>	GREGORY
63	6811	<i>Pinnularia lundii</i> var. <i>lundii</i>	HUSTEDT
64	6124	<i>Pinnularia mesolepta</i> var. <i>mesolepta</i>	(EHRENBERG) W. SMITH
65	6125	<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>microstauron</i>	(EHRENBERG) CLEVE
66	6651	<i>Pinnularia neomajor</i> var. <i>neomajor</i>	KRAMMER
67	6111	<i>Pinnularia nobilis</i> var. <i>nobilis</i>	(EHRENBERG) EHRENBERG
68	6652	<i>Pinnularia nodosa</i> var. <i>nodosa</i>	(EHRENBERG) W. SMITH
69	6842	<i>Pinnularia polyonca</i> var. <i>polyonca</i>	(BRÉBISSON) W. SMITH
70	26714	<i>Pinnularia rabenhorstii</i> var. <i>rabenhorstii</i>	(GRUNOW) KRAMMER
71	26777	<i>Pinnularia rhombarea</i> var. <i>rhombarea</i>	KRAMMER
72	6659	<i>Pinnularia rupestris</i> var. <i>rupestris</i>	HANTZSCH
73	6663	<i>Pinnularia stomatophora</i> var. <i>stomatophora</i>	(GRUNOW) CLEVE
74	26914	<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subcapitata</i>	GREGORY IN KRAMMER (2000)
75	6666	<i>Pinnularia subcommutata</i> var. <i>subcommutata</i>	KRAMMER
76	6667	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>subgibba</i>	KRAMMER
77	6670	<i>Pinnularia subrupestris</i> var. <i>subrupestris</i>	KRAMMER
78	6674	<i>Pinnularia viridiformis</i> var. <i>viridiformis</i>	KRAMMER
79	16603	<i>Placoneis pseudanglica</i> var. <i>pseudanglica</i>	(LANGE-BERTALOT) COX
80	16606	<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>frequentissimum</i>	(LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT
81	26069	<i>Planothidium oestrupii</i> var. <i>oestrupii</i>	(CLEVE-EULER) ROUND & BUKHTIYAROVA
82	41038	<i>Pseudostausira parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	(W. SMITH) MORALES
83	16612	<i>Sellaphora laevis</i> var. <i>laevis</i>	(KÜTZING) D. G. MANN
84	16614	<i>Sellaphora pupula</i> var. <i>pupula</i>	(KÜTZING) MERESCHKOWSKY
85	6129	<i>Stauroneis anceps</i> var. <i>anceps</i>	EHRENBERG
86	6131	<i>Stauroneis smithii</i> var. <i>smithii</i>	GRUNOW
87	6693	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i>	KRAMMER & LANGE-BERTALOT
88	6135	<i>Surirella linearis</i> var. <i>linearis</i>	W. SMITH
89	6091	<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>flocculosa</i>	(ROTH) KÜTZING

10.4.3.6 Anzahl der für eine gesicherte Berechnung des Referenzartenquotienten benötigten Taxa

Typisierung bzw. Gruppierung nach Diatomeen	Typisierung künstlicher und erheblich veränderter Seen sowie der natürlichen Seen im karbonatischen Mittelgebirge	Anzahl der benötigten indikativen Taxa
Alpen und Alpenvorland		
DS 1.2	karbonatische Gewässer der Alpen und des Alpenvorlands mit einer Volumenentwicklung < 0,4	12
DS 1.1	karbonatische Gewässer der Alpen und des Alpenvorlands mit einer Volumenentwicklung > 0,4	12
Mittelgebirge incl. Oberrheinisches Tiefland		
DS 5	karbonatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	12
ALT /BS Aue	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue ohne Rheinbindung, geschichtet, großes EZG	8
ALT /BS gRh	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue mit Rheinbindung, geschichtet	8
DS 6	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	8
ALT nat	natürliche Altrheine, ungeschichtet	8
ALT /BS pRh	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue mit Rheinbindung, ungeschichtet	8
DS 7	karbonatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	12
ALT /BS Aue	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue ohne Rheinbindung, geschichtet, kleines EZG	8
DS 8	silikatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	12
DS 9	silikatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	12
Norddeutsches Tiefland		
DS 10.1	karbonatische geschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (VQ > 1,5)	12
DS 10.2	karbonatische geschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (VQ > 1,5)	12
DS 11	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (VQ > 1,5) und einer Verweildauer von > 30 Tagen	8
DS 12	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5) und einer Verweildauer von 3 bis 30 Tagen	8
DS 13.1	Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit über zehn Jahren	12
DS 13.1 _{Nordwest}	Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit über zehn Jahren, im Nordwesten Deutschlands gelegen	12
DS 13.2	Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit zwischen zehn Jahren und einem Jahr (P-limitiert)	12
DS 14	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	8
Ökoregion unabhängig		
DS sauer	saure und versauerte Gewässer	12

10.5 Ermittlung der Biozönotischen Seetypen für natürliche Seewasserkörper

Typen (MATHES et al. (2002))	Makrophyten-Typologie	Diatomeen-Typologie
2, 3, 4	AKs - 2, AKs - 3, AKs - 4 karbonatische geschichtete Wasserkörper der Alpen und des Alpenvorlandes (incl. Untertyp extrem steile Stellen der Alpenseen)	DS 1.1 Seen der Alpen und des Alpenvorlandes mit einer Volumenentwicklung > 0,4
1	AKp - 1 karbonatische polymiktische Wasserkörper der Alpen und des Alpenvorlandes	DS 1.2 Seen der Alpen und des Alpenvorlandes mit einer Volumenentwicklung < 0,4
9	MTS - 9, MTS - s, MTS - g silikatisch geprägte Wasserkörper der Mittelgebirge und des Tieflandes sowie Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6 (Untertyp MTS - s mit Modul Versauerung und MTS - g ohne Modul Versauerung)	DS 9 Silikatische Seen der Mittelgebirge (Untertyp DS-s mit Modul Versauerung)
10*	TKg - 10 stabil geschichtete karbonatische Wasserkörper des Tieflandes mit relativ großem EZG	DS 10.1 Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit zwischen zehn Jahren und einem Jahr (P-limitiert) DS 10.2 Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit unter einem Jahr (N-limitiert)
13*	TKg - 13 stabil geschichtete karbonatische Wasserkörper des Tieflandes mit relativ kleinem EZG	DS 13.1 Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit über zehn Jahren DS 13.1 _{Nordwest} Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit über zehn Jahren, im Nordwesten Deutschlands gelegen DS 13.2 Geschichtete Seen mit einer Verweilzeit zwischen zehn Jahren und einem Jahr (P-limitiert)
11*	TKp - 11 TKp - 12 TKp - 14 polymiktische karbonatische Wasserkörper des Tieflandes	DS 11 Ungeschichtete Seen mit einer Verweilzeit über 30 Tagen
12*		DS 12 Flussseen mit einer Verweilzeit unter 30 Tagen
14*		DS 14 Ungeschichtete Seen mit einer Verweilzeit über zehn Jahren

* in Einzelfällen ist im Norddeutschen Tiefland der Typ MTS - x für die Makrophytenbewertung zu verwenden: Stellen silikatisch geprägter Wasserkörper der Mittelgebirge und des Tieflandes sowie Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6

10.6 Ermittlung der Biozönotischen Seetypen für künstliche und erheblich veränderte Seewasserkörper sowie Seen des karbonatischen Mittelgebirges

Typ (Mathes et al. 2002)	Typisierung künstlicher und erheblich veränderter Seen sowie der natürlichen Seen im karbonatischen Mittelgebirge Makrophyten	Makrophytentyp	Gruppierung nach Diatomeen	Typisierung künstlicher und erheblich veränderter Seen sowie der natürlichen Seen im karbonatischen Mittelgebirge Diatomeen	Diatomeentyp	Beispiele künstlicher und erheblich veränderter Gewässer
Ökoregion Alpen und Alpenvorland						
1, 2, 3, 4	karbonatische Gewässer der Alpen und des Alpenvorlands mit einer Volumenentwicklung < 0,4	AKp - 1	DS 1.2	karbonatische Gewässer der Alpen und des Alpenvorlands mit einer Volumenentwicklung < 0,4	DS 1.2	Grüntensee, Rottachsee, Langwieder See, Lerchenauer See
2, 3, 4	karbonatische Gewässer der Alpen und des Alpenvorlands mit einer Volumenentwicklung > 0,4	AKs - 2, AKs - 3, AKs - 4	DS 1.1	karbonatische Gewässer der Alpen und des Alpenvorlands mit einer Volumenentwicklung > 0,4	DS 1.1	Walchensee
Ökoregion Mittelgebirge (incl. Oberrheinisches Tiefland)						
5	karbonatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5) -> Bewertbarkeit von Talsperren siehe Kapitel 3.2.2	MKg - 5	DS 5	karbonatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	DS 5	TS Lichtenberg, TS Saidenbach TS Hohenwarte, Wölfersheimer See
			ALT/BS Aue (VQ>1,5)	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue ohne Rheinbindung, geschichtet, großes EZG	DS 5.1	Vorderer Roxheimer Altrhein Baggersee im Ochsenfeld
			ALT/BS gRh	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue mit Rheinbindung, geschichtet	DS 5.2	Angelhofer Altrhein, Otterstädter Altrhein, Kiefweiher, Schäferweiher, Landeshafen Wörth
6	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5) -> Bewertbarkeit von Talsperren siehe Kapitel 3.2.2	MKp - 6	DS 6	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	DS 6	Mainflingener See, Werratalsee TS Pirk, Twistetalsperre
			ALT nat	natürliche Altrheine, ungeschichtet	DS 6.1*	Neuhofener Altrhein
			ALT/BS pRh	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue mit Rheinbindung, ungeschichtet	DS 6.2	Lingenfelder Altrhein
7	karbonatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5) -> Bewertbarkeit von Talsperren siehe Kapitel 3.2.2	MKg - 7	DS 7	karbonatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	DS 7	Borkener See, Exbergsee Hellkopfsee, Sorpetalsperre
			ALT/BS Aue (VQ<1,5)	Altrheine und Baggerseen in der Rheinaue ohne Rheinbindung, geschichtet, kleines EZG	DS 7.1	Silbersee
8	silikatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem EZG (VQ > 1,5) -> Bewertbarkeit von Talsperren siehe Kapitel 3.2.2	MTS - 8	DS 8	silikatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	DS 8	Oleftalsperre, TWT Mauthaus, Eixendorfer See

Typ (Mathes et al. 2002)	Typisierung künstlicher und erheblich veränderter Seen sowie der natürlichen Seen im karbonatischen Mittelgebirge Makrophyten	Makrophytentyp	Gruppierung nach Diatomeen	Typisierung künstlicher und erheblich veränderter Seen sowie der natürlichen Seen im karbonatischen Mittelgebirge Diatomeen	Diatomeentyp	Beispiele künstlicher und erheblich veränderter Gewässer
9	silikatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5) -> Bewertbarkeit von Talsperren siehe Kapitel 3.2.2	MTS - 9	DS 9	silikatische geschichtete Gewässer des Mittelgebirges mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	DS 9	Förmitzstausee
-	silikatische ungeschichtete Gewässer des Mittelgebirges	-	-	silikatische ungeschichtete Gewässer des Mittelgebirges	-	Dreifelder Weiher, Wiesensee (RP), Krombachtalsperre
Ökoregion Norddeutsches Tiefland						
10	karbonatische geschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5)	TKg - 10**	DS 10.1	karbonatische geschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (VQ > 1,5)	DS 10.1	SP Borna, SP Lohsa Friedersdorf, Olbersdorfer See
11	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (VQ > 1,5) und einer Verweildauer von > 30 Tagen	TKp - 11**	DS 11	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (VQ > 1,5) und einer Verweildauer von > 30 Tagen	DS 11*	Gr. Teich Torgau, TS Quitzdorf, SP Radeburg 2, Altrhein Xanten
12	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem EZG (VQ > 1,5) und einer Verweildauer von 3 bis 30 Tagen Bewertbarkeit von Talsperren siehe Kapitel 3.2.2	TKp - 12**	DS 12	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit großem Einzugsgebiet (Volumenquotient > 1,5) und einer Verweildauer von 3 bis 30 Tagen	DS 12	Muldestausee
13	karbonatische geschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	TKg - 13**	DS 13.2	karbonatische geschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	DS 13.2	Markkleeberger See, Xantener Nordsee
14	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	TKp - 14**	DS 14	karbonatische ungeschichtete Gewässer des Norddeutschen Tieflands mit kleinem Einzugsgebiet (Volumenquotient < 1,5)	DS 14	Lohheidensee, Otto-Maigler-See, Neustädter See; Bienener Altrhein
Ökoregionunabhängig						
-	geogen saure Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6 (ohne Modul Versauerung)	MTS - g	DS 9	geogen saure Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6 (ohne Modul Versauerung)	DS 9	
-	versauerte Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6 (mit Modul Versauerung)	MTS - s	DS sauer	versauerte Gewässer (mit Modul Versauerung)	DS s	Brückelsee, Murnersee, Steinberger See, Knappensee

* in Einzelfällen sind natürliche Altrheine dem LAWA-Typ 11 zugehörig. Diese können ebenfalls mit dem Diatomeentyp DS 6.1 bewertet werden.

** in Einzelfällen ist im Norddeutschen Tiefland der Typ MTS - x für die Makrophytenbewertung zu verwenden: Stellen silikatisch geprägter Wasserkörper der Mittelgebirge und des Tieflands sowie Gewässer mit einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6

