

VERFAHRENSANLEITUNG FÜR DIE BEWERTUNG VON PLANKTON- DOMINIERTEN FLÜSSEN UND STRÖMEN MIT PHYTOPLANKTON GEMÄß EG-WASSERRAHMENRICHTLINIE

PHYTOFLUSS VERSION 5.1.X

- STAND 30.NOVEMBER 2022

Autoren: Ute Mischke & Ursula Riedmüller



Hochrhein bei Ellikon (PP-Typ 10.1)
© Ursula Riedmüller



Restrhein (Oberrhein) bei Bad Bellingen
(PP-Typ 10.1) © Roland Höfer



Unterhavel bei Berlin (PP-Typ 20.2) © Ute Mischke



Trebel bei Voitnick (PP-Typ 23) © Ute Mischke

Titisee, Wielenbach und Freiburg im November 2022

Finanzierung durch das Umweltbundesamt im Rahmen des Projektes

Online-Version der Systeme zur biologischen Fließgewässerbewertung

Förderkennzeichen 3716 24 209 0

Antragsteller und Projektleitung

Universität Duisburg-Essen, vertreten durch den Kanzler

Ausführende Stelle: Abteilung Aquatische Ökologie, 45117 Essen, Prof. Dr. Daniel Hering



AUTOREN:

Dr. Ute Mischke

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 83: Ökologie der Flüsse und Seen

Demollstraße 31, 82407 Wielenbach

Tel. 0821-9071-1150, E-Mail: ute.mischke@lfu.bayern.de

Dipl. Biol. Ursula Riedmüller

BNÖ - Büro für Nutzung und Ökologie der Binnengewässer

Erlenweg 13, 79822 Titisee-Neustadt

Tel. 07651-93666-4, E-Mail: bnoe@gewaesserfragen.de

PROJEKTLEITUNG:

Dipl. Biol. Eberhard Hoehn,

LBH - Limnologiebüro Hoehn Freiburg

Glümerstr. 2a, D-79102 Freiburg

E-Mail: lbh@gmx.de

ZITIERVORSCHLAG:

Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E. (2022): Verfahrensanleitung für die Bewertung von planktondominierten Flüssen und Strömen mit Phytoplankton gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie. PhytoFluss Online Version 5.1.x. Stand 30. November 2022. 31 S. inkl. Anhang.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Historie des PhytoFluss-Verfahrens	4
2	Untersuchungsumfang und Verfahrensbeschreibung	6
2.1	Anwendungsbereich	6
2.2	Erforderlicher Untersuchungsumfang	6
2.2.1	Probestellenwahl und Probenahmehäufigkeit	6
2.2.2	Probenumfang, zu untersuchende Parameter und Proben-Fixierung	7
2.2.3	Weiterverarbeitung der Proben im Labor	8
3	Schritt-für-Schritt-Berechnung des Gesamtindex PhytoFluss	12
3.1	Übersicht zu PhytoFluss Version 5.1.x	12
3.2	Datenanforderung und Bewertungssicherheit	13
3.3	Zuordnung von Phytoplankton-Fließgewässertyp und PhytoFluss-Region	14
3.4	Metrik Biomasse	16
3.5	Metrik Arten-Trophieindex TIP	18
3.6	Gesamtindex PhytoFluss	21
4	Handhabung des PhytoFluss Online-Tools	22
5	Literatur	27
6	Annex 1: Kurzdarstellung der Algenklassen-Metriks	29

1 Einführung und Historie des PhytoFluss-Verfahrens

Zur Bewertung von Plankton-führenden Flüssen in Deutschland wurde von Mischke et al. (2005) ein EG-WRRL konformes Bewertungsverfahren entwickelt, welches bis Mitte 2006 in einem Praxistest (Mischke 2006, Mischke & Behrendt 2007) überarbeitet wurde. Weitere Modifikationen des Auswertetools PhytoFluss erfolgten im April 2008, im Juni 2009 sowie im Mai 2011 (Böhmer & Mischke 2011, PhytoFluss-Version 2.2, Stand 09.05.2011). Die Version 2.2, welche im Mai 2011 veröffentlicht wurde und viele Jahre als offizielle Version galt, entsprach im Wesentlichen dem im Handbuch von Mischke & Behrendt (2007) dargestellten Verfahren.

Im Jahr 2013 fand eine Überarbeitung des Biomasse- und des Artenzusammensetzungs-Metriks TIP statt, was zur Version 3.0 führte (Mischke & Riedmüller 2013). Der Biomasse-Metrik erfuhr eine Erweiterung um die Kenngröße Chlorophyll a-Maximum (Jahresmaximum). Zusätzlich wurde die Option geschaffen, alternativ mit dem Chlorophyll a-DIN-Wert (Chlorophyll a mit Phaeophytin-Abzug) zu bewerten. Der Artenindex TIP wurde komplett überarbeitet. Für die drei Regionen Donaugebiet, Mittelgebirge und norddeutsches Tiefland wurde jeweils eine eigene Indikatorliste erstellt. Die seit ungefähr 2006 differenzierteren taxonomischen Ausarbeitungen in den Labors ermöglichten eine in höherem Maße auf Artniveau fußende Bioindikation. Im Verfahren hatte dies eine größere Bewertungssicherheit und Stressorsensitivität insbesondere hinsichtlich Gesamtphosphor zur Folge.

Die Algenklassen-Metriks wurden bei der Überarbeitung 2013 nicht verändert und entsprachen noch der PhytoFluss-Version 2.2. Da diese jedoch immer wieder zu unplausiblen Bewertungen führten, wurden sie in der PhytoFluss-Version 4.0 ohne Ersatz gestrichen (s. Mischke 2016b). Sie sind in den Versionen ab 4.x inaktiviert und werden nur noch informativ ausgegeben.

Die Version 4.0 (Böhmer & Mischke 2016) enthält zudem Änderungen in der Mittelwertbildung zur Gesamtbewertung. Für jeden Phytoplankton-Fließgewässertyp wurde eine eigene Gewichtung für die Metriks Biomasse und TIP abgeleitet, welche sich an der Korrelation zur Belastungsgröße Gesamtphosphor orientiert.

Die PhytoFluss-Versionen 2.2 und 4.0 wurden in den XGIG-Gruppe "Large Rivers" erfolgreich interkaliбриert (Mischke 2015, 2016a) und sind offiziell anerkannt (EU 2018/229).

Die Version 4.0 wurde einem umfangreichen Praxistest unterzogen. Dies erfolgte durch Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde (Becker & Fischer 2018) und wurde von einem Beirat begleitet. Der ermittelte Verbesserungsbedarf kam im März 2018 in der Version 4.1 größtenteils zur Umsetzung (Mischke et al. 2018c), welche als Testversion des Accesstools den Anwendern fortan zur Verfügung stand.

Parallel begann im Jahr 2019 im Rahmen eines UBA-Projektes die Umsetzung des Verfahrens in eine Online-Anwendung. Der Programmierer für den Rechenkern ist Robert Vogl (IRV-Software, Wien). Im Projekt federführend ist die Universität Duisburg-Essen.

Die im Verfahren integrierte "Harmonisierte Taxaliste des Phytoplanktons" (HTL) befand sich bei der Erstellung des Online-Tools 5.0.x noch in der Überarbeitungsphase (s. Mischke et al. 2018a/b). In der Version 5.0.x wurde noch die HTL nach Mischke & Kusber (2011) verwendet. Die Implementierung der revidierten HTL von Mischke et al. (2020) erfolgte in der Online-Version 5.1.x.

Die Tabelle 1 gibt in groben Zügen die Charakteristika der in jüngerer Zeit entwickelten PhytoFluss-Versionen wieder sowie die jeweiligen Änderungen, welche zum Versionsupgrade geführt haben.

Verfahrensanleitung PhytoFluss 5.1

Tabelle 1: Änderungen im PhytoFluss-Verfahren seit der langjährig offiziellen Version 2.2 aus dem Jahr 2011.

PhytoFluss-Version	Biomasse	Algenklassen	Artenindex Trophie (TIP)	Gesamtbewertung
Version 2.2 Mai 2011	Chl a-Saisonmittel (unkorrigierte Werte - Gesamtpigment)	typspezifische Bewertung anhand des Vorkommens von Algenklassen	Bewertung anhand des Vorkommens von Indikator taxa (häufig Gattungsniveau) mit typspezifischen Indikatorlisten	arithmetische Mittelwertbildung der Metriks zum Gesamtindex
Version 3.0 Oktober 2013	Erweiterung um den Metrik Chl a-Saisonmaximum, Erweiterung um die Option Bewertung mit Chl a nach DIN (mit Phaeophytin-Abzug)	keine Änderung	Reduktion der Indikatorlisten auf drei Listen: 1. Mittelgebirge, 2. norddeutsches Tiefland und 3. Donaueinzugsgebiet, Indikator taxa meist auf Artniveau, Artenindex als "abundanzgewichteter" Mittelwert inkl. Stenökiefaktor	Einführung der gewässertypspezifisch gewichtete Mittelwertbildung der Einzelmetriks zum Gesamtindex
Version 4.0 Mai 2016	keine Änderung	Streichung aller Algenklassen-Metriks in der Berechnung des Gesamtindex	keine Änderung	Vereinfachung in der gewässertypspezifisch gewichteten Mittelwertbildung der Einzelmetriks zum Gesamtindex
Version 4.1 März 2018	Bewertung von Chlorophyll a nach DIN bekommt Vorrang vor Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert), bis dahin war es umgekehrt	keine Änderung	Änderungen nach Vorschlägen im Praxistest der BfG von Becker & Fischer (2018) sowie nach Expertenanhörung zur Bestimmbarkeit von Indikator taxa; nach LAWA-Expertenkreis Fließgewässer wurden einige Tiefland-Indikator taxa der Version 2.2 in die Tiefland-Indikatorliste TIP wieder eingefügt	keine Änderung
PhytoFluss Version 5.0.x Online April 2020	Chl a-Messungen ohne gleichzeitige Phytoplanktonprobe werden in Bewertung nicht berücksichtigt	keine Änderung	Korrekturen in den Indikatorlisten: Entfernen von Doppelnennungen, Bestimmbarkeit, neue Taxonomie auch in Vorausschau auf die HTL 2020, Stenökiefaktoren von weiter verbreiteten Taxa v. a. der Tieflandliste auf 1/0,5 gesetzt, BV-Aggregation auf Ebene des Indikator taxons statt zuvor in den Versionen 3.0 bis 4.1 auf Ebene des gefundenen Taxons oder der gefundenen Größenklasse (HTL-ID)	Erweiterung des Bewertungszeitraums: Einbeziehung von Märzterminen Einführen von zwei Qualitätssicherungsregeln QS-Regel 1: mittlere Anzahl der TIP-Indikator taxa mind. 4,0 im Saisonmittel, QS-Regel 2: mind. 15 verschiedene Phytoplankton taxa im Untersuchungsjahr; technisches Update zur Online-Anwendung
PhytoFluss Version 5.1.x Online Oktober 2021	Chl a-Messungen ohne gleichzeitige Phytoplanktonprobe werden in Bewertung wieder berücksichtigt	keine Änderung	Einführung der HTL 2020 und fortan vollumfängliche Nutzung der Indikatorliste 5.0 möglich, weitere Korrekturen in den Indikatorlisten, Einführung Übersetzungsliste DV-Nr. zu HTL-ID	Änderungen in den Indikatorlisten mit eher geringem Einfluss auf die Bewertungsergebnisse, Änderungen im Biomasse-Metrik (s. links) in den betroffenen Jahrgängen teils höher

Die detaillierte Versionsgeschichte ist in einem gesonderten Dokument beschrieben (s. Riedmüller et al. 2021) und ist u. a. auf der Internetseite <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de> verfügbar.

2 Untersuchungsumfang und Verfahrensbeschreibung

2.1 Anwendungsbereich

Das PhytoFluss-Verfahren ist für (potenziell) planktonführende Fließgewässer entwickelt, welche unter natürlichen Abflussbedingungen im Saisonmittel zwischen März/April und Oktober eine mittlere Chlorophyll-a-Konzentration über 20 µg/l aufweisen können. Dazu zählen alle sehr großen Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer als 10.000 km². Zusätzlich werden in Deutschland mittelgroße Tiefland- und Mittelgebirgsflüsse hinsichtlich Phytoplankton untersucht, da ihre natürlichen physikalischen Gegebenheiten durch eine lange Fließstrecke, ein geringes Gefälle oder durch eingebundene Flusseen ein erhebliches Wachstum von Planktonalgen erlauben. Bäche und kleine Flüsse sind von einer Bewertung mit Phytoplankton ausgenommen.

Falls Abschnitte von Fließgewässern nicht bewertungsrelevanter Typen dennoch hohe Chlorophyll a-Werte (nach DIN) aufweisen, welche im Saisonmittel 30 µg/l überschreiten, so werden diese als degradiert und "nicht mehr im guten Zustand befindlich" betrachtet.

2.2 Erforderlicher Untersuchungsumfang

In den folgenden Kapiteln sind die wesentlichen Aspekte zu Beprobung und Bearbeitung der Proben im Labor beschrieben. Weitere Informationen z. B. zur taxonomischen Analyse und der Utermöhl-Methode sind auch dem "Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL in Deutschland" von Mischke & Behrendt (2007) sowie der Veröffentlichung von Nixdorf et al. (2010) zu entnehmen.

2.2.1 Probestellenwahl und Probenahmehäufigkeit

Die **Stellen der Probenentnahme** sollen in freifließenden Abschnitten liegen. Staubereiche und künstlich stark aufgeweitete oder vertiefte Bereiche sind zu meiden, da sich dort die Fließgeschwindigkeit oft erheblich verlangsamt, was zu Einschichtungen oder zur Sedimentation des Phytoplanktons führen kann. Die Beprobung von Brücken ist zulässig, sofern die strömungszugewandte Seite gewählt wird.

Folgende Gewässerbereiche sind für Probestellen nicht geeignet:

- künstliche Staubereiche in Zusammenhang mit Wasserkraftanlagen, Pegeln oder Schleusen
- Gewässerabschnitte direkt unterhalb von Staustufen
- vertiefte Bereiche wie z. B. Hafenbecken oder tiefe Schifffahrtsrinnen (Faustregel: ungeeignet, wenn um mehr als ein Drittel vertieft gegenüber der "normalen" Tiefe)
- künstlich aufgeweitete Bereiche (Faustregel: ungeeignet, wenn auf mehr als das Doppelte aufgeweitet gegenüber der "normalen" Breite)

Die Proben sollten **in der Strommitte mit einem Wasserschöpfer** (Ruttner- oder Van-Dorn-Fallschöpfer) in der Regel aus einer Tiefe von 0,5 m entnommen werden. Planktonnetze sind hierzu nicht geeignet.

Die **Probenahmefrequenz** ist in der Oberflächengewässerordnung (OGewV 2016) mit mindestens sechs Proben pro Jahr während der Vegetationsperiode festgelegt. Darunter sollten mindestens vier Termine im Zeitraum Mai bis September liegen. Die Vegetationsperiode wurde ab der PhytoFluss On-

line Version 5.0.0 um den Monat März erweitert und umfasst nun März bis Oktober. Es wird empfohlen, diesen Zeitraum etwa monatlich zu beproben bzw. mindestens sieben Proben zu nehmen, um bei Ausfall einer Probe z. B. durch Glasbruch oder ein Hochwasserereignis noch ausreichend viele Proben für eine gesicherte Bewertung zu haben. Bei weniger als vier Terminen im Untersuchungsjahr wird im Tool keine Bewertung ausgegeben.

Zur Plausibilisierung und ergänzenden Bewertung sind zeitgleich Probenahmen und Analysen zum Nährstoff- und Chloridgehalt zu empfehlen. Des Weiteren wird empfohlen, Chlorophyll a und Nährstoff-Parameter in höherer Frequenz z. B. alle 14 Tage zu messen.

2.2.2 Probenahme vor Ort und Fixierung

An jedem Probenahmetermin sind für die PhytoFluss-Bewertung aus der Potamoplankton-Schöpfprobe aus 0,5 m Tiefe mindestens folgende **drei Teilproben** herzustellen:

1. Chlorophyll a-Probe: 0,5-2 Liter (je nach Algendichte) unfixiert in PET-Flaschen, Transport ins Labor dunkel und kühl. Dort Weiterbehandlung.

2. Phytoplanktonprobe: Lugol-fixiert für die Analyse nach der Utermöhl-Methode, Gefäß: 100 ml-Klarglas-Enghalsflaschen, im Labor: bei gekühlter und luftdichter Lagerung mindestens für ein halbes Jahr haltbar.

3. Diatomeenprobe (Plankton) für die Herstellung eines Diatomeenpräparats. Die Wahl der Fixierungsmethode sollte sich an den erforderlichen Lagerzeiten und –möglichkeiten orientieren, s. hierzu Kap. 2.2.3.3.

- Variante "Filterprobe"(empfohlen): 1 Liter (je nach Algendichte) unfixiert in PET-Flasche, Transport ins Labor dunkel und kühl. Dort Filtrierung. Bei mobiler Filtriermöglichkeit (Handfiltriergerät): 100-1.000 ml Probe (je nach Algendichte, deutliche Färbung des Filters erforderlich) werden über Cellulosenitrat-Membranfilter (0,4-1,0 µm) filtriert. Die Filter werden in Plexiglas-Petrischalen gelagert und müssen bis zur endgültigen Lagerung noch Luft-getrocknet werden.

- Variante "Alkoholprobe" (empfohlen): Die Vorfixierung der Probe erfolgt vor Ort mit 96%igem Ethanol (unvergällt) oder Isopropanol. 0,9 Liter Probe wird in eine 1 Liter Kautexflasche gefüllt und mit Alkohol aufgefüllt, d. h. im Verhältnis 1:9 vorfixiert. Weiteres Einengen und Nachfixieren findet im Labor statt.

- Variante "Lugolprobe": 500 ml Probe (je nach Algendichte oder Notwendigkeit einer Rückstellprobe auch 200-1.000 ml möglich) wird mit handelsüblicher Lugol-Lösung (versetzt mit Natriumacetat) in 500 ml-Klarglas-Enghals-Flaschen fixiert bis die Probe cognacfarbene ist (ca. 4 ml Lugol pro 200 ml Probe). Zunächst keine Weiterbehandlung im Labor, bei gekühlter und luftdichter Lagerung mindestens für ein halbes Jahr bis maximal ein Jahr haltbar.



Cognacfarbene Lugol-Fixierung

Alle Proben werden mit einem Etikett beschriftet, das jeweils den Namen des Gewässers und der Probestelle, das Probenahmedatum sowie möglichst auch eine fortlaufende Labor-Probennummer angibt. Es sollte sichergestellt sein, dass die unfixierten Proben noch am selben Tag zur Filtration im chemischen Labor eingehen.

Falls die **Diatomeen-Analyse** nicht ohnehin für alle Proben durchgeführt wird, muss diese zwingend nachträglich stattfinden, wenn auf Basis der Utermöhl-Analyse die Anzahl der Trophie-Indikatortaxa für die TIP-Berechnung im Saisonmittel unter 4,0 liegt (**1. QS-Regel**). In der Regel sind unter den in Flüssen vorherrschenden Diatomeen - insbesondere bei den Centrales - viele Indikatoren enthalten, welche durch die Diatomeen-Analyse dann verfügbar werden. In der Utermöhl-Analyse müssen jedoch zuvor Zählkategorien (Gattungen oder Größenklassen) von Diatomeen gefunden worden sein, in die dann die taxonomisch differenzierter ermittelten Arten eingefügt werden können (weiteres Prozedere s. auch Nixdorf et al. 2010).

Eine Diatomeen-Analyse ist ebenfalls zwingend notwendig, wenn die **2. QS-Regel** nicht eingehalten wird. Diese besagt, dass im gesamten Untersuchungsjahr mindestens 15 Taxa gefunden werden müssen, um eine gültige Bewertung zu erhalten. Im PhytoFluss-Tool erfolgt eine Warnmeldung (s. Tabelle 2). Allerdings ist dieser Fall in den Untersuchungsbefunden äußerst selten.

Die Analyse von Diatomeenpräparaten empfiehlt sich besonders für die PhytoFluss-Regionen "Mittelgebirge" und "Flüsse im Donaugebiet". Die diesbezüglichen Indikatorlisten halten viele eingestufte Diatomeentaxa auf Artniveau bereit, welche in aller Regel eine gute Indikatorqualität besitzen. Die Trophiebewertung mittels TIP besitzt hier je nach Gewässertyp im Gesamtindex eine stärkere Metrik-Gewichtung als der Biomasse-Metrik.

2.2.3 Weiterverarbeitung der Proben im Labor

2.2.3.1 Chlorophyll a-Probe

Die Chlorophyll a-Konzentration (Chl a) einer Wasserprobe ist spektralphotometrisch zu messen. Sie korreliert mit der Biomasse des enthaltenen Phytoplanktons, da alle Arten dieses Pigment zur Photosynthese nutzen. Deshalb wird die Chl a-Konzentration für das Verfahren PhytoFluss als "Ersatzkenngröße" für die Biomasse des Phytoplanktons verwendet.

Die Wasserproben müssen noch am Probenahmetag mit einer Vakuumpumpe auf einen Glasfilter filtriert werden. Der Filtrerrückstand enthält die Algen und deren Pigmente.

Die Bestimmung der Chl a-Konzentration nach der Norm (DIN 38409-H60 2019) beruht auf der ethanolschen Heißextraktion aus dem Filtrerrückstand und der anschließenden Absorptionsmessung bei 665 nm, wobei auch Phaeopigmente (Abbauprodukte des Chlorophyll) mit erfasst werden. Nach quantitativer Überführung des Chl a in Phaeopigmente mittels Ansäuern wird eine erneute Messung bei 665 nm durchgeführt. Eventuell auftretende Trübungen werden durch Messungen bei 750 nm korrigiert. Aus den photometrischen Analyse-Ergebnissen wird der Chl a-Wert nach DIN (mit Phaeophytin-Abzug) gemäß Norm berechnet.

Für die Bewertung kann sowohl das Gesamtpigment (ohne Phaeophytinabzug, wie in Version 2.2) als auch das "Chl a DIN" (mit Phaeophytinabzug) verwendet werden. Die Berechnung des Gesamtpigments bzw. des Chl a DIN erfolgt nach der folgenden Formeln:

$$\text{Gesamtpigment} = \text{Chl a DIN} + (\text{Phaeophytin}/1,7)$$

$$\text{Chl a DIN} = \text{Gesamtpigment} - (\text{Phaeophytin}/1,7)$$

Im Bewertungstool wird vorrangig Chl a DIN verwendet. Falls in der Spalte kein Eintrag steht, wird Gesamtpigment eingerechnet.

Die Angabe der Pigmentkonzentrationen erfolgt im Verfahren - wie meist üblich - in der Einheit $\mu\text{g/l}$.

2.2.3.2 *Phytoplanktonprobe Utermöhl-Methode*

Ziel der mikroskopischen Analyse sind die taxonomische Bestimmung sowie repräsentative Vermessungen der Algenzellen zur Ermittlung des Biovolumens der Phytoplanktontaxa. Dies erfolgt an speziellen Umkehrmikroskopen nach dem genormten "Utermöhl-Verfahren" (DIN EN 15204). In einem definierten Volumen der Lugol-fixierten Probe werden die Taxa bestimmt, gezählt und in für die Art repräsentativen Anzahlen vermessen. Der Volumenbezug dient der Rückberechnung auf die im Gewässer herrschende Algendichte. Dazu wird je Art ihr Verdrängungsvolumen, das Taxon-Zellvolumen, unter Berücksichtigung von Größendimensionen und Form berechnet. Aus Zellzahl/l und Taxon-Zellvolumen kann das gesamte Taxonbiovolumen pro Probe in mm^3/l berechnet werden. Weitere Festlegungen, wie etwa zur mikroskopischen Bearbeitung und Auswertungsstrategie, wurden u. a. von Nixdorf et al. (2010) getroffen.

Probenvorbereitung

Für die Mikroskopie werden die Phytoplankter einen Tag zuvor in Absetzkammern angereichert. Da die Zellkonzentration in Abhängigkeit von der Artenzusammensetzung und der Saison sehr stark schwanken kann, sind Orientierungswerte zur Auswahl des benötigten Absetzvolumens sowie die Chlorophyll a-Konzentration (Chl a) der Probe hilfreich.

So kann zum Beispiel bei einer Chl a-Konzentration von $20 \mu\text{g}/\text{l}$ eine Verdünnung hergestellt werden, die pro 10 ml jeweils 1 ml Probe enthält. Bei einer Probenkonzentration von $2 \mu\text{g}/\text{l}$ Chl a kann die Probe hingegen unverdünnt angesetzt werden. In beiden Fällen ist der 10 ml Kammeraufsatz zu verwenden. Bei geringeren Konzentrationen als $2 \mu\text{g}/\text{l}$ Chl a in der Probe sollte eine Anreicherung erfolgen. Hierzu wird die unverdünnte Probe in einer 25 ml- oder 50 ml-Absetzkammer aufgesetzt.

Mikroskopische Arbeit

Die in den Absetzkammern absedimentierten Phytoplankter werden in einer definierten Kammerteilfläche mit einer Transsekt- oder Streifenzählung ausgezählt. Bei der mikroskopischen Auswertung ist darauf zu achten, dass insgesamt mindestens 400 Objekte gezählt werden und die Auszählung bei mindestens zwei verschiedenen mikroskopischen Vergrößerungen erfolgt (ca. 100 und ca. 400-fach).

Die im Zählergebnis voraussichtlich biomassedominanten Taxa sollten mit einer Mindestobjektanzahl von je 60 Zellen bei starker Vergrößerung bzw. von je 20 Objekten bei schwacher Vergrößerung erfasst werden. Subdominante Taxa dürfen die vorgenannten Objektanzahlen im Zählergebnis auch unterschreiten. Die genaue Art der Durchführung der mikroskopischen Auswertung ist u. a. der Veröffentlichung von Nixdorf et al. (2010) zu entnehmen.

Für die Berechnung des Taxonbiovolumens müssen Größenmessungen der im Probenkontingent eines Gewässerjahrgangs gefundenen Taxa vorliegen. Mit diesen Messwerten wird das Körpervolumen aller Planktontaxa in einer Probe errechnet. Die geometrischen Formeln zur "Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens" sind in der DIN EN-Norm 16695 (2015) enthalten. Im Zuge der Überarbeitung der Harmonisierten Taxaliste Phytoplankton (HTL) von Mischke et al. (2020) wurden in einer Expertenrunde (deutsche Phytoplanktonbearbeiter) für zahlreiche Süßwasserarten die Formeln und Standardwerte aus der Norm angepasst oder korrigiert.

Das für das PhytoFluss-Verfahren in der Version 2.2 zu erreichende verfahrensspezifische Bestimmungsniveau ist für jede einzelne Art in der HTL 2009 in einer gesonderten Spalte angegeben. In den PhytoFluss-Versionen ab Version 3.0 sind die Anforderungen an die Tiefe der taxonomischen Bearbeitung gestiegen. Die revidierte Version der HTL enthält dieses neue "Mindestbestimmbarkeitsniveau"

für PhytoFluss ab Version 5.1.x. Bestehen Unsicherheiten bei der Bestimmung einzelner Taxa, werden diese der nächsthöheren systematischen Kategorie (Gattung, Ordnung etc.) zugeordnet.

Die Codierung der Taxa erfolgt nach der aktuellen HTL 2020. Eine Codierung mit der DV-Nummer der Bundestaxaliste (BTL) z. B. in der Version von Schilling (2020) ist ebenfalls möglich. In PhytoFluss Online ab Version 5.1.x ist die überarbeitete Übersetzungsliste DV-Nr. zu HTL-ID (Mischke 2020) einprogrammiert. Bei der Übersetzung können in seltenen Fällen geringe Informationsverluste entstehen, die jedoch in der Regel nicht bewertungsrelevant sind.

Für die taxonomische Differenzierung der Indikatortaxa stehen Arbeitshilfen in Form von Taxon-Steckbriefen zur Verfügung (Kasten et al. 2018). Download: <https://doi.org/10.3372/spi.01>

Die zentralen Diatomeen sind in vielen Fällen die häufigste Phytoplanktongruppe in Fließgewässern, die meisten Arten können aber in einer Lugol-fixierten Probe nicht sicher bestimmt werden. Es wird deshalb empfohlen, die Fließgewässer auch regelmäßig hinsichtlich Diatomeen zu untersuchen. Hierzu sind eine zusätzliche Probe und die Anfertigung eines Diatomeenpräparats notwendig.

2.2.3.3 Phytoplanktonprobe planktische Diatomeen

Für die weitere Konservierung oder Weiterverarbeitung der Proben stehen je nach Fixierungsmethode im Gelände mehrere Varianten zur Verfügung. Die Wahl der passenden Methode richtet sich auch danach, wie lange die Probe bis zur endgültigen taxonomischen Bearbeitung gelagert werden muss.

Variante "Filterprobe": Zeitnah zur Probenahme bzw. möglichst am selben Tag ist das in der Regel 1 Liter unfixierte Probenvolumen auf Cellulosenitrat-Membranfilter zu filtrieren. Nach anschließender Lufttrocknung (s. auch Nixdorf et al. 2010) können die Filter in Plexiglas-Petrischalen ohne Konservierungsmittel längere Zeit aufbewahrt werden.

Anmerkung: Celluloseacetatfilter haben sich nicht bewährt, da diese beim späteren Aufschluss unter heißer Säure und H₂O₂ verklumpen. Ebenfalls ungeeignet ist die Verwendung von Glasfaserfiltern. Diese hinterlassen beim späteren Aufschluss eine hohe Zahl von Glasfasern, die das mikroskopische Bild überlagern und damit eine zuverlässige Bearbeitung im Mikroskop unmöglich machen.

Diese Art der Konservierung ist für **Lagerzeiten bis deutlich über ein Jahr** geeignet.

Variante "Alkoholprobe":

Das vorfixierte Probenmaterial muss im Labor 2-3 Tage in der Kautexflasche absedimentieren. Der Überstand wird anschließend vorsichtig mit einer Wasserstrahlpumpe abgesaugt. Der aufgeschüttelte Rückstand wird in dicht schließende Flaschen abgefüllt und mit 96%igem Ethanol/Isopropanol (unvergällt, d. h. kein Brennspiritus!) im Verhältnis 1:5 nachfixiert. Ein Gesamtvolumen von 100 ml Diatomeen-Suspension ist ausreichend. Zur taxonomischen Bestimmung muss ein Diatomeenpräparat mit Probenaufschluss mittels Wasserstoffperoxid angefertigt werden (siehe Variante 2 in Nixdorf et al. 2010; S. 14-15).

Diese Art der Konservierung ist für **Lagerzeiten bis mindestens 6 Monate** geeignet. Kühlung (4-8°C) verlängert die mögliche Lagerzeit.

Variante "Lugolprobe": Sind nur Lugol-fixierte Proben verfügbar, muss das jodhaltige Fixierungsmittel vor dem Aufschluss der Diatomeen folgendermaßen ausgewaschen werden: Die Proben werden mindestens 2 Tage zur Absedimentierung stehen gelassen. Der Überstand wird z.B. mithilfe einer Wasserstrahlpumpe vorsichtig abgesaugt. Der Bodensatz wird mit H₂O dest. auf ca. 250 ml aufgefüllt. Dieser Auswaschvorgang wird noch zweimal wiederholt. Anschließend kann die Probe zur Analyse aufgeschlossen werden (Verfahren s. auch Nixdorf et. al. 2010).

Diese Art der Konservierung ist **mit Kühlung (4-8°C) für Lagerzeiten von 6 Monaten bis maximal ein Jahr** geeignet. Lugol-fixierte Proben dürfen nicht in Plastikflaschen aufbewahrt werden, da das Jod des Fixiermittels von der Flaschenwandung aufgenommen wird und die Fixierung dann abgeschwächt ist. Zudem kann die Kontrolle der Färbung der Probe (Cognac-farben) wegen der Durchfärbung der PE-Flaschenwände nicht mehr stattfinden.

Diskussion zur Lagerung und Aufbereitung von Diatomeenproben

Die Filtration über Cellulosenitrat-Membranfilter ist die einzige Methode, die eine längere Lagerung ohne Schäden der Diatomeenschalen ermöglicht. Sie bringt diesbezüglich unter allen Konservierungsarten die beste Qualität (Hoehn & Oschwald 2009). Die Konservierung mit Formalin erfordert relativ aufwendige Arbeitsschutz-Maßnahmen, die Ethanol- und Lugol-Fixierung besitzen kürzere Lagerzeiten und für die Lugol-Proben ist in jedem Fall zusätzlich Kühlung erforderlich. Die Gefahr durch Transport (Flaschenbruch) sowie der hohe Zeitaufwand für Anreichern und Umfüllen (ggf. wegen erforderlicher Kühltankschrankkapazitäten) sind weitere Gründe, die flüssige bzw. zumindest die Lugol-Fixierung zugunsten der Verwendung von Filtern zu ändern. Bei der Alkohol- und Lugol-Fixierung muss nicht filtriert werden, was je nach Labor-Ausstattung ein Vorteil sein kann. Der Nachteil der Lugol-Fixierung ist, dass das Lugol vor dem Aufschluss ausgewaschen werden muss und somit gegenüber der Alkohol-Fixierung mehrere Arbeitsgänge und Sedimentationsphasen hinzukommen.

Falls die Diatomeen-Bestimmungen nicht ohnehin obligatorisch erfolgen, entscheiden über deren Durchführung die in der Utermöhl-Zählung gefundenen Anzahlen von Taxa und Indikatortaxa des gesamten Jahrgangs. Dieses Prozedere mit fakultativer Diatomeen-Analyse nach Abschluss der Utermöhltaxonomie erfordert in der Praxis eine Haltbarkeit der Diatomeenproben, die deutlich über einem Jahr liegen kann.

Mikroskopische Arbeit

In den nach dem Probenaufschluss erstellten Streupräparaten müssen je 200 Objekte auf Artniveau bestimmt werden. Die Zählungen müssen in den gleichen Größenklassen wie die quantitativen Auszählungen in den Utermöhl-Kammern erfolgen. Nachdem aus den Schalenpräparaten die prozentualen Artenzusammensetzungen je Größenklasse ermittelt sind, können diese auf die quantitativen Zählungen aus der Utermöhl-Kammer übertragen und die Größenklassenbiovolumina durch die Artenbiovolumina ersetzt werden (s. Mischke 2005, Nixdorf et al. 2010).

Die Codierung der Taxa erfolgt wiederum nach der aktuellen HTL 2020. Eine Codierung mit der DV-Nummer der Bundestaxaliste (BTL) aktuell in der Version von Schilling (2020) ist ebenfalls möglich. In PhytoFluss Online ab Version 5.1.x ist die überarbeitete Übersetzungsliste DV-Nr. zu HTL-ID (von Mischke 2020) einprogrammiert. Bei der Übersetzung entstehen für die Bewertung ggf. geringe Informationsverluste.

Für die taxonomische Differenzierung der Indikatortaxa stehen Arbeitshilfen in Form von Taxon-Steckbriefen zur Verfügung (Kasten et al. 2018). Download: <https://doi.org/10.3372/spi.01>

3 Schritt-für-Schritt-Berechnung des Gesamtindex PhytoFluss

3.1 Übersicht zu PhytoFluss Version 5.1.x

Hinsichtlich Phytoplankton bewertungsrelevante Fließgewässertypen:

Als potenziell planktonführend werden die größeren Flüsse und Ströme angesehen. Diese gehören den LAWA-Typen 9.2, 10, 15, 17, 20, 22 und 23 an (vgl. Pottgiesser 2018). Die speziell für das Phytoplankton relevanten Gewässertypen und Subtypen sind im Kap. 3.3 aufgeführt und beschrieben.

Bewertungsrelevante Eingangsgrößen:

- Messstellenname und gewässertypologische Ansprache
- Chlorophyll a-Konzentration
- Taxaliste mit taxonspezifischen Biovolumina je Termin, mit Taxon-ID der harmonisierten Taxaliste Phytoplankton

Bewertungsrelevanter Zeitraum: März bis einschließlich Oktober

Anzahl Untersuchungstermine pro Jahrgang: für eine gesicherte Bewertung mindestens 6 Phytoplankton- und zeitgleiche Chlorophyll a-Beprobungen; empfohlen werden mindestens 7 (→ Sicherheitsreserve z.B. für Glasbruch) bzw. monatliche Probenahmen sowie ergänzende Chlorophyll a-Beprobungen, um 14-tägliche Messwerte zu erhalten.

Das multimetrische Bewertungsverfahren basiert auf zwei biologischen Kenngrößen oder Metriks:

1. "Biomasse": bewertet gewässertypspezifisch die Biomasseentwicklung/Trophie mit den Kenngrößen Chlorophyll a-Saisonmittel und Chlorophyll a-Maximum. Chlorophyll a-Werte können DIN-Werte oder unkorrigiert ("Gesamtpigment"/ohne Phaeophytin-Abzug) in die Bewertung eingehen.

Ab der Version 5.1.x gehen im Gegensatz zur Vorgängerversion 5.0.x wieder alle Chlorophyll a-Messwerte in die Bewertung ein, die in der Vegetationsperiode gemessen wurden. Das Einschließen soll evtl. häufigere Chl a-Messungen berücksichtigen, da das Phytoplanktongeschehen in Fließgewässern in hohem Maß von der Witterung abhängt und oft sehr dynamisch verläuft. Mit monatlichen Probenahmen können Blüten und die tatsächlich realisierte Planktonbiomasse oft nicht erfasst werden.

2. Arten-Trophieindex "TIP": bewertet regionsspezifisch (PhytoFluss-Regionen: Mittelgebirge, Tiefland, Donaugebiet) die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons mittels Trophieindikatoren.

Berechnung des Gesamtindex PhytoFluss:

Die beiden Einzelmetriks gehen mit gewässertypspezifischen Gewichtungsfaktoren in die Mittelwertberechnung des Gesamtindex ein.

Die bis zur Version 3.0 in das Verfahren integrierten **Algenklassen-Metriks** "Pennales" (pennate Diatomeen), "Chloro" (Chlorophyceae) und "Cyano" (Cyanobacteria), sind **in den Versionen ab 4.0 nicht mehr bewertungsrelevant**. Sie werden im Tool dennoch noch als Indices errechnet und zur Information und Experteneinschätzung ausgegeben. Deren Berechnung ist im Annex 2 dargestellt.

3.2 Bewertungssicherheit und Datenanforderung

Die Kriterien zur Bewertungssicherheit und -gültigkeit sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Anforderung an die taxonomische Bestimmungstiefe und Probenanzahl sowie Bewertungssicherheit bei "unvollständigen" Datensätzen hinsichtlich Chlorophyll a (Chl a) und Phytoplanktonproben (Phyto).

Fall	Datenbestand	Bemerkung/ Begründung	Umsetzung in PhytoFluss Online ab der Version 5.0.0	Bewertungs- sicherheit
1	< 4 Phyto-Termine	keine ausreichende Datenbasis, keine sichere Bewertung möglich	keine Ausgabe des Gesamtindex Warnmeldung in der Spalte "KeineBerechnung": "< 4 Phyto-Termine – keine Berechnung"	nicht gesichert (ungültig)
2	< 15 Taxa im Jahrgang	zu geringe Gesamttaxazahl stellt keine ausreichende Datenbasis für eine gesicherte Bewertung dar	keine Ausgabe des Gesamtindex (sowie ggf. des TIP) Warnmeldung in der Spalte "KeineBerechnung": "Taxa pro Jahrgang < 15, keine Berechnung, Diatomeenpräparat erforderlich"	nicht gesichert (ungültig)
3	< 4,0 Indikatortaxa im Mittel im Jahrgang	TIP-Bewertung und damit Gesamtindex nicht gesichert	keine Ausgabe des TIP und Gesamtindex Warnmeldung in der Spalte "KeineBerechnung": "Anzahl Indikatortaxa < 4,0, kein TIP, Diatomeenpräparat erforderlich"	nicht gesichert (ungültig)
4	< 4 Chl a-Werte	keine ausreichende Datenbasis, keine gesicherte Bewertung möglich	keine Ausgabe des Gesamtindex Warnmeldung in der Spalte "KeineBerechnung": "< 4 Chla-Werte – keine Berechnung"	nicht gesichert (ungültig)
5	4 oder 5 Phyto-Termine	Bewertung möglich, Ergebnis TIP jedoch unsicher, Plausibilisierung notwendig	Jahrgang und Bewertungsergebnisse werden ausgegeben Warnmeldung in der Spalte "Warnung_Bewertung": "Nur 4-5-Phyto-Proben – Bewertung unsicher"	unsicher, Plausibilisierung notwendig
6	4 oder 5 Chl a-Werte	Bewertung möglich, Ergebnis Biomasse-Metrik jedoch unsicher, Plausibilisierung notwendig	Jahrgang und Biomasse-Metrik wird ausgegeben Warnmeldung in der Spalte "Warnung_Bewertung": "Nur 4-5-Chl a-Proben – Bewertung unsicher"	unsicher, Plausibilisierung notwendig
7	≥ 6 Phytoproben und ≥ 6 Chl a-Werte (und ohne Fall 2 und 3)	Bewertung gilt als gesichert	Jahrgang und Bewertungs-Metriks werden ohne Warnmeldungen ausgegeben	gesichert

3.3 Zuordnung von Phytoplankton-Fließgewässertyp und PhytoFluss-Region

Eine WRRL-Bewertung mit Phytoplankton muss nur in **potenziell planktonführenden Gewässertypen** durchgeführt werden (LAWA AO RAKON Teil B AP I 2013). Diese sind die **größeren Flüsse und Ströme** in den Ökoregionen "Zentrale Mittelgebirge" und "Norddeutsches Tiefland". Sie sind auch dann zu untersuchen und zu bewerten, wenn sie nur geringe Planktonmengen aufweisen und die Chlorophyll a-Konzentration im Saisonmittel unter 20 µg/l liegt. Flüsse im Alpenvorland des Typs 2.2 wurden bereits in einer frühen PhytoFluss-Version (2008) aus dem Verfahren entfernt (s. Mischke et al. 2020a).

Kleine Bäche und Flüsse, die hinsichtlich Phytoplankton zunächst **nicht bewertungsrelevant** sind, können ebenfalls planktonführend sein, so z. B. kleine Flüsse des Typs 9. Dies ist als Hinweis auf eine ökologische Degradation zu werten. Als Richtwert kann ein Saisonmittel der Chlorophyll-a-Konzentration von 30 µg/l (beim Typ 22 von 60 µg/l) angesehen werden. Evtl. vorhandene Phytoplankton-Untersuchungsergebnisse können zur Interpretation dem ähnlichsten Phytoplanktontyp zugeordnet werden. Die Anwendung liegt jedoch außerhalb des definierten Rahmens des PhytoFluss-Verfahrens und dessen Gültigkeit.

Für den Artenindex TIP und die Verwendung der **drei Regions-spezifischen Indikatorlisten** wird nach den **drei "PhytoFluss-Regionen"** unterschieden:

Donau-Einzugsgebiet (**Donau**), Mittelgebirge (**M**) oder Norddeutsches Tiefland (**T**)

Tabelle 3: Phytoplankton-Fließgewässertypen ("O_Typ"), LAWA-Typ nach Pottgiesser (2018), Kriterien der "Subtypologie" sowie mögliche PhytoFluss-Region für die Bewertung mit Phytoplanktontaxa (T = Tiefland, M = Mittelgebirge)

LAWA-Typ	Phytoplankton-typ	Bezeichnung des Phytoplankton-Fließgewässertyps	Kriterium Phytoplankton-"Subtyp"	PhytoFluss-Region/Indikatorliste		
				Donau	M	T
9.2	9.2	große Flüsse des Mittelgebirges		X	X	X*
10	10.1	kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflusspende	Abflusspende > 10 l/s/km ²	X	X	
10	10.2	kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflusspende	Abflusspende < 10 l/s/km ²		X**	X*
15, 15g, 17	15.1+17.1	sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem EZG	EZG 1.000-5.000 km ²			X
15, 15g, 17	15.2+17.2	sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit großem EZG	EZG > 5.000 km ²			X
20	20.1	sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit großer Abflusspende	Abflusspende > 10 l/s/km ²		X***	
20	20.2	sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflusspende	Abflusspende < 10 l/s/km ²			X
23	23	Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse	EZG > 500km ²			X

* Die Typen 9.2 und 10.2 können auch mit der T-Indikatorliste bewertet werden, wenn die Höhenlage unter 200 m ü.NN ist und der Charakter ähnlich einem Tieflandgewässer, so z. B. die Weser, Hess. Oldendorf oder die Weiße Elster, uh. Gera.

Verfahrensanleitung PhytoFluss 5.1

** Typ 10.2-Abschnitte können auch unterhalb von 200 m ü.NN mit der M-Indikatorliste bewertet werden, wenn Abflussregime wie im Mittelgebirge (pluvial, nival) vorliegen, so z. B. die Elbe, Schmilka (NN+ 116 m) oder der Main, Bischofsheim.

*** Typ 20.1-Messstellen liegen in Deutschland ausschließlich im Rhein, der wegen hoher Fließgeschwindigkeit seinen Mittelgebirgscharakter bis weit ins Tiefland hinein beibehält, z. B. Rhein, Duisburg.

Eine stimmige Zuordnung der PhytoFluss-Region kann im Übergangsbereich Mittelgebirge zu Tiefland schwierig sein und auch nach Plausibilität des Bewertungsergebnisses erfolgen. Innerhalb des Einzugsgebiets der Donau kann es darüber hinaus angebracht sein, die Zuflüsse der PhytoFluss-Region Mittelgebirge zuzuordnen.

Ob sich in Fließgewässern Phytoplankton bilden kann, hängt von der Aufenthaltszeit bzw. den Fließzeiten ab sowie von weiteren Faktoren wie Trübe, Turbulenz und Grazing. Das Ausmaß der zu erwartenden Biomasseausbildung in den Phytoplankton-Fließgewässertypen bei Referenzbedingungen gibt die Tabelle 4 wieder.

Tabelle 4: Phytoplankton-Biomasseausbildung in den Phytoplankton-Fließgewässertypen. Chl a = Chlorophyll a, GesP = Gesamtphosphor.

Phytoplankton-Fließgewässertyp	Bezeichnung des Phytoplankton-Fließgewässertyps	Biomasseausbildung (Chl a pro GesP-Einheit)
9.2	große Flüsse des Mittelgebirges	hoch
10.1	kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflussspende	niedrig
10.2	kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflussspende	sehr hoch
15.1+17.1	(große) sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem EZG	niedrig
15.2+17.2	(große) sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit großem EZG	hoch
20.1	sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit großer Abflussspende	niedrig
20.2	sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflussspende	sehr hoch
23	Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse	sehr hoch

3.4 Metrik Biomasse

Teilmetriks:

- Chlorophyll a-Saisonmittel
- Chlorophyll a-Saisonmaximum

Es können sowohl Chlorophyll a nach DIN (mit Phaeophytin-Abzug) als auch das "Gesamtpigment" (Chlorophyll a ohne Phaeophytin-Abzug) zur Bewertung verwendet werden. Seit der Version 4.1 wird im Tool vorrangig Chlorophyll a nach DIN für die Bewertung herangezogen. Die Gesamtpigment-Bewertung wird dann nur zur Information mit ausgegeben falls Werte vorliegen. Falls nur Gesamtpigment vorliegt bzw. importiert wird, geht dieses in die Berechnung des Gesamtindex ein. Falls insgesamt mit Gesamtpigment bewertet werden soll, muss demnach die Spalte "Chl_a nach DIN" in der Importdatei leer bleiben. Liegen zusätzlich zu den Phytoplankton-Probenterminen weitere Chlorophyll a-Messungen vor, gehen diese ebenfalls in die Bewertung ein.

Bei 6 Chlorophyll a-Werten und mehr ist die Bewertung sicher (s. Tabelle 2). Bei 4 und 5 Messwerten wird eine Warnmeldung "Nur 4-5 Chlorophyll a-Werte – Bewertung unsicher" ausgegeben. Hier ist die Bewertungssicherheit eingeschränkt und es sollte eine Plausibilisierung erfolgen. Falls nur weniger als 4 Chlorophyll a-Messungen zur Verfügung stehen, wird keine Bewertung durchgeführt.

Das Ergebnis "Metrik Biomasse" ist der Mittelwert aus den beiden Chl a-Teilmetriks.

Berechnung des Saisonmittelwerts von Chlorophyll a nach DIN oder ggf. Gesamtpigment

Die Messwerte der Einzeltermine aus dem Zeitraum März bis Oktober werden wie folgt verrechnet:

1. Mittelwert aller Proben an einer Messstelle (zur Einbindung von Mehrfachproben)
2. Monatsmittelwert (zur Einbindung von Mehrfachproben im Monat)
3. Saisonmittelwert aus den Monatsmittelwerten von März bis einschließlich Oktober

Ermittlung eines bewertungsrelevanten Maximalwerts von Chlorophyll a nach DIN oder ggf. Gesamtpigment

Der Maximalwert wird wie folgt bestimmt:

1. Maximalwert der Chlorophyll a-Messwerte im Zeitraum März bis Oktober
2. Prüfung: Maximalwert muss mehr als 150% des Chlorophyll a-Saisonmittelwerts betragen, ansonsten wird dieser nicht für die Bewertung herangezogen.

Klassengrenzen und Bewertungsformeln für Chlorophyll a nach DIN/Gesamtpigment

Anhand der Kenngrößen Saisonmittelwert und Maximalwert des Chlorophyll a nach DIN oder des Gesamtpigments können mit den Formeln in der Tabelle 5 (Folgeseite) Teilmetrik-Ergebnisse (Bewertungszahlen) errechnet werden. Diese liegen meist zwischen 0,5 und 5,5, falls nicht werden Indexwerte kleiner als 0,5 auf 0,5 und Werte größer als 5,5 auf 5,5 gesetzt.

Tabelle 5: Zustandsgrenzen und Formeln für die Bewertung mit den Kenngrößen Saisonmittel- und Maximalwert von Chlorophyll a-nach DIN und Gesamtpigment. Alle Klassengrenzen in [$\mu\text{g/l}$].

Phyto-plankton-Fließgewässertyp	Zustandsgrenzen				Bewertungsformel y = Bewertungszahl x = Kenngröße [$\mu\text{g/l}$]
	sehr gut/ gut	gut/ mäßig	mäßig/ unbefried.	unbefried./ schlecht	
Kenngröße Saisonmittelwert Chlorophyll a DIN					
10.1 20.1	7,9	13,5	23,2	39,8	$y = 1,8527 * \ln(x) - 2,322$
9.2 15.1+17.1 15.2+17.2	15,6	25,7	42,7	70,3	$y = 1,9907 * \ln(x) - 3,97$
10.2 20.2 23	23,4	40,6	70,2	122	$y = 1,8168 * \ln(x) - 4,227$
Kenngröße Maximalwert Chlorophyll a DIN					
10.1 20.1	15,8	27,0	46,4	79,6	$y = 1,8527 * \ln(x) - 3,68$
9.2 15.1+17.1 15.2+17.2	31,2	51,5	85,4	140,6	$y = 1,9907 * \ln(x) - 5,35$
10.2 20.2 23	46,8	81,1	140,4	244	$y = 1,8168 * \ln(x) - 5,487$
Kenngröße Saisonmittelwert Gesamtpigment					
10.1 20.1	10,1	17,5	30	51	$y = 1,8527 * \ln(x) - 2,7981$
9.2 15.1+17.1 15.2+17.2	20	33	55	90	$y = 1,9907 * \ln(x) - 4,4749$
10.2 20.2 23	30	52	90	155	$y = 1,8168 * \ln(x) - 5,9372$
Kenngröße Maximalwert Gesamtpigment					
10.1 20.1	20	35	60	102	$y = 1,8527 * \ln(x) - 4,0681$
9.2 15.1+17.1 15.2+17.2	40	66	110	180	$y = 1,9907 * \ln(x) - 5,8449$
10.2 20.2 23	60	104	180	310	$y = 1,8168 * \ln(x) - 4,6772$

3.5 Metrik Arten-Trophieindex TIP

Im "Typspezifischen Indexwert Potamoplankton" (TIP) wird seit der PhytoFluss Version 3.0 (s. Mischke & Riedmüller 2013 bis 2021) nach den PhytoFluss-Regionen Tiefland, Mittelgebirge und Donaugebiet unterschieden. Für jede PhytoFluss-Region gibt es eine eigene Indikatorliste (s. Tabelle 6). Die Zuordnung der PhytoFluss-Region zu den Phytoplankton-Fließgewässertypen wird in Kapitel 3.3 erläutert.

Die Kalibration des TIP erfolgte im Wesentlichen entlang der Stressorgröße Gesamtphosphor im Saisonmittel. Die Indikatorlisten enthalten für jedes gefundene Indikatortaxon einen Trophie-Ankerwert (TAW) und einen Stenökiefaktor.

In einigen Fällen umfasst ein Indikatortaxon mehrere Arten oder Varietäten und somit auch mehrere IDs der Harmonisierten Taxaliste Phytoplankton (HTL). Aus diesem Grund ist einerseits in allen PhytoFluss-Regionen die Anzahl der HTL-Taxa immer höher als die Anzahl der Indikatortaxa (s. Tabelle 6). Insbesondere in der Tieflandliste wurden auf Wunsch des LAWA-Expertenkreises Fließgewässer einige Indikatortaxa aus dem alten TIP (Version 2.2) übernommen. Diese sind ausnahmslos Gattungen, z. B. *Cryptomonas* oder noch größer gefasste Taxongruppen wie z. B. die *Euglena-Lepocinclis*-Gruppe. Durch die "Gattungs-Indikatortaxa" werden nochmals mehr HTL-Taxa eingeschlossen, so dass die Anzahl an "HTL-Taxa" mit 429 deutlich höher ist als in den übrigen Listen.

Tabelle 6: Anzahl der Indikatortaxa in den drei Indikatorlisten zur Berechnung des TIP (ohne Synonyme). HTL = Harmonisierte Taxaliste Phytoplankton, ID = Taxoncode in der HTL.

PhytoFluss-Region	Anzahl Indikatortaxa	Anzahl HTL-Taxa (ID) mit Trophie-Optima
Donaugebiet (Donau) Donau und (ggf.) ihre Zuflüsse (s. Kap. 3.3)	94	187
Mittelgebirge (M) Gewässersysteme mit Mittelgebirgscharakter	114	248
Tiefland (T) Gewässersysteme mit Tieflandcharakter	124	429

Die drei Eingangsgrößen zur Berechnung des TIP

(TIP wird zunächst für jeden Untersuchungstermin einzeln berechnet)

1. Biovolumen [mm³/l] des Indikatortaxons je Probe bzw. dessen Biovolumenklasse nach Tabelle 7.

Tabelle 7: Zuordnung der Taxonbiovolumina pro Probe zu den Biovolumenklassen für die Berechnung des TIP.

Biovolumen [mm ³ /l]	Biovolumenklasse	Biovolumen [mm ³ /l]	Biovolumenklasse
≤ 0,0001	1	> 0,1-1	5
> 0,0001-0,001	2	> 1-10	6
> 0,001-0,01	3	> 10	7
> 0,01-0,1	4		

Die Biovolumenklasse wird im Bewertungs-Tool teils auch als "Abundanzklasse" bezeichnet.

2. Trophieankerwert (TAW) oder Trophiewert des Indikatortaxons, angegeben im Sinne eines "Trophie-Optimums" in der Einheit der Gesamtphosphorwerte [$\mu\text{g/l}$].

3. Stenökiefaktor, drückt die Treue des Taxons zum Trophieschwerpunkt aus, nimmt Werte zwischen 0,5 und 4 an (in der Regel ermittelt anhand der Standardabweichung des Taxons im Gesamtphosphorspektrum).

Berechnung des TIP_{GesP} mit gewichteter Mittelwertbildung auf Basis von Probenbefunden

Da der TAW in der Einheit der Gesamtphosphorkonzentration (GesP) [$\mu\text{g/l}$] gewichtet gemittelt wird, entsteht bei der Berechnung ebenfalls ein Wert in der Dimension GesP-Wert [$\mu\text{g/l}$]. Dieses Zwischenergebnis wird deshalb als TIP_{GesP} bezeichnet und wie folgt berechnet:

$$TIP_{GesP} = \frac{\sum (BV\text{-Klasse } i \times \text{Stenökiefaktor } i \times TAW \text{ } i)}{\sum (BV\text{-Klasse } i \times \text{Stenökiefaktor } i)}$$

i = Laufindex des i-ten Indikatortaxons

Der TIP_{GesP} stellt in dieser Form noch keine Bewertungsgröße dar.

Bewertung des Jahrgangs mit dem TIP

Aus den TIP_{GesP} -Probenwerten wird ein Saisonmittel errechnet. Dieses ist immer noch in der Gesamtphosphor-Einheit [$\mu\text{g/l}$]. Die Bewertung erfolgt anhand der von Mischke & Riedmüller (2013) aufgestellten Zustandsklassengrenzen des GesP in planktondominierten Fließgewässern.

Berechnung:

1. Schritt: Bildung eines Saisonmittelwerts aus den TIP_{GesP} -Probenwerten.
2. Schritt: Umrechnung des TIP_{GesP} -Jahreswerts gemäß Zustandsklassengrenzen des Parameters GesP (s. Tabelle 8) mit Anpassungsfunktionen, welche eine kontinuierliche Bewertungszahl innerhalb der Spanne von in der Regel 0,5 bis 5,5 erzeugen. Die Zuordnung von ökologischen Zustandsklassen erfolgt dann analog zum Gesamtindex PhytoFluss gemäß Tabelle 10.

Die GesP- Grenzen der Zustandsklassen gelten für die PhytoFluss-Regionen Donau, Mittelgebirge und Tiefland gleichermaßen.

Tabelle 8: Zustandsklassen-Obergrenzen des Gesamtphosphors in den Phytoplankton-Fließgewässertypen (Mischke & Riedmüller 2013) und Grundlage der Verankerung des TIP_{GesP} in den ökologischen Zustandsklassen.

Ökologische Zustandsklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Klassenobergrenze Gesamtphosphor (GesP) [$\mu\text{g/l}$]	54	90	150	250	> 250

Formeln für die Berechnung der Bewertungszahl:

→ Bei TIP_{GesP} -Jahreswerten $< 54 \mu\text{g/l}$ (bis $53,99 \mu\text{g/l}$; lineare Anpassung):

$$\text{Bewertungszahl} = 0,0185 \times \text{Jahreswert } TIP_{GesP} + 0,5$$

→ Bei TIP_{GesP} -Jahreswerten $\geq 54 \mu\text{g/l}$ (ab $54,00 \mu\text{g/l}$; LN-Anpassung):

$$\text{Bewertungszahl} = 1,9576 \times \ln(\text{Jahreswert } TIP_{GesP}) - 6,3089$$

Weitere Erläuterungen zum TIP

Für eine gesicherte Bewertung mit dem TIP müssen im Jahresmittel (Mittelwert der in den Proben gefundenen Indikator-taxazahlen) mindestens 4,0 Indikator-taxa gefunden werden. Bei einer geringeren Anzahl wird der TIP als "nicht gesichert" und die Bewertung mit dem TIP sowie der Gesamtindex als "ungültig" angesehen. Im Auswertetool wird in diesem Fall keine Bewertung des TIP und des Gesamtindex PhytoFluss ausgegeben (s. auch Tabelle 2) und es erfolgt eine Warnmeldung in der Spalte "Keine Berechnung".

Um trotzdem eine gültige Bewertung zu erhalten, ist es nötig, das Bestimmungsniveau z. B. durch eine Diatomeenanalyse zu vertiefen (Methodik und Anforderungen s. Kap. 2.2), wodurch in der Regel weitere Indikator-taxa ermittelt werden. Danach muss eine erneute Bewertungsberechnung mit der erweiterten Befundliste durchgeführt werden.

Da in den meisten planktonführenden Flüssen die zentralen Diatomeen im Plankton dominieren, ist eine Diatomeenanalyse sinnvoll. In den Mittelgebirgen und im Donaugebiet wird die Phytoplanktonbiomasse oft durch erhöhte Abflüsse und damit einhergehend verringerte Verweilzeiten vermindert, sodass der Biomasse-Metrik weniger sensitiv auf das Trophiepotenzial reagieren kann. Aus diesem Grund stützt sich die Bewertung dort je nach Gewässertyp vermehrt auf die Trophieindikation mit Indikatorarten und der TIP besitzt teilweise eine höhere Metrik-Gewichtung. Es wird deshalb empfohlen, eine Analyse von Diatomeenpräparaten vorzusehen.

3.6 Gesamtindex PhytoFluss

Die beiden Metriks "Biomasse" und "TIP" gehen in die Mittelwertbildung für den Gesamtindex PhytoFluss mit Gewichtungsfaktoren ein (s. Tabelle 9). Diese sind spezifisch für die Phytoplankton-Fließgewässertypen und wurden unter Berücksichtigung der Bewertungssicherheit der Metriks abgeleitet.

Tabelle 9: Gewichtungsfaktoren der Einzelmetriks zur Berechnung des PhytoFluss Gesamtindex.

Phytoplankton-Fließgewässertyp	Gewichtungsfaktor (GF) Metrik Biomasse	Gewichtungsfaktor (GF) Metrik TIP	Stand
10.1 20.1	1	3	17.05.2016
9.2 15.1+17.1 15.2+17.2	1	1	17.05.2016
10.2 20.2 23	2	1	17.05.2016

Die Berechnung des Gesamtindex PhytoFluss erfolgt nach der Formel

$$\text{Gesamtindex PhytoFluss} = \frac{\text{GF1} \times \text{Biomasse} + \text{GF2} \times \text{TIP}}{\text{GF1} + \text{GF2}}$$

GF 1 = Gewichtungsfaktor Biomasse, GF 2 = Gewichtungsfaktor TIP

Biomasse = Bewertungszahl Biomasse-Metrik

TIP = Bewertungszahl TIP-Metrik

Die Ermittlung der Bewertung für künstliche und erheblich veränderte Fließgewässer erfolgt analog zu der von natürlichen Fließgewässern.

Tabelle 10: Zuordnung Gesamtindex Bereiche zu den ökologischen Zustandsklassen.

Wertebereich der Teilmetriks und des Gesamtindex PhytoFluss	Zustandsklasse	normalisierter EQR
0,50–1,50	1 = sehr gut	0,81–1,00
1,51–2,50	2 = gut	0,61–0,80
2,51–3,50	3 = mäßig	0,41–0,60
3,51–4,50	4 = unbefriedigend	0,21–0,40
4,51–5,50	5 = schlecht	0,00–0,20

Der Gesamtindex PhytoFluss kann mit der Formel

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

in einen normalisierten EQR (ecological quality ratio, normalised) umgewandelt werden (s. Tabelle 10).

Gültigkeitsbereich und Bewertungssicherheit

Der Gesamtindex gilt als "gesichert", wenn mindestens jeweils sechs Phytoplanktonproben und Chlorophyll a-Werte von März bis Oktober der Bewertung zur Verfügung stehen. Bei je vier oder fünf Terminen erfolgt eine Warnmeldung und die Bewertung wird als "unsicher" angesehen. Bei Jahrgängen mit weniger als vier Terminen, Phytoplankton und/oder Chlorophyll a, erfolgt keine Ausgabe des Gesamtindex und die Teilergebnisse sind nicht gesichert bzw. ungültig. Eine zusammenfassende Darstellung über Bewertungssicherheit und entsprechende Warnmeldungen im Tool ist im Kap. 3.2 enthalten.

4 Handhabung des PhytoFluss Online-Tools

Für den Datenimport in das Online-Tool (ab der Version 5.0.0) ist auf der Internetseite

<https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de>

eine Beispiel-Excel-Import-Datei verfügbar. In dieser sind drei Tabellenblätter angelegt, in welche für das anschließende Hochladen gemäß des Datenbeispiels die Befunde sowie Stamm- und Proben Daten einzufügen sind.

Die drei Import-Tabellen für das PhytoFluss Online-Tool

1. Arbeitsblatt "Gewässername"

Eintrag von Stammdaten der Probestelle mit Pflichtfeldern und optionalen Feldern

Pflichtfeld ja/nein	Spaltenbezeichnung	Dateneintragung Bsp.	Erläuterung zu den Spalten
nein	GesGewNr-intern	302020028	interner oder offizieller Messstellencode, kein Pflicht- und Schlüsselfeld mehr (darf auch leer sein)
ja	Gewaessername	Peene, Anklam Hafen	<Gewässername, Messstelle>, exakte und eindeutige Schreibweise erforderlich da Schlüsselfeld, wie in Tabellenblatt "Proben Daten_Chla"
nein	EZG km2 circa	5030	Einzugsgebiet informativ, wird in der Bewertungsausgabe mitgeführt
nein	MNQ April-Okt m3 s		hydrologische Kenngröße, nicht bewertungsrelevant
ja	O_Typ	23	Phytoplankton-Fließgewässertyp, Schreibweisen gemäß Typologie, bei fehlendem Eintrag keine Bewertungsausgabe
nein	LAWA_O_Typ	23	LAWA-Fließgewässertyp
nein	Bundesland	Mecklenburg-Vorpommern	Bundesland
ja	PhytoFluss-Region	T	möglich: Donau, M (Mittelgebirge), T (Tiefeland)
nein	Messstelle-Q	Anklam	Pegelname
nein	Faktor für Abflusspegel	1,01	Faktor zur Umrechnung der Pegelkenngrößen auf die Messstelle
ja	Auswahl	WAHR	Auswahlfeld, um Messstellen von Bewertung auszuschließen

2. Arbeitsblatt "Probentermin_Chla"

Eintrag der Probentermine und der Kenngrößen Chlorophyll a DIN (mit Phaeophytinabzug) oder optional Chlorophyll a unkorrigiert ("Gesamtpigment") sowie für die Plausibilisierung weitere Messwerte wie Gesamtphosphor und Chlorid

Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld						Pflichtfeld
Laufende Nr	Phytodat	Gewaessername	Datum	Chl_a µg/l unkorrr	Phae µg/l	TP mg/l	Cl	Q Monatsmittel m3/s	Besonderheiten	Chl_a nach DIN
1	Chla	Peene, Anklam	05.03.2013	8,0	4,94			37,9		5,09
2	Chla	Peene, Anklam	19.03.2013	8,3	2,3	0,060	46	37,9		6,99
3	Chla	Peene, Anklam	02.04.2013	12,6	3,53	0,080	50	31		10,51
4	Phyto	Peene, Anklam	16.04.2013	16,1	8,15	0,070	46	31		11,29
5	Chla	Peene, Anklam	07.05.2013	18,4	3,28	0,040	54	16,9		16,43
6	Phyto	Peene, Anklam	21.05.2013	15,0	7,94	0,110	52	16,9		10,36
7	Chla	Peene, Anklam	04.06.2013	6,8	4,16	0,120	52	14,2		4,37
8	Phyto	Peene, Anklam	18.06.2013	7,5	4,75	0,150	52	14,2		4,72
9	Chla	Peene, Anklam	02.07.2013	7,3	5,52	0,150	58	5,96		4,09
10	Phyto	Peene, Anklam	16.07.2013	31,3	15,46	0,100	59	5,96		22,2
11	Chla	Peene, Anklam	06.08.2013	34,3	15,04	0,180	58	4,65		25,49
12	Phyto	Peene, Anklam	20.08.2013	52,3	16,95	0,220	100	4,65		42,33
13	Chla	Peene, Anklam	03.09.2013	61,7	30,07	0,210	59	4,93		44,03
14	Phyto	Peene, Anklam	17.09.2013	30,3	9,25	0,150	61	4,93		24,86
15	Chla	Peene, Anklam	08.10.2013	9,2	4,99	0,090	69	17,7		6,3
16	Chla	Peene, Anklam	22.10.2013	7,5	4,12	0,090	50	17,7		5,03

Das Tabellenbeispiel enthält in der ersten Zeile Angaben zu den "Pflichtfeldern", d. h. für die Bewertung obligatorische Angaben oder Messwerte. Bei Chlorophyll a ist der Wert nach DIN und mit Phaeophytinabzug, die erste Wahl. Falls dieser Parameter nicht vorliegt, wird das Gesamtpigment zur Bewertung verwendet, d. h. nach DIN ohne Phaeophytinabzug. Falls ausdrücklich mit Gesamtpigment bewertet werden soll, müssen die Felder für Chl a DIN leer bleiben.

Die Anwendungsgrenzen des Verfahrens hinsichtlich Anzahl der Termine und Messungen s. Tabelle 2.

Weitere Erläuterung zu den Spalten: (orange Felder = Pflichtfelder)

Spaltenbezeichnung	Spalteninhalte
Laufende Nr	Schlüsselcode (fortlaufende Nummer) zur Verknüpfung mit den Taxonbefunden
Phytodat	bei Vorhandensein einer Phytoplanktonprobe an diesem Termin hier "Phyto" eintragen, alle übrigen Termine ohne Phyto können frei bezeichnet werden, wie z. B. "nur Chla" oder "Chla_Chemie" oder "nur Chemie", falscher Eintrag von "Phyto" führt zu falschen Ergebnissen!
Gewaessername	Messstellennamen (Gewässer, Ort), exakte Schreibweise gemäß Stammdaten in Tabellenblatt "Gewässernamen" erforderlich da Schlüsselfeld
Datum	Datum (ohne Uhrzeit)
Chl_a µg/l unkorrr	Chlorophyll a ohne Phaeophytin-Abzug ("Gesamtpigment") [µg/l]
Phae µg/l	Phaeophytin [µg/l]
TP mg/l	Gesamtphosphor [mg/l], Saisonmittelwert wird in Bewertungsausgabe aufgeführt
Cl	Chlorid [mg/l], Saisonmittelwert wird in Bewertungsausgabe aufgeführt
Q Monatsmittel m3/s	Monatsmittel des Abflusses an einem naheliegenden Pegel [m ³ /s]
Besonderheiten	Bemerkung zu besonderen Bedingungen z. B. zur Probenahme oder Analytik
Chl_a nach DIN	Chlorophyll a mit Phaeophytin-Abzug, d. h. nach DIN [µg/l]

3. Arbeitsblatt "Import_Vorlage_Biodat"

Liste der Phytoplanktonbefunde und der Probencodierung "Laufende Nr"

Erläuterung zu den Spalten:

- **Laufende Nr:** Verknüpfung mit Proben-termin in Tabellenblatt "Probentermin_Chla"

- **T_ID:** Taxon-ID gemäß der Harmonisierten Taxaliste Phytoplankton (HTL) oder der Bundestaxaliste (BTL). Sind die Befunde HTL-ID codiert, muss die Spaltenüberschrift "ID", "HTLID" oder "HTL-ID" heißen. Bei DV-Codierung muss die Spalte in der Beispieldatei in "DVNr" oder "DV-Nr" umbenannt werden.

- **Biovolumen mm3 I-1:** Taxonbiovolumen in [mm³/l]. IDs/DVNr mit Mehrfachnennung in einer Probe, z. B. für verschiedene Größenklassen, werden im Tool vor der Bewertungsberechnung hinsichtlich Biovolumen auf Ebene der ID aufsummiert. Ausnahme: Taxa, die Größenklassen mit eigener HTL-ID besitzen wie z. B. Centrales.

Pflichtfeld	Pflichtfeld	Pflichtfeld
Laufende Nr	T_ID	Biovolumen mm3 I-1
4	72	0,022
4	78	0,10431
4	117	0,1221
4	148	0,09768
4	177	0,01571
4	181	0,0047
4	232	0,0198
4	233	0,0312
4	234	0,09078
4	235	0,02353
4	236	0,01688
4	238	0,09268
4	239	0,13107
4	283	0,17969
4	306	0,00619
4	326	0,03142

(Die ebenfalls in der Vorlage enthaltenen Spalten "Zellzahl/ml" und "Zellvol µm³" (hier nicht gezeigt) sind optional und werden im weiteren Rechenprozess nicht verwendet)

Export-Dateien des PhytoFluss Online-Tools

Nach dem Import der mit Daten vorbereiteten Importdatei führt das Tool die Berechnungen aus und gibt verschiedene Exportformate aus (csv- und xlsx-Format). Die Excel-Tabelle "export_standard" enthält die "Gesamtbewertung" mit verschiedenen Zwischenergebnisse der Metrik-Berechnung und die TIP-Indikator taxa an den Untersuchungsterminen im Arbeitsblatt "TIP_Tax_dom". In der Export-Datei ist wie in den Vorgängerversionen eine Tabelle "Info" enthalten, in der die Export-Tabellenblätter aufgelistet und deren Inhalte erläutert sind.

Des Weiteren stehen im Online-Bewertungsportal Tabellen mit den aktuell verwendeten Bewertungskonstanten, den Indikatorlisten und die verwendete Taxaliste zum Download bereit.

Die Spalten in der Ausgabetablelle "gesamtbewertung" sind mit ihren Bezeichnungen und Erläuterungen in der Tabelle 11 auf der Folgeseite aufgeführt.

Tabelle 11: Spaltenbezeichnungen und Inhalte in der Ausgabetabelle "gesamtbewertung" (ab Version PhytoFluss Online 5.0.0).

Spaltenname	Erläuterung
Bundesland	Bundesland
Gewässername	Kombinierter Name aus Gewässername und Messstelle, der in exakt gleicher Schreibweise in die Eingangstabellen eingetragen werden muss (Schlüsselfeld!)
Jahr	Untersuchungsjahr
Phyto_O_Typ	Fließgewässertyp/Subtyp Phytoplankton gemäß PhytoFluss
LAWA_O_Typ	Gewässertyp nach dem LAWA-System für Fließgewässer (Pottgiesser 2018)
PhytoFluss-Region	PhytoFluss-Region für die drei Indikatorlisten des TIP: T = Tiefland, M = Mittelgebirge (ohne Donau), Donau = Donau und ggf. ihre Zuflüsse (s. Verfahrensanleitung Mischke et al. ab 2020)
Gesamtindex	Ökologische Gesamtbewertung PhytoFluss
Verbale Bewertung	Verbale Einstufung des Gesamtindex in eine der 5 ökologischen Zustandsklassen (ÖZK)
Biomasse_DIN	Biomasse-Index basierend auf der Bewertung von Chlorophyll a-Werten nach DIN
Biomasse_I	Biomasse-Index basierend auf der Bewertung von Gesamtpigmentwerten
TIP	Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP) basierend auf Indikatortaxa
KeineBerechnung	Gründe für "keine Berechnung" des Gesamtindex und TIP wenn Bewertung nicht gesichert bzw. ungültig
Warnung_Bewertung	Gibt Hinweise auf "unsichere" Bewertung, wenn Gesamtindex und TIP ausgegeben werden
Chla_Info	Info zu dem in der Bewertung verwendeten Chlorophyll a-Wert: Chl a nach DIN oder Chl a unkorrigiert (ohne Phaeophytinabzug)/Gesamtpigment
Anzahl_Chla_bewertungsrelevant	Anzahl der bewertungsrelevanten Chlorophyll a-Werte
N_PhytoAnalyse	Anzahl der bewertungsrelevanten Phytoplanktontermeine
N Indikat TIP	Saisonmittelwert der Anzahl der gefundenenen Indikatortaxa/Probe im TIP
Gesamttaxazahl_Jahrgang	Anzahl gefundener Taxa im Jahrgang, Info zu QS-Regel "Mindestanzahl ≥ 15"
MW_Chla nach DIN	Saisonmittelwert Chlorophyll a nach DIN in µg/l
Chla_DIN_bew	Gewässertyp-spezifische Bewertung mit Chlorophyll a nach DIN (Bewertungszahl von 0,5-5,5)
Max ChlaDIN	Maximalwert (Saison) Chlorophyll a nach DIN in µg/l
MAXChlaDIN_bew	Gewässertyp-spezifische Bewertung mit Maximalwert (Saison) des Chlorophyll a nach DIN (Bewertungszahl von 0,5-5,5)
Gesamtpigment	Saisonmittelwert Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) in µg/l
Chla_bew	Gewässertyp-spezifische Bewertung mit Gesamtpigment (Bewertungszahl von 0,5-5,5), wird nur verwendet, wenn keine Chla a-Werte nach DIN vorliegen
MAXunkorrChl	Maximalwert (Saison) Gesamtpigment in µg/l
MAXunkorrChla_bew	Gewässertyp-spezifische Bewertung mit Maximalwert (Saison) des Gesamtpigments/Chlorophyll a unkorrigiert (Bewertungszahl von 0,5-5,5), wird nur verwendet, wenn keine Chla a-Werte nach DIN vorliegen
Jahreswert_TIP_GesP	Zwischenergebnis in der TIP-Berechnung: Saisonmittelwert der Probenergebnisse, Einheit µg/l
GV_Biom	Gewichtungsfaktor für die Einberechnung des Biomasse-Metriks in den Gesamtindex
GV_TIP	Gewichtungsfaktor für die Einberechnung TIP-Metriks in den Gesamtindex
ZeitraumPhytoBeginn	Datum Beginn der bewertungsrelevanten Phytoplanktonprobenahme
ZeitraumPhytoEnde	Datum Ende der bewertungsrelevanten Phytoplanktonprobenahme
Taxaanzahl im Mittel	Saisonmittelwert der in den bewertungsrelevanten Proben gefundenen und HTL-codierten Phytoplanktontaxa
Besonderheiten	MQ-Hinweis auf trockenes oder abflussreiches MQ-Sommermittel & Erster Wert von Einträge in Feld "Besonderheiten" in Eingangstabelle "Probentermin_Chla"
Cl mg/l	Zur Information: Saisonmittelwert Chlorid in mg/l, potenzielle Störgröße für die Artenzusammensetzung
TP mg/l	Zur Information: Saisonmittelwert Gesamtphosphor in mg/l, Kenngröße für Trophiepotenzial
EZG	Zur Information: Typisierungskriterium Einzugsgebietsgröße in km ²
GesGewNr-intern	Mitgeführte Messstellenummer, kann in "Probendaten" eingegeben werden, keine Relevanz für das Bewertungsprozedere

Verfahrensanleitung PhytoFluss 5.1

Spaltenname	Erläuterung
Proz_Chloro	Prozentualer Anteil der Chlorophyceae (Grünalgen) im Saisonmittel
Chloro	Nur zur Information (AK-Metriks ab PhytoFluss 4.0 nicht mehr bewertungsrelevant): Bewertungszahl Chloro-Metrik. Wenn kein Eintrag, dann nicht relevant für diesen Gewässertyp.
Cyano_Biovol	Biovolumen der Cyanobacteria in mm ³ /l
Proz_Cyano	Prozentualer Anteil der Cyanobakterien (Blaualgen) im Saisonmittel
Cyano	Nur zur Information (AK-Metriks ab PhytoFluss 4.0 nicht mehr bewertungsrelevant): Bewertungszahl Cyano-Metrik. Wenn kein Eintrag, dann nicht relevant für diesen Gewässertyp.
Proz_Pennales	Prozentualer Anteil der Pennales im Saisonmittel
Pennales	Nur zur Information (AK-Metriks ab PhytoFluss 4.0 nicht mehr bewertungsrelevant): Bewertungszahl Pennales-Metrik. Wenn kein Eintrag, dann nicht relevant für diesen Gewässertyp.
Jahr_MQ_Mai_Okt	Mittlerer Abfluss im Jahrgang von April bis Oktober, gemäß Eingabe in Spalte "Q Monatsmittel m ³ /s" in der Importtabelle "Probetermin_Chla"
langjMQ_Sommer	Langjähriger MQ von April-Okt in m ³ /s gemäß Eintrag in Eingangsdaten
Verfahrensversion	PhytoFluss-Version und deren Ausgabe-Datum

5 Literatur

Weiterführende Literatur s. auch Internetseite <http://www.gewaesser-bewertung.de>

- Becker, A., Fischer, H. (2018): Praxistest PhytoFluss. Abschlussbericht zum LAWA-Projekt O 4.15. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Im Auftrag der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsplans. BfG-1955. 112 S. zzgl. Anhang.
- Böhmer J. & U. Mischke (09.05.2011): Auswertungssoftware Version PhytoFluss 2.2 berichtigt und aktualisiert für die Taxaliste Phytoplankton (HTL_Mai_09) mit Anleitung und Eingabeformat zum deutschen Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton modifiziert nach Mischke & Behrendt (2007).
- Böhmer J. & U. Mischke (2016): PhytoFluss Version 4.0. Phytoplanktonbewertung von Flüssen. Testversion für den Praxistest 2016. Versionsdatum 18.05.2016.
- DIN 38409-60:2019-12 (2019): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) - Teil 60: Photometrische Bestimmung der Chlorophyll-a-Konzentration in Wasser (H 60).
- DIN EN 15204 (2006-12): Zählung von Phytoplankton mittels der Umkehrmikroskopie (Utermöhl-Technik).
- DIN EN 16695 (2015-12): Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton- Biovolumens.
- EN 16695 (2015): Water quality – Guidance on the estimation of phytoplankton biovolume - Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens. CEN/TC 230, 83 S.
- EU 2018/229: BESCHLUSS (EU) 2018/229 DER KOMMISSION vom 12. Februar 2018 zur Festlegung der Werte für die Einstufungen im Rahmen des Überwachungssystems des jeweiligen Mitgliedstaats als Ergebnis der Interkalibrierung gemäß der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Beschlusses 2013/480/EU der Kommission (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen C(2018) 696)
- Hoehn, E. & Oswald, L. (2009): Vergleich von Filter-, Ethanol- und Formalin-fixierten Proben zur Diatomeenpräparation und deren Lagerzeiteffekte. LUBW Karlsruhe 2008. Interne Auswertung, 5 S.
- Kasten J., Kusber W.-H., Riedmüller U., Tworeck A., Oswald L. & Mischke U. (2018): Steckbriefe der Phytoplankton-Indikatortaxa in den WRRL-Bewertungsverfahren PhytoSee und PhytoFluss mit Begleittext – 1. Lieferung: 50 Steckbriefe ausgewählter Indikatortaxa. – Berlin: Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität Berlin. – 177 pp., ISBN 978-3-946292-28-9, doi: <https://doi.org/10.3372/spi.01>
- LAWA-AO (16.06.2014): Rahmenkonzeptionen zur Aufstellung von Monitoringprogrammen und zur Bewertung des Zustands von Oberflächengewässern - Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen Arbeitspapiere - Arbeitspapier I – Gewässertypen und Referenzbedingungen (Stand 17.10.2013) empfohlen durch den Ständigen Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (LAWA-AO) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.
- Mischke, U. (2005): Einführung in die lichtmikroskopische Bestimmung der solitären Centrales anhand von Schalenpräparaten. Teil 1a und 1b. Version 14.11.2005, IGB, Berlin.
- Mischke, U., Opitz, D., Behrendt, H. & Köhler, J. (2005): Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für Fließgewässer mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL. LAWA-Projekt 6.03. 100 S. IGB, Berlin.
- Mischke, U. (2006): Bundesweiter Praxistest eines Bewertungsverfahrens für Phytoplankton in Fließgewässern Deutschlands zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Verfahrensvereinfachung und -überprüfung mit Handbuchentwurf. LAWA-Projekt O 3.05, Länderfinanzierungsprogramm Wasser und Boden. Berichtsstand: 1. November 2006 mit geringen Modifikationen bis zum 20.01.07. 70 S.
- Mischke U. & H. Behrendt (2007): Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland, Berlin: Weißensee Verlag
- Mischke, U. & W.-H. Kusber (2009): Die harmonisierte Taxaliste des Phytoplanktons für Seen und Flüsse in Deutschland. Excel Datei. Erweiterte Liste zur Kodierung des Phytoplanktons für die EG-WRRL mit ausführlichen Anmerkungen. Stand Mai 2009. Download: www.gewaesserbewertung.de
- Mischke, U., Riedmüller, U. (2013): Überarbeitung des Phytoplanktonverfahrens nach EG-WRRL für Fließgewässer. Endbericht zum Teilvorhaben. Im Auftrag und unter der Gesamtprojektleitung der Universität Duisburg-Essen, Abt. aquatische Ökologie, Prof. Dr. D. Hering. Stand 11.10.2013. 82 S.
- Mischke, U. (2016a): Abschlussbericht zum LAWA Projekt O 8.14: Leitung der Phytoplankton-Experten-Gruppe im "large rivers GIG" in der Verlängerung der 2ten Interkalibrierungsrunde

- Mischke, U. (2016b): PhytoFluss 4.0 – Überarbeiteter Bewertungsvorschlag für Fließgewässer mittels Phytoplankton. Endbericht zum Teilvorhaben "Modul 3 Weiterentwicklung des Verfahrens PhytoFluss" im Gemeinschaftsprojekt "Weiterentwicklung der biologischen Bewertungsverfahren zur EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) unter besonderer Berücksichtigung der großen Flüsse". Im Auftrag des Umweltbundesamts, FKZ 3714 22 211 0.
- Mischke, U., (Hrsg.) (2015): XGIG Large River Intercalibration Exercise. Overview of national assessment methods, including pressure-impact relationships and WFD compliance checking, BQE Phytoplankton.
- Mischke, U., Kusber, W.H., Kasten, J., Hoehn, E., Tworeck, A., Oswald, L., Dürselen, C.-D., Täuscher, L., & Riedmüller, U. (2018a): Aktualisierung der Taxaliste Phytoplankton für die WRRL-Bewertungsverfahren. Ergebnisse der DGL-Jahrestagung 2017 in Cottbus.
- Mischke U., Kasten, J., Dürselen, C.D., Täuscher, L., Riedmüller, U., Tworeck A., Oswald L., Hoehn, E. & W.-H. Kusber (Stand 2018b): Taxaliste Phytoplankton (HTL_2018) in Ergänzung zur Bundestaxaliste für die WRRL-Bewertungsverfahren PhytoSee und PhytoFluss – Elektronische Veröffentlichung geplant für Mai 2018 auf dem Informationsportal www.gewaesser-bewertung.de. In Bearbeitung.
- Mischke, U., Riedmüller, U., Böhmer, J. (2018c): PhytoFluss Version 4.1. Phytoplanktonbewertung von Flüssen gemäß WRRL nach Praxistest der Bundesländer 2016/2017. Stand März 2018.
- Mischke, U., Kasten, J., Dürselen, C.-D., Täuscher, L., Riedmüller, U., Tworeck, A., Oswald, L., Hoehn, E., Schilling, P. & W.-H. Kusber (2020): Taxaliste Phytoplankton (HTL_2020) in Ergänzung zur Bundestaxaliste für die WRRL-Bewertungsverfahren PhytoSee und PhytoFluss – Elektronische Veröffentlichung auf www.gewaesser-bewertung.de.
- Mischke, U. (2020): Übersetzungsliste von DV-Nr. (Bundestaxaliste Schilling 2020) nach HTL-ID (Harmonisierte Taxaliste Phytoplankton Mischke et al. 2020), Stand August 2020.
- Nixdorf, B., Hoehn, E., Riedmüller, U., Mischke U. & I. Schönfelder (2010): III-4.3.1 Probenahme und Analyse des Phytoplanktons in Seen und Flüssen zur ökologischen Bewertung gemäß der EU-WRRL. In: Handbuch Angewandte Limnologie – 27. Erg.Lfg. 2/10 1. S. 1- 24.
- Pottgiesser, T. (2018): Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Umweltbüro Essen im Auftrag des Umweltbundesamtes. Steckbriefe und Begleittext.
- Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E. (2022): Versionsdokumentation PhytoFluss - Historie des Bewertungsverfahrens mit Phytoplankton für planktondominierte Flüsse und Ströme. Stand 15. Oktober 2022. 11 S.. <https://www.gewaesser-bewertung-berechnung.de>
- Schilling P. (2020): Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (**BTL 2020**) - Stand Mai 2020. Herausgegeben im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) - Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO) und des Umweltbundesamtes (UBA). – Elektronische Veröffentlichung auf gewaesser-bewertung.de.

6 Annex: Kurzdarstellung der Algenklassen-Metriks

Die Bewertung mittels der bisherigen drei Algenklassen-Metriks "Chloro", "Cyano" und "Pennales" (Version 2.2) wurde geprüft (Mischke 2016a) und erwies sich mit dem erweiterten WRRL-Datensatz als wenig sensitiv gegenüber der Belastungsgröße Gesamtphosphor. Deshalb werden die Algenklassen-Metriks ab der PhytoFluss 4.0 nicht mehr in den Gesamtindex einberechnet und nur informativ und zur Plausibilisierung ausgegeben.

Chloro-Index

Bewertung möglich für die Typen: **10.2, 20.2, 23**

Beschreibung: Der Metrik berechnet den relativen Anteil der Klasse Chlorophyceae am Gesamtbio-volumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer anhand von Klassenschwellenwerten.

Berechnung: Zur Bewertung wird der Prozentanteil der Chlorophyceae am Gesamtbio-volumen (Saisonmittelwerte) mit den in der Tabelle ausgewiesenen Bereichen bzw. Grenzwerten eingestuft. Fällt der Wert in einen definierten Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert ("Bewertungswert" als ökologische Zustandsklasse) als Bewertungsergebnis für den Chloro-Index ausgegeben. Da sich die beobachteten Chlorophyceae-Prozentanteile im sehr guten (1), guten (2) und mäßi-gem (3) Zustand sehr ähneln, konnte hier in der Verfahrensentwicklung keine Zustandsklassenzuord-nung abgeleitet werden.

Tabelle 12: Obere Klassengrenzen des Chloro-Index (n.d. = nicht definiert). B-Wert = Bewertungswert.

FG-Typ	Prozentanteil der Chlorophyceae am Gesamtbio-volumen [%]				
	B-Wert = 1	B-Wert = 2	B-Wert = 3	B-Wert = 4	B-Wert = 5
10.2	n.d.	n.d.	n.d.	5,1 bis <=15	> 15
20.2	n.d.	n.d.	n.d.	5,1 bis <=15	> 15
23	n.d.	n.d.	n.d.	5,1 bis <=15	> 15

Ökologische Aussage des Metriks: Die Chlorophyceae werden aus den Ordnungen Chlorococcales, Tetrasporales, Volvocales und Chaetophorales definiert, deren Arten überwiegend hohe Nährstoff- und Temperaturansprüche haben. Die Referenzbiozönose ist für die bewertungsrelevanten Gewässertypen unbekannt. Der trophische Grundzustand wurde jedoch rekonstruiert (Gesamtphosphorkonzentration unter 0,09 mg/l; Chlorophyll a < 30 µg/l). Nach Analogieschluss aus vergleichbaren, aber kleineren Gewässern mit geringer Abflussspende sind die Chlorophyceae im Grundzustand artenreich vertreten, ihr Biomasse-Anteil verbleibt aber unter 5%. Der Metrik indiziert nur die starken Störungen des Trophiezustandes.

Reaktion auf Belastung: Der Chlorophyteen-Anteil nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Cyano-Index

Bewertung möglich für die Typen: **9.2, 15, 15g (15.1, 15.2), 17 (17.1, 17.2), 20.2, 23**

Beschreibung: Der Metrik berechnet den relativen Anteil der Klasse Cyanobacteria am Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer anhand von Klassenschwellenwerten.

Berechnung: Zur Bewertung wird zuerst geprüft, ob der Saisonmittelwert des Cyanobacteria- Biovolumens größer als $0,5\text{mm}^3/\text{l}$ ist. Wird dieser Schwellenwert unterschritten, wird einheitlich der Zustand gut (2) ausgewiesen. Andernfalls wird der Prozentanteil der Cyanobacteria am Gesamtbiovolumen (Saisonmittelwerte) mit den in der Tabelle 13 ausgewiesenen Bereichen bzw. Grenzwerten verglichen. Fällt der Wert in einen definierten (Prozent-)Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert ("Bewertungswert" als ökologische Zustandsklasse) als Bewertungsergebnis für den Cyano-Index ausgegeben.

Tabelle 13: Grundzustände und obere Klassengrenzen des Cyano-Index (n.d. = nicht definiert). B-Wert = Bewertungswert.

FG-Typ	Biovolumen und Prozentanteil der Cyano am Gesamtbiovolumen				
	B-Wert = 1	B-Wert = 2	B-Wert = 3	B-Wert = 4	B-Wert = 5
15.1	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$ und	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$
17.1				$> 10 - 20\%$	und $> 20\%$
15.2	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$ und	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$
17.2				$> 20 - 40\%$	und $> 40\%$
09.2	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$ und	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$
				$> 10 - 20\%$	und $> 20\%$
20.2	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$ und	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$
				$> 2 - 5\%$	und $> 50\%$
23	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$ und	$> 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$
				$> 10 - 20\%$	und $> 20\%$

Ökologische Aussage des Metriks: Die Blaualgen (Cyanobacteria) sind phototrophe Bakterien, die weltweit als Anzeiger für Eutrophierung genutzt werden, da die meisten Arten hohe Nährstoff- und Temperaturansprüche haben. Unter ungestörten Bedingungen ist die Biomasse der Cyanobacteria im Plankton klein, der Anteil kann durch Besonderheiten im Einzugsgebiet (z. B. Seenausläufe) vereinzelt über 20% liegen. Der Metrik indiziert in erster Linie die Ungestörtheit des Trophiezustandes und reagiert zusätzlich auf Beeinträchtigung der Gewässerhydrologie wie Aufstauungen, da die planktischen Cyanobacteria sehr empfindlich auf Wasserturbulenz reagieren. Ein niedriger Metrik-Wert steht meist für wenig nährstoffbelastete und nicht gestaute Gewässer.

Reaktion auf Belastung: Die Cyano-Kenngröße, Biovolumen oder Prozentsatz, nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Pennales-Index

Bewertung möglich für die Typen: **9.2, 10.1, 15, 15g (15.1, 15.2), 17 (17.1, 17.2), 20.1, 23**

Beschreibung: Der Metrik berechnet den relativen Anteil der Ordnung Pennales am Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer anhand von Klassenschwellenwerten.

Berechnung: Zur Bewertung wird der Prozentanteil der Pennales am Gesamtbiovolumen (Saisonmittelwerte) mit den in der Tabelle ausgewiesenen Bereichen bzw. Grenzwerten verglichen. Fällt der Wert in einen definierten Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert ("Bewertungswert" als ökologische Zustandsklasse) als Bewertungsergebnis für den Pennales-Index ausgegeben. Da sich die beobachteten Pennales-Prozentanteile im mäßigen (3), unbefriedigenden (4) und schlechten (5) Zustand sehr ähneln, wird von den degradierten Zuständen nur der mäßige Zustand definiert.

Tabelle 14: Grundzustände und obere Klassengrenzen des Pennales-Index (n.d. = nicht definiert). B-Wert = Bewertungswert.

FG-Typ	Prozentanteil der Pennales am Gesamtbiovolumen [%]				
	B-Wert = 1	B-Wert = 2	B-Wert = 3	B-Wert = 4	B-Wert = 5
10.1	> und = 25	> und = 20 - 24,9	< 20	n.d.	n.d.
20.1	> und = 20	> und = 15 - 19,9	< 15	n.d.	n.d.
15.1	> und = 20	> und = 15 - 19,9	< 15	n.d.	n.d.
17.1					
15.2	> und = 25	> und = 20 - 24,9	< 20	n.d.	n.d.
17.2					
09.2	> und = 30	> und = 15 - 29,9	< 15	n.d.	n.d.
23	> und = 20	> und = 15 - 19,9	< 15	n.d.	n.d.

Ökologische Aussage des Metriks: Die Diatomeen-Ordnung Pennales umfasst sowohl planktisch wie benthisch lebende Arten. Unter ungestörten Bedingungen ist der Anteil der Pennales im Freiwasser hoch (> 20%). Der Metrik indiziert in erster Linie die Ungestörtheit des Trophiezustandes und reagiert zusätzlich auf Beeinträchtigungen der Gewässermorphologie wie Strukturarmut und Aufstauungen. Ein niedriger Metrik-Wert steht meist für wenig nährstoffbelastete und nicht gestaute Gewässer.

Reaktion auf Belastung: Der Pennales-Anteil nimmt mit zunehmender Belastung ab.