

Bewertung ökologischer Zustand

Zur Bewertung des ökologischen Zustands mit der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton stehen PhytoFluss Version 2.2 und das Online Tool PhytoFluss 5.0 zur Verfügung. Beide Versionen liefern unterschiedliche Bewertungsergebnisse.

Bewertung gemäß PhytoFluss 2.2

Das Bewertungssystem in der Version PhytoFluss 2.2 hat mehrere Einzelkenngrößen

- **Gesamtpigment** (Chl-a)
- **TIP** (Typspezifischer Indexwert Potamoplankton)
- **Pennales**
- **Chloro**
- **Cyano**

von denen drei bis fünf je bewertungsrelevantem Phytoplankton-Fließgewässertyp genutzt werden (s. Tab. 1).

Die Einzelkenngrößen reflektieren zum einen die ausgebildete Biomasse und zum anderen die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons.

Tab. 1: Übersicht der Kenngrößen für die Bewertung mittels Phytoplankton und ihre Verwendbarkeit für die Phytoplankton-Fließgewässertypen (PP-FG-Typ) (geeignete Kenngrößen angekreuzt).

| PP-FG-Typ | Gesamtindex | Biomasse | Taxonomische Zusammensetzung | | | |
|-------------|-------------|---------------|------------------------------|----------|--------|-------|
| | | Gesamtpigment | TIP | Pennales | Chloro | Cyano |
| 10.1 | x | x | x | x | | |
| 20.1 | x | x | x | x | | |
| 15.1 + 17.1 | x | x | x | x | | x |
| 15.2 + 17.2 | x | x | x | x | | x |
| 9.2 | x | x | x | x | | x |
| 10.2 | x | x | x | | x | |
| 20.2 | x | x | x | | x | x |
| 23 | x | x | x | x | x | x |

Es werden die Ergebnisse der mikroskopischen und photometrischen Analysen des Phytoplanktons von allen Proben innerhalb der Vegetationsperiode zur Bewertung genutzt: Die Anteile der Algenklassen und der Indikatorarten am Gesamtbiovolumen sowie die Konzentration des Chlorophyll-a einschließlich des Phaeophytins (Gesamtpigment).

Allen Kenngrößen liegt das Saisonmittel zu Grunde, welches aus mindestens je sechs Einzeluntersuchungsterminen im Zeitraum von April bis einschließlich Oktober gebildet wird.

Liste der Kenngrößen und ihre Anwendung auf die Phytoplankton-Fließgewässertypen

Aus der Kenngröße "Gesamtpigment" wird durch Umrechnung des unkorrigierten Chlorophyll-a-Saisonmittelwertes mithilfe einer typspezifischen Funktion (Tabelle 2) ein Bewertungswert (B-Wert) zwischen 0,5 und 5,5 ermittelt.

Für die Kenngrößen "Pennaales", "Chloro" und "Cyano" wird der Dominanzwert dieser Algengruppen mit festen typspezifischen Klassengrenzen verglichen und in ganzen Zahlen einem Indexwert zwischen 1 und 5 zugeordnet.

Zuletzt wird der prozentuale Anteil der am Probestandort nachgewiesenen Indikatortaxa am Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons (Dominanz) genutzt, um den "Typspezifischen Indexwert Potamoplankton" (TIP) zu berechnen. Jedes Indikatortaxon hat einen typspezifischen Degradationsindexwert sowie einen Gewichtungsfaktor und wird zu einer Degradationsindex-Kenngröße verrechnet.

Biomasse

Kenngröße Gesamtpigment

Das Gesamtpigment ist ein Maß für die Phytoplanktonbiomasse. Die Ausprägung der Biomasse wird durch die pflanzliche, planktische Trophie und die Eutrophierung des Gewässers bestimmt, welche durch einen menschengemachten Nährstoffüberschuss verursacht wurde. Der Parameter Gesamtpigment wird aus den nach DIN gemessenen Konzentrationen von Chlorophyll-a und Phaeophytin-a berechnet. Durch den Vergleich mit Klassenschwellenwerten wird das Gewässer damit klassifiziert. Zur Bewertung wird der Saisonmittelwert von Gesamtpigment in die typspezifische Bewertungsformel (siehe Tabelle 2) als "Chla" eingesetzt. Auf diese Weise wird der B-Wert als Bewertungsergebnis für den Gesamtpigment-Index ermittelt.

Tab. 2: Bewertungsfunktionen des Gesamtpigment-Index und obere Klassengrenzen für den B-Wert (Bewertungswert).

| PP-FG-Typ | Formel für die Berechnung des B-Wertes aus Gesamtpigment | sehr gut B-Wert = 1,5 | gut B-Wert = 2,5 | mäßig B-Wert = 3,5 | unbefried. B-Wert = 4,5 |
|-------------|--|--------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|
| 10.1 | $B\text{-Wert} = 1,8527 * \ln(\text{Chla}) - 2,7981$ | 10,1 | 17,5 | 30,0 | 51,0 |
| 20.1 | $B\text{-Wert} = 1,8527 * \ln(\text{Chla}) - 2,7981$ | 10,1 | 17,5 | 30,0 | 51,0 |
| 15.1 + 17.1 | $B\text{-Wert} = 1,9907 * \ln(\text{Chla}) - 4,4749$ | 20,0 | 33,0 | 55,0 | 90,0 |
| 15.2 + 17.2 | $B\text{-Wert} = 1,9907 * \ln(\text{Chla}) - 4,4749$ | 20,0 | 33,0 | 55,0 | 90,0 |
| 9.2 | $B\text{-Wert} = 1,9907 * \ln(\text{Chla}) - 4,4749$ | 20,0 | 33,0 | 55,0 | 90,0 |
| 10.2 | $B\text{-Wert} = 1,8168 * \ln(\text{Chla}) - 4,6772$ | 30,0 | 52,0 | 90,0 | 155,0 |
| 20.3 | $B\text{-Wert} = 1,8168 * \ln(\text{Chla}) - 4,6772$ | 30,0 | 52,0 | 90,0 | 155,0 |

| | | | | | |
|----|--|------|------|------|-------|
| 23 | $B\text{-Wert} = 1,8168 * \ln(\text{Chl}a) - 4,6772$ | 30,0 | 52,0 | 90,0 | 155,0 |
|----|--|------|------|------|-------|

Die unterschiedlichen physikalischen Voraussetzungen in den Fließgewässertypen werden bei der WRRL-Bewertung mit unterschiedlichen Grenzwerten berücksichtigt. Als Grundlage für das PhytoFluss-Bewertungsverfahren musste ein Gewässertyp-spezifisches Trophie- System für planktonführende Fließgewässer neu entwickelt werden. Der Referenzzustand für Tieflandflüsse ist heute wegen starker Besiedlung nicht mehr anzutreffen und musste rekonstruiert werden, indem man etablierte Beziehungen zwischen Landnutzung und Nährstoffgehalt, und nachfolgend zwischen Nährstoffen und Phytoplanktonbiomasse in Gewässern nutzte.

Tab. 3: Trophie-System für planktonführende Fließgewässer. Typspezifische Klassengrenzen für Gesamtpigment (Chl-a unkor. in µg/l) sowie typspezifische Orientierungswerte für die Gesamtposphor - Konzentration (TP in µg/l), angegeben ist jeweils die Obergrenze der Zustandsklasse.

| PP-FG-Typ | 10.1 & 20.1 | | 20.2, 10.2 & 23 | | 9.2, 15.2 & 17.2 | | 15.1 & 17.1 | |
|-----------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------|-------------|--------------|
| | TP | Chl-a unkor. | TP | Chl-a unkor. | TP | Chl-a unkor. | TP | Chl-a unkor. |
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| sehr gut | 50 | 10,1 | 54 | 30 | 54 | 20 | 50 | 20 |
| gut | 135 | 17,5 | 90 | 52 | 90 | 33 | 135 | 33 |
| mäßig | 220 | 30 | 150 | 90 | 150 | 55 | 220 | 55 |
| unbefriedigend | 300 | 51 | 250 | 155 | 250 | 90 | 300 | 90 |
| schlecht | >300 | >51 | >250 | >155 | >250 | >90 | >300 | >90 |

Taxonomische Zusammensetzung

Kenngößen der Algengruppen

Unter der taxonomischen Zusammensetzung werden verschiedene Kenngößen (Chloro, Cyano und Pennales) der Algengruppen bewertet. Diese Kenngößen berechnen den relativen Anteil der Klassen **Chlorophyceae** und **Cyanobacteria** sowie der Ordnung **Pennales** (pennate Kieselalgen) am Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten. Sie klassifizieren das Gewässer durch den Vergleich mit Klassenschwellenwerten.

Die Kenngößen Chloro, Cyano und Pennales sind nicht für alle planktonführenden Fließgewässersubtypen verwendbar (s. Tabelle 1), da die zugehörigen Algengruppen für diese teils unbedeutend sind oder einen geringen Zeigerwert besitzen.

Kenngöße Chloro: Die Chlorophyceae (Grünalgen) werden aus den Ordnungen Chlorococcales, Tetrasporales, Volvocales und Chaetophorales definiert, deren Arten überwiegend hohe Nährstoff- und Temperaturansprüche haben. Nach Analogieschluss aus vergleichbaren, aber kleineren Gewässern mit geringer Abflussspende sind die Chlorophyceae im Grundzustand artenreich vertreten, ihr Biomasse-Anteil verbleibt aber unter 5 %. Die Kenngöße indiziert nur die starken Störungen des Trophiezustandes.

Kenngöße Cyano: Die Blaualgen (Cyanobacteria) sind phototrophe Bakterien, die weltweit als Anzeiger für

Eutrophierung genutzt werden, da die meisten Arten hohe Nährstoff- und Temperatursprüche haben. Unter ungestörten Bedingungen ist die Biomasse der Cyanobacteria im Plankton klein, der Prozentanteil kann durch Besonderheiten im Einzugsgebiet (Seenausläufe) vereinzelt über ein Fünftel liegen. Die Kenngröße indiziert in erster Linie die Ungestörtheit des Trophiezustandes und reagiert zusätzlich auf die Beeinträchtigung durch Aufstau, da die planktischen Cyanobacteria sehr empfindlich auf Wasserturbulenz reagieren. Ein niedriger Kenngrößen-Wert steht meist für wenig nährstoffbelastete und nicht gestaute Gewässer.

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

Zur Bewertung wird der Prozentanteil der Algengruppe am Gesamtbiovolumen (Saisonmittelwerte) mit den in Tabelle 4 ausgewiesenen Grenzwerten verglichen. Fällt der Wert in einen definierten Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert als Zahl und als Bewertungsergebnis für den jeweiligen Index eingesetzt. Einige Zustandsklassen sind nicht definiert (s. Tabellenerläuterungen).

Tab. 4: Grundzustände und obere Klassengrenzen für die Algengruppen-Kenngrößen "Pennales", "Chlorophyceae" und "Blaualgen" der Phytoplankton-Fließgewässertypen.

| PP-FG-Typ | Pennales % | | Chlorophyceae % | | Blaualgen % | |
|------------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Obere Klassengrenzen: | sehr gut | gut | mäßig | unbefriedigend | mäßig | unbefriedigend |
| B-Wert: | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 10.1 | 25 | 20* | | | | |
| 20.1 | 20 | 15* | | | | |
| 15.1 + 17.1 | 20 | 15* | | | 10*** | 20 |
| 15.2 + 17.2 | 25 | 20* | | | 20*** | 40 |
| 9.2 | 30 | 15* | | | 10*** | 20 |
| 20.2 | | | 5** | 15 | 2*** | 5 |
| 10.2 | | | 5** | 15 | | |
| 23 | 20 | 15* | 5** | 15 | 10 | 20 |

* wenn kleiner oder gleich 15 oder 20% ist die Pennales -Bewertung immer gleich "mäßig" (Wert 3). Die Zustände "unbefriedigend" und "schlecht" sind nicht definiert.

** wenn kleiner oder gleich 5% wird anstatt der Chlorophyceae -Bewertung nochmals das Ergebnis von Metric 1 (Gesamtpigment) eingesetzt. Für diese Kenngröße sind nur die Zustände "unbefriedigend" und "schlecht" definiert.

*** wenn kleiner oder gleich 2, 10 oder 20% wird anstatt der Blaualgen -Bewertung nochmals das Ergebnis von Metric 1 (Gesamtpigment) eingesetzt. Für diese Kenngröße sind für die markierten FG-Typen nur die Zustände

"unbefriedigend" und "schlecht" definiert, doch für FG-Typ 23 auch die Zustände "sehr gut", "gut" und "mäßig".

Kenngroße TIP - Typspezifischer Indexwert Potamoplankton

Der TIP-Index beschreibt auf Grundlage typspezifischer Indikatorlisten die Auswirkungen einer Eutrophierung auf die Phytoplanktonzönose eines Fließgewässers.

Die Indikatorlisten (Tabelle 5) umfassen sowohl planktisch als auch benthisch lebende Taxa. Als Störanzeiger sind insbesondere die Blaualgentaxa sowie ausgewählte Chlorophyceen- und Diatomeentaxa mit einem hohen Trophiewert belegt. Die Indikatorlisten enthalten Phytoplanktontaxa, die mit der Utermöhl-Methode mikroskopisch bestimmt werden können, so dass die Diatomeen sowie andere Algengruppen überwiegend auf Gattungsebene zusammengefasst sind. Der TIP-Metric indiziert in erster Linie die Ungestörtheit des Trophiezustandes und reagiert zusätzlich auf Beeinträchtigungen der Gewässermorphologie wie Strukturarmut und Aufstauungen.

Tab. 5: Liste der Indikatortaxa der Kenngroße "Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP)" des Phytoplanktonbewertungsverfahrens für Fließgewässer (PhytoFluss v. 2.2). Es können mehrere Arten, Sippen und Gattungen zu einem Indikatortaxon gehören. Insgesamt besitzen 385 Taxa der HTL eine Einstufung als Indikator im TIP. Die typspezifischen Indexwerte Potamoplankton (Trophie-Optima) und die Gewichtungsfaktoren sind im Einzelnen dem Handbuch (Mischke & Behrendt 2007) entsprechend dem Phytoplankton-Fließgewässertyp zu entnehmen.

| | | |
|--|--|--|
| <i>Achnanthes lanceolata</i> -Komplex | <i>Dictyosphaerium</i> | <i>Nitzschia</i> , Gattung |
| <i>Achnanthes minutissima</i> – Sippen | <i>Euglena</i> | <i>Oocystis</i> |
| <i>Actinocyclus normanii</i> | <i>Fragilaria crotonensis</i> | <i>Oscillatoriales</i> , ohne Planktothrix |
| <i>Amphora</i> | <i>Fragilaria ulna</i> | <i>Pediastrum</i> |
| <i>Aphanizomenon</i> | <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i> | <i>Planktothrix agardhii</i> |
| <i>Asterionella formosa</i> | <i>Fragilaria ulna angustissima</i> – Sippen | <i>Planktothrix</i> , Gattung |
| <i>Aulacoseira granulata</i> | <i>Fragilaria</i> , Gattung | <i>Rhodomonas</i> |
| <i>Aulacoseira</i> , Gattung | <i>Gomphonema/Rhoicosphenia</i> | <i>Scenedesmus armatus</i> |
| <i>Botryococcus</i> | <i>Gymnodinium</i> o. <i>G. lantzschii</i> | <i>Scenedesmus falcatus</i> |
| <i>Ceratium</i> | <i>Kephyrion / Pseudokephyrion</i> | <i>Scenedesmus quadricauda</i> |
| <i>Chlamydomonas</i> | Kleine <i>Chrysophyceen</i> plus <i>Haptophyceae</i> | <i>Scenedesmus</i> , Gattung |
| <i>Chrysococcus</i> | <i>Melosira varians</i> | <i>Skeletonema potamos</i> |
| <i>Chrysophyceen</i> | <i>Microcystis</i> | <i>Skeletonema subsalsum</i> |

| | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| <i>Cocconeis placentula</i> | <i>Monoraphidium contortum</i> | <i>Sphaerocystis</i> -Formenkreis |
| <i>Coelastrum</i> | <i>Navicula gregaria</i> | <i>Staurastrum</i> |
| <i>Crucigenia / Crucigeniella</i> | <i>Navicula lanceolata</i> | <i>Surirella</i> |
| <i>Cryptomonas</i> | <i>Navicula menisculus</i> | <i>Trachelomonas</i> |
| <i>Cymatopleura elliptica</i> | <i>Navicula</i> , Gattung | Zentrale Diatomeen <20 µm |
| <i>Cymatopleura solea</i> | <i>Nitzschia acicularis</i> -Formenkreis | Zentrale Diatomeen groß >20 µm |
| <i>Diatoma tenuis</i> | <i>Nitzschia fonticola</i> | |
| <i>Diatoma vulgare</i> | <i>Nitzschia sigmaidea</i> | |

Die Kenngröße basiert auf dem relativen Anteil von Indikatortaxa am Phytoplankton-Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer durch Verrechnung mit dem typspezifischen Trophiewert und Gewichtungswert.

$$TIP = \frac{\sum_{i=1}^n TI_i * GW_i * DW_i}{\sum_{i=1}^n GW_i * DW_i}$$

DW = Dominanzwert
 TI = Trophiewert
 GW = Gewichtungswert

Die resultierende Bewertungsklasse für die Kenngröße TIP entspricht dem Mittelwert aller taxonspezifischen Ergebnisse. Der TIP-Index muss auf mindestens sechs Beprobungen im Untersuchungszeitraum (April bis Oktober) sowie der Zählung und Bestimmung von mindestens sechs unterschiedlichen Indikatorarten mittels der Utermöhl-Methode an einem Umkehrmikroskop beruhen. Die Klassengrenzen sind analog zum Gesamtpigment-Index definiert.

Gesamtbewertung

Durch Mittelung aller Kenngrößen wird der Gesamtindex Phytoplankton berechnet. Der Index nimmt Werte von 0,5 - 5,5 ein und wird gemäß Tabelle 6 den fünf ökologischen Zustandsklassen der WRRL zugeordnet.

Tab. 6: Indexwerte und ökologische Zustandsklasse.

| Gesamtindex Phytoplankton | Ökologische Zustandsklasse |
|---------------------------|----------------------------|
| 0,50 – 1,50 | 1 = sehr gut |
| 1,51 – 2,50 | 2 = gut |
| 2,51 – 3,50 | 3 = mäßig |
| 3,51 – 4,50 | 4 = unbefriedigend |

4,51 – 5,50

5 = schlecht

Bewertung gemäß PhytoFluss 5.0

Das multimetrische Bewertungsverfahren in der Version 5.0 basiert auf zwei biologischen Kenngrößen oder Metriks:

1. "Biomasse":

Dieser Metrik bewertet gewässertypspezifisch die Biomasseentwicklung oder Trophie mit den Kenngrößen Chlorophyll a-Saisonmittel und Chlorophyll a-Maximum. Hier kann sowohl das Chlorophyll a nach DIN oder das Chlorophyll a unkorrigiert (ohne Phaeophytin-Abzug, "Gesamtpigment") verwendet werden.

2. Arten-Trophieindex "TIP":

Dieser Metrik bewertet regionsspezifisch gemäß den 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 **Algenklassen-Metriks** "Pennales" (pennate Diatomeen), "Chloro" (Chlorophyceae) und "Cyano" (Cyanobacteria), sind **nicht mehr bewertungsrelevant**. Sie werden im Tool dennoch noch als Indices errechnet und zur Information und Experteneinschätzung ausgegeben.

Biomasse-Metrik

Teilmetriks

- Chlorophyll a-Saisonmittel
- Chlorophyll a-Maximum

Die Chlorophyllproben müssen zeitgleich zu den Phytoplanktonproben genommen werden (gleiches Datum), sonst gehen sie nicht in die Bewertung ein. Es können sowohl Chlorophyll a nach DIN (mit Phaeophytinabzug) als auch das "Gesamtpigment" (Chlorophyll a unkorrigiert, d. h. ohne Phaeophytinabzug) zur Bewertung verwendet werden. Vorrangig wird Chlorophyll a nach DIN zur Bewertung herangezogen. Falls nur Gesamtpigment vorliegt, geht dieses in die Bewertung ein.

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

Berechnung des Saisonmittelwerts von Chlorophyll a nach DIN/Gesamtpigment

Die mindestens vier Einzeltermine (empfohlen sechs und mehr) aus dem Zeitraum März bis Oktober werden wie folgt verrechnet

1. Mittelwert aller Proben an einer Messstelle, falls die Messstelle oder der Wasserkörper an mehreren Punkten beprobt wurde
2. Monatsmittelwert, falls ein Monat mehrmals beprobt wurde
3. Saisonmittelwert aus den Monatsmitteln von März bis einschließlich Oktober

Ermittlung eines bewertungsrelevanten Maximalwerts von Chlorophyll a nach DIN oder Gesamtpigment

Der Maximalwert wird wie folgt bestimmt

1. Maximalwert der gültigen Messwerte (zeitgleich mit Phytoplanktonproben) im Zeitraum März bis Oktober
2. Prüfung: Der Maximalwert muss mehr als das 1,5fache des Chlorophyll a-Saisonmittelwerts betragen, sonst wird er für die Bewertung nicht herangezogen.

Klassengrenzen und Bewertungsformeln für die Kenngrößen des Chlorophyll a nach DIN oder des Gesamtpigment

Anhand der Kenngrößen Saisonmittelwert und Maximalwert des Chlorophyll a nach DIN oder des Gesamtpigments können anhand der Formeln in der Tabelle 6 die Bewertungszahlen oder Teilmetrik-Ergebnisse errechnet werden. Diese liegen meist zwischen 0,5 und 5,5. Ist dies nicht der Fall werden Indexwerte kleiner als 0,5 auf 0,5 und Werte größer als 5,5 auf 5,5 gesetzt.

Tab. 6: Zustandsklassengrenzen und Formeln für die Bewertung mit den Kenngrößen Saisonmittel- und Maximalwert von Chlorophyll a-nach DIN und Gesamtpigment. Alle Klassengrenzen in [$\mu\text{g/l}$].

| Phytoplankton-Typ | Zustandsklassengrenze | | | | 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 | $y = 1,8168 * \ln(x) - 5,9372$ |
| Kenngroße 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 | $y = 1,8168 * \ln(x) - 4,6772$ |

Metrik Arten-Trophieindex TIP

Im "Typspezifischen Indexwert Potamoplankton" (TIP) wird nach den PhytoFluss-Regionen Tiefland, Mittelgebirge und Donaugebiet unterschieden. Für jede PhytoFluss-Region gibt es eine eigene Indikatorliste (s. Tab. 2). Die Zuordnung der PhytoFluss-Region zu den Phytoplankton-Fließgewässertypen wird in "Qualitätskomponentenspezifische Typologie" erläutert.

Die Kalibration des TIP erfolgte im Wesentlichen entlang der Stressorgroße Gesamtphosphor im Saisonmittel. Die Indikatorlisten enthalten für jedes gefundene Indikatortaxon einen Stenökiefaktor und einen Trophie-Ankerwert (TAW), welcher als "Trophie-Optimum" zu verstehen ist.

In einigen Fällen umfasst ein Indikatortaxon mehrere Arten oder Varietäten und somit auch mehrere IDs der Harmonisierten Taxaliste Phytoplankton (HTL). Insbesondere in der Tieflandliste wurden 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. Aus diesem Grund ist einerseits die Anzahl der HTL-Taxa immer höher als die Anzahl der Indikatortaxa (Tab. 7) und die Anzahl an HTL-Taxa ist in der Tieflandliste deutlich höher als in den übrigen Listen.

Tab. 7: 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 | 91 | 159 |
| Mittelgebirge (M) Gewässersysteme mit Mittelgebirgscharakter | 113 | 209 |

| | | |
|---|-----|-----|
| Tiefland (T) Gewässersysteme mit Tieflandcharakter | 124 | 352 |
|---|-----|-----|

Die drei Eingangsgrößen zur Berechnung des TIP sind:

1. Biovolumen [mm³/l] des Indikator taxons je Probe bzw. dessen Biovolumenklasse nach Tab. 8. Die "Biovolumenklasse" wird in den Bewertungs-Tools teils als "Abundanzklasse" geführt.

Tab. 8: 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 | | |

2. Trophieankerwert (TAW) oder Trophiewert des Indikator taxons, angegeben im Sinne eines "Trophie-Optimums" in der Einheit der Gesamtphosphorwerte [µg/l].

3. Stenökiefaktor, drückt die Treue des Taxons zum Trophieschwerpunkt oder Trophieankerwert aus und nimmt Werte zwischen 0,5 und 4 an.

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

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

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

i = Laufindex des i-ten Indikator taxons

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 [µg/l]. Die Bewertung erfolgt anhand der in Mischke & Riedmüller (2013) aufgestellten Zustandsklassengrenzen in planktondominierten Fließgewässern (Tab. 9). Berechnung:

1. Schritt: Bildung eines Saisonmittelwerts aus den TIP_{GesP}-Probenwerten.
2. Schritt: Umrechnung des TIP_{GesP}-Jahreswerts gemäß Zustandsklassengrenzen des Parameters GesP (Tab. 9) 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 Der Gesamtindex PhytoFluss sowie die Ergebnisse der Teilmetriks können anhand der Tab. 6 den ökologischen Zustandsklassen zugeordnet werden.

Die Gesamtposphor-Grenzen der Zustandsklassen gelten für die PhytoFluss-Regionen Donau, Mittelgebirge und Tiefland gleichermaßen (Tabelle 4).

Tab. 9: Zustandsklassen-Obergrenzen des Gesamtposphors in den Phytoplankton-Fließgewässertypen 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 TIP

→ 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 angesehen und die Bewertung mit dem TIP sowie die Gesamtbewertung sind ungültig. Im Auswertetool wird dann keine Bewertung des TIP und des Gesamtindex PhytoFluss ausgegeben.

Um trotzdem eine gültige Bewertung zu erhalten, ist es nötig das Bestimmungsniveau z. B. durch eine Diatomeenanalyse zu vertiefen, wodurch weitere Indikator-taxa ermittelt werden. Danach muss eine erneute Bewertungsberechnung mit der erweiterten Befundeliste durchgeführt werden.

Da in den meisten planktonführenden Flüssen die centrischen Diatomeen im Plankton dominieren, ist eine tiefer gehende Diatomeenanalyse in der Regel 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 vermehrt auf die Trophieindikation mit Indikatorarten und der TIP besitzt eine höhere Metrik-Gewichtung. Hier wird ebenfalls empfohlen, eine Analyse von Diatomeen-Präparaten vorzusehen.

Gesamtindex PhytoFluss

Die beiden Metriks "Biomasse" und "TIP" gehen in die Mittelwertbildung für den Gesamtindex PhytoFluss mit Gewichtungsfaktoren ein (Tab. 10). Diese sind spezifisch für die Phytoplankton-Fließgewässertypen und wurden unter Berücksichtigung der Bewertungssicherheit der Metriks abgeleitet.

Tab. 10: Gewichtungsfaktoren der Einzelmetriks zur Berechnung des PhytoFluss Gesamtindex.

| Phytoplankton-Typ | Gewichtungsfaktor Metrik Biomasse | Gewichtungsfaktor Metrik TIP | Stand |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------|
| 10.1 20.1 | 1 | 3 | 17.05.2016 |

| Phytoplankton-Typ | Gewichtungsfaktor Metrik Biomasse | Gewichtungsfaktor Metrik TIP | Stand |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------|
| 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

Der Gesamtindex PhytoFluss sowie die Ergebnisse der Teilmetriks können anhand der Tab. 11 den ökologischen Zustandsklassen zugeordnet werden.

Tab. 11: Zuordnung Gesamtindex Bereiche zu den ökologischen Zustandsklassen.

| Wertebereich der Teilmetriks und des Gesamtindex PhytoFluss | Ökologische Zustandsklasse |
|---|----------------------------|
| 0,50 – 1,50 | 1 = sehr gut |
| 1,51 – 2,50 | 2 = gut |
| 2,51 – 3,50 | 3 = mäßig |
| 3,51 – 4,50 | 4 = unbefriedigend |
| 4,51 – 5,50 | 5 = schlecht |