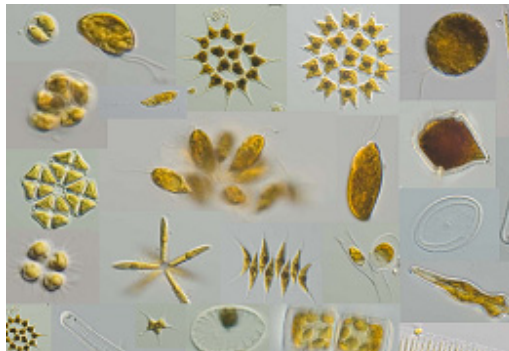


Anhang
zum Forschungsvorhaben

**Weiterentwicklung biologischer Untersuchungsverfahren zur
kohärenten Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie**

■ Kurzdarstellungen Phytoplankton —



Inhalt:

- Begleittext
- Kurzdarstellungen Bewertungen
- Kurzdarstellungen Metrics
- Literatur



Ute Mischke (Juni 2009)
Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin
Abteilung Limnologie von Flusseen
mischke@igb-berlin.de

Begleittext zu den Kurzdarstellungen „Bewertung Phytoplankton“

Einleitung

Vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) wird die Bewertung von Fließgewässern künftig mit standardisierten Methoden zur Beprobung, Aufbereitung und Auswertung von Phytoplanktonproben durchgeführt. Grundlagen für die Anwendung der Methode sind das „Handbuch Fließgewässerbewertung mittels Phytoplankton“ (Mischke & Behrendt 2007) sowie die Bewertungssoftware PHYTOFLUSS.

Die Kurzdarstellungen „Bewertung Phytoplankton & Phytoplankton Metrics“ stellen eine Erweiterung des Handbuches dar und können unterstützend zur Interpretation von Bewertungsergebnissen herangezogen werden, die mit dem deutschen Fließgewässer-Bewertungssystem Gesamtindex Phytoplankton ermittelt wurden. Die Darstellung lehnen sich in Form und Zweck an die für das Makrozoobenthos entwickelten Darstellungen von Meier et al. (2006) an.

Folgende Abkürzungen werden in den Kurzdarstellungen verwendet:

Klassengrenzen

KG 1/2 Klassengrenze sehr gut / gut

KG 2/3 Klassengrenze gut / mäßig

KG 3/4 Klassengrenze mäßig / unbefriedigend

KG 4/5 Klassengrenze unbefriedigend / schlecht

n.d. Klassengrenze nicht oder durch eine Sonderregel definiert

EZG Einzugsgebiet

Das Bewertungssystem Gesamtindex Phytoplankton

Das Bewertungssystem Gesamtindex Phytoplankton nach Mischke & Behrendt (2007) baut auf die Studien in Klose (1968), Steinberg & Hartmann (1988), Müller & Kirchesch (1990), LAWA Berichte (1998, 2002), Behrendt & Opitz (2001), Behrendt & Mischke (2002), Mischke & Behrendt (2002), Nixdorf et al. (2000, 2002), Schöl et al. 2002, Mischke et al. (2002, 2003, 2004, 2005, 2006) und Mischke (2006a, 2007) auf. Anwenderstudien wurden nachfolgend u.a. von Hoppe (2008), Kasten (2007), Penig (2008), Mischke (2006b), Täuscher (2007) und Täuscher et al. (2008) durchgeführt.

Tabelle 1: Datengrundlage für die Verfahrensherleitung von den bewertungsrelevanten Fließgewässertypen: Anzahl an Gewässern (N Gewässer) und Anzahl an bewertungskonformen Jahresdatensätzen je ökologischer Zustandsklasse (Spalte 1-5; 1 = sehr gut etc.) sowie Anzahl an Untersuchungsterminen und an Einzelbefunden der Taxa (aus Mischke 2006a).

Phyto Subtyp	N Gewässer	1	2	3	4	5	N Termine	N Taxabefunde
10.1	23	5	15	8			1083	12989
10.2	13			1	27	2	375	12754
15.1+17.1	42	1	16	49	14		1122	22372
15.2+17.2	17		10	23	28	1	901	12782
9.2	62	4	30	49	11		3585	33522
20.1	1		3	12			584	37135
20.2	51			12	35	17	1205	21203
23	9	1		12	6		959	6974

Für die Verfahrensherleitung wurden überwiegend Daten aus den Überwachungsprogrammen der Bundesländer zwischen 1979-2005 genutzt (s. Tab. 1), die durch die Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis „Fließgewässerbewertung“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser in zwei For-

schungsprojekten der LAWA (LAWA O 6.03, LAWA O 3.05) in einer nationalen Datenbank zusammengeführt wurden.

Aufgrund des Fehlens von Referenzgewässern für mehrere Gewässertypen musste die Biomasse im Grundzustand modellbasiert aus den rekonstruierten Gesamtphosphorkonzentrationen (nach MONERIS) und den vorherrschenden physikalischen Randbedingungen des Gewässertyps im naturnahen Zustand hergeleitet werden (Mischke et al. 2005).

Der Gesamtindex Phytoplankton beschränkt sich auf die Bewertung von mittleren bis großen Fließgewässern, deren physikalische Bedingungen (Lichtverfügbarkeit, Wasseraufenthaltszeit) die Bildung einer erheblichen Biomasse von Phytoplankton unter natürlichen Bedingungen der Gewässermorphologie erlauben, und damit planktonführend sind (s.a. LAWA 2002). Diese für das System ausgewählten Fließgewässertypen wurden nach umfangreichen Vorstudien (u.a. Pottgiesser & Müller 2004, Behrendt & Opitz 2001, Mischke et al. 2005) als für das Phytoplankton „bewertungsrelevant“ ausgewiesen (s. Tab. 2).

Innerhalb der rückstau- und brackwasserbeeinflussten Ostseeflüsse (Typ 23) ist die Datenlage besonders gering (Tab. 1) und das völlige Fehlen von Phytoplanktonuntersuchungen aus brackwasserbeeinflusste Abschnitte verursacht für die Verfahrensherleitung eine unvollständige Charakterisierung. Ebenfalls aufgrund der geringen Datenlage für Referenzgewässer in den limnischen Abschnitte der Marschengewässer (Typ 22), die im heutigen degradierten Zustand häufig stark planktonführend sind, wird für die Marschengewässer kein nationales Bewertungssystem mittels Phytoplankton angeboten.

Die bewertungsrelevanten Gewässer müssen mindestens sechsmalig zwischen April und Oktober beprobt und ihre Konzentration an Chlorophyll a und Phaeophytin a nach der DIN-Norm (DIN 38412-16, 1985 ersetzt durch ISO 12260) photometrisch bestimmt werden ((Mischke & Behrendt 2007). Die Rückrechnung des Gesamtpigment (Chlorophyll unkorrigiert) aus den Konzentrationen von Chlorophyll a und Phaeophytin a stellen ein Äquivalent für die gesamte Phytoplanktonbiomasse dar.

Tabelle 2: Bewertungsrelevante Fließgewässertypen von planktonführenden Fließgewässern mit den definierten Subtypen für die Phytoplanktonbewertung nach Mischke & Behrendt (2007).

FG-Typ	Name des Fließgewässertyps	Kriterium für Subtyp
15.1+17.1	Sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem EZG	EZG 1000-5000km ²
15.2+17.2	Sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit großem EZG	EZG >5000km ²
20.1	Sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit großer Abflusssspende	> 10 l/s/km ² (Q/EZG)
20.2	Sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflusssspende	< 10 l/s/km ² (Q/EZG)
9.2	Große Flüsse des Mittelgebirges	
10.1	Kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflusssspende	> 10 l/s/km ² (Q/EZG)
10.2	Kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflusssspende	< 10 l/s/km ² (Q/EZG)
23	Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse	EZG >500km ²

Zusätzlich ist eine mikroskopische Analyse für die Bestimmung der Zusammensetzung der Phytoplanktonarten aus mindestens 6 lugol-fixierten Proben nach dem Utermöhl-Verfahren (DIN EN 15204, 2006) durchzuführen. Die mikroskopische Analyse zielt sowohl auf die Bestimmung der Häufigkeiten (DIN EN 15204, 2006) als auch auf das Verdrängungsbiovolumen der Arten ab (s.

Mischke & Behrendt 2007, CEN TC 230/WG 2/TG 3), um den Anteil am Gesamtbiovolumen zu ermitteln.

Die Befunde für die Arten bzw. andere taxonomische Einheiten des Phytoplanktons sollen nach den Vorgaben der Mindestbestimmungstiefe für das Fließgewässerverfahren, welches für jedes Taxon in einer operativen Taxaliste ausgewiesen ist und mit einer Taxon- Identifikationsnummer verknüpft ist (Taxon-ID), bestimmt und kodiert werden (s. Anhangsliste nach Mischke & Kusber 2006 in Mischke & Behrendt 2007). Aktualisierte und erweiterte Fassungen der Taxaliste Phytoplankton und die daran angepassten Versionen der Auswertungssoftware PhytoFluss finden sich auf <http://www.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke> im Download-Bereich.

Die Anfertigung von zusätzlichen Schalenpräparaten zur Bestimmung der zumeist dominierenden zentrischen Kieselalgen wird empfohlen. Nach dem bisherigen Stand des Wissens ist jedoch die Trophie- Indikation durch die zusätzlichen, nur mit Präparation bestimmbareren Kieselalgenarten nicht ausreichend zuverlässig, um deren Bestimmungsaufwand für die regelmäßige Überwachung verpflichtend zu machen (Mischke 2007).

Alle erforderlichen Einzelergebnisse (Gesamtpigment; prozentualer Anteil der Arten- bzw. Artengruppen am Gesamtbiovolumen) werden nach Bildung von Monatsmittelwerten zu Saisonmittelwerten zusammengefasst, womit alle weiteren Bewertungen erfolgen. Aus der saisongemittelten, quantitativen Artenliste und aus dem Saisonmittelwert des Gesamtpigments eines zu bewertenden Gewässers kann mit Hilfe des Bewertungssystems Gesamtindex Phytoplankton folgende Belastungsgröße leitbildbezogen bewertet werden:

Modul „Eutrophierung“

Die Eutrophierung spiegelt die erhöhte Primärproduktion des Phytoplanktons eines Gewässers nach übermäßiger Einleitung von Nährstoffen insbesondere von Phosphor durch Nutzungen im Einzugsgebiet wider. Im Gegensatz zu stehenden Gewässern, wo Nährstoffkonzentration und Phytoplanktonbiomasse eng positiv korreliert sind und beide Parameter traditionell gemeinsam zur Klassifizierung der Trophie genutzt werden, limitieren in Fließgewässern weitere Faktoren das Wachstum des Phytoplanktons. Die realisierte Phytoplanktonbiomasse wird zum Beispiel durch eine vegetationsbedingte Beschattung (Bäume am Ufer; Wasserpflanzen mit Schwimmblättern etc.) oder eine zu geringe Wasseraufenthaltszeit limitiert, oder durch Verdünnung aus Zuläufen mit zu geringer Wasseraufenthaltszeit vermindert, wie es in niederschlagsreichen Regionen auftritt. Aus diesem Grunde kann das Phytoplankton die Nährstoffe je nach den vorherrschenden limitierenden Wachstumsfaktoren unterschiedlich effektiv in Biomasse umwandeln, sodass die Fließgewässertypen unterschiedlich sensitiv auf Nährstoffüberdüngung reagieren.

Als Grundlage für das Bewertungsverfahren wurde ein neues Gewässertyp-spezifisches Trophie-System für planktonführende Fließgewässer entwickelt (s. Mischke 2006a). Das Risiko für eine erhöhte planktische Trophie in Fließgewässern, reflektiert durch den Parameter Gesamtpigment als ungefähres Maß für die Phytoplanktonbiomasse, erhöht sich demnach mit ansteigendem Nährstoffangebot, hier gemessen als Gesamtposphorkonzentration. Die Ausprägung dieses Risikos ist je nach Gewässertyp/-gruppe unterschiedlich hoch (s. Tab. 3).

In den natürlicherweise planktonarmen Fließgewässertypen verstärkt eine Beeinträchtigung der Gewässermorphologie und -hydrologie die Sensitivität für Eutrophierung, da die meisten strukturellen Beeinträchtigungen der Fließgewässer (Aufstau, Begradigung, Regulierung) zu physikalischen Bedingungen führen, die das Wachstum des Phytoplanktons fördern. Deshalb werden auch alle nicht bewertungsrelevanten Gewässertypen bei Überschreitung eines Richtwertes für den Parameter Chlorophyll a (unkorrigiert) von 30µg/l (bzw. bei Typ 22 von 60µg/l) als degradiert angesehen (s. Handbuch S. 24 in Mischke & Behrendt 2007).

Tabelle 3: Trophie- System für planktonführende Fließgewässer. Typspezifische Klassengrenzen für Chlorophyll a (chl_a uncorr. in µg/l) sowie die typspezifischen Orientierungswerte für die Gesamtphosphor - Konzentration (TP in mg/l) zur Klassengrenzenherleitung und teils zur Referenzrekonstruktion für Gesamtpigment (nach Mischke 2006a).

Fließgewässertypen	10.1 & 20.1		20.2, 10.2 & 23		9.2, 15.2 & 17.2		15.1 & 17.1	
	TP	chl_a uncorr.	TP	chl_a uncorr.	TP	chl_a uncorr.	TP	chl_a uncorr.
	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

Im Modul „Eutrophierung“ wird nur die realisierte Phytoplanktonbiomasse (Gesamtpigment-Index) und nicht die Nährstoffkonzentration selbst bewertet. Daneben wird die sich ändernde taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons zur Indikation genutzt (Pennales-Index, Chloro-Index, Cyano-Index, Typspezifischer Indexwert Potamoplankton).

Das Modul Eutrophierung ist für alle bewertungsrelevanten Fließgewässertypen (s. Tab. 2) als Multimetrischer Index aus Einzelindices aufgebaut, deren Wertebereiche zwischen 0,5 und 5,5 operieren. Die Ergebnisse der typ(gruppen)spezifischen Einzelindices werden zu einem Multimetrischen Index mittels arithmetrischer Mittelwertbildung verrechnet und dieser wird abschließend in eine Qualitätsklasse von „sehr gut“ bis „schlecht“ überführt.

Verrechnung der Einzelindices

Mit Hilfe des Bewertungssystems Gesamtindex Phytoplankton kann die ökologische Zustandsklasse für 6 der 31 deutschen Fließgewässertypen (inkl. Untertypen s. Tab. 1) ermittelt werden (vgl. hierzu Mischke & Behrendt 2007). Die Bewertungsverfahren für die einzelnen Typen beruhen auf dem gleichen Prinzip, können sich jedoch durch die jeweils verwendeten Kenngrößen und die der Bewertung zu Grunde liegenden Referenzzustände unterscheiden.

Bewertungssoftware

Das Bewertungssystem Gesamtindex Phytoplankton wird durch die Software PHYTOFLUSS (Böhmer & Mischke 2008) anwendbar gemacht.

Das Programm ist kostenlos verfügbar unter <http://www.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke>

Grundvoraussetzung zur Anwendung ist die Zuordnung und nachgewiesene Zugehörigkeit des zu bewertenden Gewässers zu einem der bewertungsrelevanten Fließgewässertypen (s. Tab.1), sowie die Formatierung der Analyseergebnisse gemäß einer mitgelieferten Formatvorlage.

Kurzdarstellungen „Bewertung Phytoplankton“

Die erste Komponente der Kurzdarstellungen enthält die typspezifischen Informationen zur Bewertung.

Kopfzeile

In Anlehnung an die „Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen“ (Pottgiesser & Sommerhäuser 2004) enthält die Kopfzeile die Nummer und die kennzeichnende Farbe des Fließgewäs-

sertyps sowie dessen vollständigen Namen sowie gegebenenfalls den Subtyp für das Phytoplanktonverfahren.

Relevante Bewertungsmodule

Hier sind die für den jeweiligen Typ relevanten Bewertungsmodule gelistet. Möglich sind im Fall Phytoplankton nur das Modul „Eutrophierung“.

Modul „Eutrophierung“

Die Tabelle 1 in der Kurzdarstellung gibt den typspezifischen Grundzustand der Einzelindices und abgeleiteten Metric-Werte der Klassengrenzen wieder.

Textliche Erläuterung

Bedingt durch verschiedene abiotische und biotische Faktoren (u. a. Höhenlage, Beschattung, Wasseraufenthaltszeit, durch die Größe des Einzugsgebietes bedingter Nährstoffeintrag), ist der planktische trophische Grundzustand der einzelnen Gewässertypen unterschiedlich hoch. Die kurze textliche Erläuterung skizziert die Faktoren, die für den jeweiligen typspezifischen Grundzustand verantwortlich sind.

Erläuterung der Metric-Auswahl

Die Wirkung einer Belastung durch Eutrophierung auf die Einzelindices wird hier typspezifisch erläutert.

Die Informationen zur Morphologie, zum Abflussverhalten und zur Hydrologie stammen aus den „Steckbriefen der deutschen Fließgewässertypen“ (Pottgiesser & Sommerhäuser 2004) und Angaben zur mittleren Breite und Tiefe, zum Beschattungsgrad und dem Einfluss durch Flitrierer aus einer Studie von Pottgießer & Müller (2004) für phytoplankton-relevante Faktoren.

Kurzdarstellungen „Metrics Phytoplankton“

Die zweite Komponente der Kurzdarstellungen enthält die Informationen zu den Metrics, den Indices, die für mindestens einen Gewässertyp bewertungsrelevant sind.

Kopfzeile

Die Kopfzeile enthält die Bezeichnung des Metrics sowie den Metric-Typ, dem der Metric zugeordnet ist (z. B. Metric-Typ „Zusammensetzung / Abundanz“).

„Bewertungsrelevant für die Typen“

Der Abschnitt listet auf, für welche Fließgewässertypen der jeweilige Metric mit in die Bewertung eingeht.

Beschreibung

Zu jedem Metric ist eine kurze textliche Beschreibung enthalten.

Formel

Der Abschnitt beschreibt die Formel, die der Berechnung des Metrics zu Grunde liegt.

Referenzen zur Entwicklung und Definition

Gelistet sind hier die grundlegenden Literaturzitate zur Beschreibung und weiteren Entwicklung der Metrics.

Referenzen zur Anwendung

Der Abschnitt führt ausgewählte Studien auf, in deren Rahmen der Metric Verwendung fand.

Ökologische Aussage des Metrics

Dieser Abschnitt charakterisiert die Veränderungen im ökologischen Gefüge der Phytoplanktongemeinschaft, welche der Metric widerspiegelt.

Reaktion auf Belastung

Der Abschnitt beschreibt in Kurzform, in welcher Art und Weise der Metric auf die Belastung durch Eutrophierung reagiert, und für welche weiteren Belastungen er nach Pilotstudien ebenfalls sensitiv ist. Die Angaben unterstützen damit die Interpretation der Bewertungsergebnisse.

Es sollte beachtet werden, dass die beschriebenen Reaktionsweisen durch Mischbelastungen und den Gewässertyp beeinflusst werden.



Typ 9.2:

Große Flüsse des Mittelgebirges

Relevante Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul „Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= 1,9907 *Ln(Chla) -4,4749 und wenn <0,5=0,5; wenn >5,5 =5,5	20	33	55	90
% Pennales	Pennales Index	Wenn > KG 1/2 = „1“; wenn < KG 2/3 = „2“; sonst „3“	30	15	n.d.	n.d.
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn > KG 4/5 = „5“; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“			>10...<20	20
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	≤1,5	≤2,5	≤3,5	≤4,5

Textliche Erläuterung:

Die Phytoplanktonzönose dieses Gewässertyp weist mit mehr als 30 % einen großen Anteil von Pennales im sehr guten Zustand auf, darunter die nadelförmige *Diatoma vulgare* sowie verschiedene Arten der Gattungen *Navicula* und *Surirella*. Neben den verschiedenen Kieselalgen sind auch weitere Algenklassen vertreten, darunter Chrysophyceae und Chlorophyceae, während die Cyanobacteria immer einen Anteil unter 10% besitzen. Zwei typische Vertreter der Grünalgen sind *Monoraphidium contortum* und Arten der Gattung *Scenedesmus*. Bedingt durch eine geringe Wasseraufenthaltszeit, bildet sich naturnah nur auf langen Fließstrecken eine relevante Biomasse des Phytoplanktons aus. Im Saisonmittel sind die naturnahen Gewässer zumeist nur schwach planktonführend, was sich in einer für Phaeophytin unkorrigierten Chlorophyll a-Konzentration unter 20µg/l als Maß für die Biomasse ausdrückt. Die Trophie liegt im sehr guten Zustand im mesotrophen Bereich, der biozönotische Grundzustand ist aufgrund fehlender Referenzgewässer in Deutschland unbekannt. Die Donau bei Böfingen ist die einzige, zurzeit verfügbare Messstelle mit referenznaher Trophie, doch mit zahlreichen künstlichen Teichen im Einzugsgebiet.

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *großen Flüsse der Mittelgebirge* zeichnen sich durch geringe Verweilzeiten und niedrige Wassertemperaturen aus, die im naturnahen Zustand die Entwicklung der meisten Pennales fördern (→ **Pennales Index**) und die der Cyanobacteria unterdrücken (→ **Cyano-Index**). In stark degradierten Zuständen der Gewässermorphologie (Aufstau) und bei erhöhtem Nährstoffgehalt können Cyanobacteria auftreten. Die Chlorophyceae (→ **Chloro-Index**) sind im Typ 9.2 aufgrund des großen und vielfältigen Einzugsgebietes bereits im guten Zustand relativ artenreich (→ **TIP**) und häufig (5-15%). Da die Chlorophyceae mit zunehmender Nährstoffbelastung und Trophie nicht zunehmen, ist der Chloro-Index für große Flüsse des Mittelgebirges ungeeignet. Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) an, dies kann aber aufgrund weiterer, limitierender Umwelteinflüsse, wie wechselhafte Strömungsbedingungen oder starke Trübung durch anorganische Stoffe, ausbleiben.

Gesamtpigment: Große Flüsse der Mittelgebirge sind aufgrund geringer Nährstoffverfügbarkeit (Gesamtphosphor < 50µg/l) und wechselhaften Strömungsbe-

dingungen planktonarm. Verdriftetes Phytobenthos trägt erheblich zum Potamoplankton bei, so dass unter naturnahen Bedingungen die Biomasse des Phytoplanktons maximal 20µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert) beträgt. Überschreitet das Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) im Saisonmittel (Apr-Okt) Konzentrationen von etwa 30µg/l, ist dies nur unter künstlich erhöhten Nährstoffbedingungen (Gesamtposphor >90µg/l) und verlängerter Wasserverweilzeit durch Veränderung der natürlichen Flussbettstruktur möglich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Pennales-Index: Pennales tragen in referenznahen *großen Flüssen der Mittelgebirge* 30 – 50% zum Potamoplankton bei, und damit mehr als in allen anderen für das Phytoplankton bewertungsrelevanten Flüssen. Nimmt ihr Anteil auf unter 15% ab, ist von einem erheblich veränderten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, kann keine graduierte Zuordnung zu einer Klasse erfolgen und es wird stattdessen bei weniger als 15% Pennales die Zustandklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Cyano-Index: Cyanobacteria treten nur sehr vereinzelt und nur bei Eutrophierung in den großen Flüssen der Mittelgebirge auf. Der Cyano-Index indiziert bei hohen Prozentanteilen der Cyanobacteria einen unbefriedigenden (4) oder schlechten (5) Zustand. Verbleibt der Prozentanteil unter 10%, kann aufgrund der ähnlichen Verteilung keine Zuordnung zu einer Zustandsklasse erfolgen und es wird anstelle des Cyano-Index nochmals der Bewertungswert für den Metrik → *Gesamtpigment* eingesetzt. Das Klassenbiovolumen der Cyanobacteria muss 0,5mm³/l für die Anwendung des Cyano-Index übersteigen, darunter liegende Werte werden seit der Verfahrensmodifikation durch PhytoFluss Version 2.0 (April 2008) pauschal als „guter Zustand“ für den Cyano-Index gewertet, ohne das die Schwellenwerte der Prozentanteil zur Anwendung kommen.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die großen Flüsse der Mittelgebirge besteht eine eigene Indikatorliste mit 33 Taxa, da die vorherrschenden Habitate mit mittleren Wasserverweilzeiten (>5 Tage und <10 Tage), niedrigen Wassertemperaturen und insbesondere mit wechselhaften Strömungsbedingungen keinem weiteren für das Phytoplankton bewertungsrelevanten Fließgewässertyp entsprechen. Aufgrund der Gewässervielfalt in den relativ großen Einzugsgebieten, ist die Artenvielfalt besonders der Pennales hoch (*Suriella*; *Navicula*; *Diatoma vulgaris*; *Cocconeis placentula*) und umfasst auch einige Chrysophyceae aus vorgelagerten, mesotrophen Stillgewässern und Seitenarmen. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Scenedesmus*, *Euglena* und wie die Centrales *Skeletonema potamos* und *Actinocyclus normanii* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an. Alle deutschen *großen Flüsse der Mittelgebirge* haben zahlreiche Talsperren und Teiche in ihrem Einzugsgebiet, sodass Referenzgewässer zur Beschreibung der naturnahen Artzusammensetzung fehlen.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 10:

PP-Typ: 10.1

Kiesgeprägte Ströme

Davon **Phytoplankton-Typ:** Kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflusssspende

Relevante Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul
„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= $1,9907 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,4749$ und wenn $<0,5=0,5$; wenn $>5,5=5,5$	10,1	17,5	30	51
% Pennales	Pennales Index	Wenn $> \text{KG } 1/2 = „1“$; wenn $< \text{KG } 2/3 = „2“$; sonst „3“	25	20	n.d.	n.d.
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Wenn wie KG 1/2 = „1“; wenn wie KG 2/3 = „2“; etc.“	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$\leq 3,5$	$\leq 4,5$

Textliche Erläuterung:

Bedingt durch den Niederschlagsreichtum im Einzugsgebiet in Abschnitten des Rheins, des Neckars und der Donau (Abflusssspende (Q/EZG) $> 10 \text{ l/s/km}^2$) und die dadurch bewirkte geringe Wasseraufenthaltszeit und dem beständigen Zufluss planktonarmer Nebengewässer, bildet sich naturnah keine relevante Biomasse des Phytoplanktons aus. Im Saisonmittel sind die naturnahen Gewässer zumeist kaum planktonführend, was sich in einer für Phaeophytin unkorrigierten Chlorophyll a-Konzentration unter $10 \mu\text{g/l}$ als Maß für die Biomasse ausdrückt. Die planktische Trophie liegt im sehr guten Zustand im oligotrophen Bereich. Die Phytoplanktonzönose dieses Gewässertyp weist mit mehr als 25 % einen großen Anteil an Pennales im sehr guten Zustand auf, darunter eher selten auch planktische Formen von *Fragilaria* und *Asterionella*. Neben den dominanten Kieselalgen (Bacillariophyceae) sind auch weitere Algenklassen gering vertreten, darunter Chrysophyceae und Chlorophyceae.

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflusssspende* zeichnen sich durch sehr geringe Verweilzeiten und niedrige Wassertemperaturen aus, die im naturnahen Zustand die Entwicklung der Pennales fördern (\rightarrow **Pennales Index**). Die Entwicklung der Chlorophyceae (\rightarrow **Chloro-Index**) und die der Cyanobacteria (\rightarrow **Cyano-Index**) ist im Gewässer auch unter nährstoffreichen Bedingungen durch die physikalischen Bedingungen unterdrückt, und deshalb können beide Metrics für diesen Typ nicht herangezogen werden. Trotzdem finden sich regelmäßig Arten aus beiden Algenklassen auch im Grundzustand durch den Eintrag aus Stillgewässern im Einzugsgebiet, so das Cyanobacterium *Planktothrix rubescens*, welches aus mesotrophen Talsperren im Schweizer Einzugsgebiet über die Aare bis in den Rhein passiv transportiert werden kann. Die Konzentration des \rightarrow **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) an, dies wird aber überwiegend aufgrund weiterer, limitierender Umwelteinflüsse, wie wechselhafte Strömungsbedingungen oder starke Trübung durch anorganische Stoffe, unterdrückt.

Gesamtpigment: Die *kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflusssspende* sind aufgrund sehr geringer Nährstoffverfügbarkeit (Gesamtphosphor $< 50 \mu\text{g/l}$) und wechselhaften Strömungsbedingungen planktonarm.

Verdriftetes Phytobenthos trägt zum Potamoplankton bei, so dass unter naturnahen Bedingungen die Biomasse des Phytoplanktons maximal 10µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert) beträgt. Überschreitet das Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) im Saisonmittel (Apr-Okt) Konzentrationen von etwa 17µg/l, ist dies nur bei gleichzeitiger Degradierung der Trophie und der Gewässermorphometrie, also unter künstlich erhöhten Nährstoffbedingungen (Gesamtphosphor >90µg/l) und verlängerter Wasserverweilzeit durch Veränderung der natürlichen Flussbettstruktur möglich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Pennales-Index: Verdriftetes Phytobenthos, überwiegend bestehend aus Pennales, trägt in referenznahen *kiesgeprägten Strömen des Mittelgebirges mit großer Abflussspende* 25 – 40% zum Potamoplankton bei. Nimmt ihr Anteil auf unter 20% ab, ist von einem erheblich veränderten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, kann keine graduierte Zuordnung zu einer Klasse erfolgen und es wird stattdessen bei weniger als 20% Pennales die Zustandsklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflussspende* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den *sandgeprägten Strömen des Tieflandes mit großer Abflussspende* (Typ 20.1) mit 36 Taxa.

Aufgrund der Gewässervielfalt in den großen Einzugsgebieten, ist die Artenvielfalt hoch. Besonders die Pennales (*Suriella*; *Fragilaria ulna* var. *acus*; *Diatoma vulgare*; *Cocconeis placentula*, *Fragilaria crotonensis*), dominieren gemeinsam mit den zentrischen Diatomeen das Potamoplankton. Kleine Chrysophyceen und Haptophyceae sind mit geringen Anteilen, aber stetig im Grundzustand zu finden. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Crucigenia* und *Crucigeniella* und wie die Centrales *Skeletonema potamos* und *Actinocyclus normanii* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an..



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 10:

Kiesgeprägte Ströme

PP-Typ: 10.2

Davon **Phytoplankton-Typ:** Kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflusspende

Relevante

Bewertungsmodul: „Eutrophierung“

Modul

„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= $1,8168 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,6772$ und wenn B-Wert $< 0,5 = 0,5$; wenn $> 5,5 = 5,5$	30,0	52,0	90	155
% Chlorophyceae	Chloro- Index	Wenn $> \text{KG } 4/5 = „5“$; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“	n.d.	n.d.	5,1 - 15	> 15
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$\leq 3,5$	$\leq 4,5$

Textliche Erläuterung:

Kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflusspende finden sich in den wenigen höher gelegenen Abschnitten (> 200 m ü. NN) der Elbe und Weser (Abflusspende $< 10 \text{ l/s/km}^2$). Aufgrund langer Verweilzeiten, geringer Beschattung und geringer Verluste kann sich naturnah eine relevante, autochthone Biomasse des Phytoplanktons (Potamoplankton) ausbilden. Bedingt durch die relative Niederschlagsarmut im Einzugsgebiet und der großen Lauflänge der Ströme ($\text{EZG} > 10000 \text{ km}^2$) ist die Wasseraufenthaltszeit im Hauptstrom deutlich mehr als 7 Tage. Die Lichtverfügbarkeit ist zumeist sehr gut, da weder Ufervegetation, noch Makrophyten, noch Trübstoffe den Hauptstrom flächendeckend beschatten und die Gewässertiefe mit 1 bis 3m optimal vom Licht durchdrungen werden kann. Die Verluste des Phytoplanktons sind gering: Die Sedimentation wird durch die stetige Turbulenz verhindert und der Anteil der aktiven und passiven Filtrierer ist geringer als in den sandgeprägten Strömen.

Im Saisonmittel sind die naturnahen Gewässer bereits planktonführend, was sich in einer für Phaeophytin unkorrigierten Chlorophyll a-Konzentration bis zu $30 \mu\text{g/l}$ als Maß für die Biomasse ausdrückt. Die planktische Trophie liegt im sehr guten Zustand im schwach eutrophen Bereich. Neben den sehr dominanten Kieselalgen (Bacillariophyceae) sind auch weitere Algenklassen gering vertreten, darunter Chlorophyceae und Pennales, während Cyanobacteria nur in extrem warmen Jahren geeignete Wachstumsbedingungen im Hauptstrom finden, und zumeist aus vorgeschalteten Aufstauen stammen. Die Phytoplanktonzönose dieses Gewässertyps kann bisher nur unvollständig beschrieben werden, da sowohl Referenzgewässer und als auch referenznahe Gewässer fehlen. Die Biomasse im Grundzustand wurde modellbasiert aus den rekonstruierten Gesamtposphorkonzentrationen und den vorherrschenden physikalischen Randbedingungen des Gewässertyps im naturnahen Zustand hergeleitet (s. Begleitbrief Phytoplankton).

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflusspende* zeichnen sich durch lange Verweilzeiten, relativ gleichmäßige Strömungsbedingungen und niedrige Wassertemperaturen aus, die im naturnahen Zustand die Entwicklung eines echten Potamoplanktons mit Dominanz von Centrales fördern, während die Pennales im Freiwasser unbedeutend sind ($< 10\%$). Die starke Entwicklung der Chlorophyceae (\rightarrow **Chloro-Index**) ist im Gewässer unter nährstoffreichen Bedin-

gungen möglich. Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) an.

Gesamtpigment: Die *kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflussspende* sind aufgrund der relativ gleichmäßigen Strömungsbedingungen planktonreich. Unter naturnahen Bedingungen beträgt die Biomasse des Phytoplanktons maximal 30µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert). Überschreitet das Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) im Saisonmittel (Apr-Okt) Konzentrationen von etwa 50µg/l, ist dies nur bei gleichzeitiger Degradierung der Trophie und der Gewässermorphometrie, also unter künstlich erhöhten Nährstoffbedingungen (Gesamtphosphor >90µg/l) und verlängerter Wasserverweilzeit durch Veränderung der natürlichen Flussbettstruktur möglich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Chloro-Index: In den stark degradierten Gewässern steigt der Anteil der Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons deutlich an. Unterhalb eines Anteils der Chlorophyceae von 5% kann keine graduierte Zuordnung zu einer Klasse erfolgen, da referenznahe Zustände fehlen. Es wird stattdessen bei weniger als 5% Chlorophyceae nochmals der Bewertungswert des Metric „Gesamtpigment“ eingesetzt.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *kiesgeprägten Ströme des Mittelgebirges mit kleiner Abflussspende* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den *sandgeprägten Strömen des Tieflandes mit kleiner Abflussspende* (Typ 20.2) mit 30 Taxa. Der sehr gute und gute Zustand kann aufgrund fehlender Referenzökosysteme mit dieser Indikatorliste nicht beschrieben und mit dem TIP-Index nicht erreicht werden! Durch die zweifache Wertung der Phytoplanktonbiomasse (→ **Gesamtpigment**) bei geringem Vorkommen an Chlorophyceae (→ **Chloro-Index**) ist das Erreichen des sehr guten oder guten Zustandes in der Gesamtindex-Bewertung Phytoplankton trotzdem möglich. Aufgrund der Gewässervielfalt in den relativ großen Einzugsgebieten, ist die Artenvielfalt hoch. Es werden einige Pennales aus dem Phytobenthos ins Freiwasser verdriftet, aber ihr Anteil ist viel kleiner als zum Beispiel in den großen Flüssen des Mittelgebirges (Typ 9.2), also im Oberlauf dieser Ströme. Neben der sehr hohen Dominanz der zentrischen Kieselalgen, treten im mäßigen Zustand auch einige Chrysophyceae wie *Kephyrion* und *Pseudokephyrion* (Indikator nur in Typ 10.2) und Dinoflagellaten auf. *Skeletonema potamos* ist in diesen großen Strömen weniger stark als Störanzeiger zu werten als in Strömen mit großer Abflussspende (Typ 10.1, 20.1), da die Art hier ihr natürliches Habitat findet. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Scenedesmus falcatus*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Microcystis*, *Aulacoseira granulata* und *Fragilaria ulna* var. *acus* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 15_g

Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse

PP-Typ 15.1:

Davon Phytoplankton-Typ: „Sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet (1000 – 5000km²)“

Relevante

Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul

„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= 1,9907 *Ln(Chla) -4,4749 und wenn <0,5=0,5; wenn >5,5 =5,5	20	33	55	90
% Pennales	Pennales Index	Wenn > KG 1/2 = „1“; wenn < KG 2/3 = „2“; sonst „3“	20	15	n.d.	n.d.
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn > KG 4/5 = „5“; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“			>10...<20	20
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	≤1,5	≤2,5	≤3,5	≤4,5

Textliche

Erläuterung:

Die Phytoplanktonzönose *großer sand- und lehmgeprägter Tieflandflüsse* ist in solchen mit *kleinem Einzugsgebiet* (PP-Typ 15.1) weniger planktondominiert als *in den Tieflandflüssen mit einem großen Einzugsgebiet* (PP-Typ 15.2). Bedingt durch eine erhebliche vegetationsbedingte Beschattung sowie durch die geringe Gewässertiefe, bildet sich im referenznahen Zustand keine relevante Biomasse des Phytoplanktons aus, was sich im Saisonmittel (Apr-Okt) in einer Gesamtpigment-Konzentration unter 20µg/l ausdrückt. Die „planktische“ Referenztrophy liegt im mesotrophen Bereich. *Der Subtyp mit kleinem Einzugsgebiet* weist aufgrund des flachen Gewässerprofils im guten Zustand einen erheblichen Anteil benthischer Pennales und wenige echte Planktonalgen auf. Cyanobacteria sind im unbelasteten Zustand unbedeutend (<10%). Die Erstellung des Leitbildes aus empirischen Daten ist noch ungesichert durch den Umstand, dass in Deutschland strukturell referenznahe Gewässer zumeist leicht bis stark nährstoffbelastet sind, andererseits solche mit referenznaher Trophie strukturell erheblich verändert sind.

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *großen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse mit relativ kleinen Einzugsgebiet* zeichnen sich durch geringe Gewässertiefe und eine starke Beschattung durch Ufervegetation und Wasserpflanzen (→ Makrophyten) aus, was die Entwicklung typischer Plankton- und Potalmal-Arten unterdrückt und die Benthoflora fördert (→ **TIP**). Im naturnahen Zustand sind viele benthische Pennales (→ **Pennales Index**) und Arten von *Euglena* ins Plankton verdriftet, während Cyanobacteria (→ **Cyano-Index**) unbedeutend sind. In hinsichtlich der Gewässerstruktur degradierten Zuständen (Verlust der baumreichen Ufer- und der Makrophytenvegetation; Gewässervertiefung) können Cyanobacteria gehäuft auftreten, während der Anteil Pennales dann überwiegend gering ist. Im Gegensatz dazu variiert der Anteil der Chlorophyceae in allen ökologischen Zustandsklassen erheblich, sodass eine solche Kenngröße (→ **Chloro-Index**) für Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet ungeeignet ist.

Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtposphor) an, dies kann aber aufgrund natürlicher limitierender Umwelteinflüsse, wie einer flächen

relevanten Beschattung oder einer starken Trübung durch anorganische Stoffe aus anliegenden Niedermooren und Auwäldern, ausbleiben.

Gesamtpigment: *Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet* sind aufgrund der auf weiten Strecken vegetationsbedingten Beschattung und flachen Gewässerprofils planktonarm (maximal 20µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert) bei Gesamtposphorkonzentrationen (TP) unter 50µg/l). Die Sensitivität für Nährstoff bei natürlicher Gewässerstruktur ist gering, sodass noch bei TP bis zu 135µg/l, das Saisonmittel für Gesamtpigment unter ca. 30µg/l verbleibt. Die in diesem Gewässertyp oft zahlreichen, seeausflussgeprägten Flussabschnitte (Typ 21) sind hierbei nicht einzubeziehen, in denen Seeplankton in hohen Konzentrationen eingetragen und durch Filtration (Muscheln etc.) und Sedimentation zwischen Makrophyten eliminiert wird. Erst bei einer künstlich verlängerten Wasserverweilzeit durch Veränderung der Flussbettstruktur und Verlust der vegetationsbedingten Beschattung werden diese Gewässer eutrophierungsgefährdet und planktonreich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Pennales-Index: Verdriftetes Phytobenthos, überwiegend aus Pennales bestehend, trägt im referenznahen Zustand der *kleinen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse* 15 – 30% zum Potamoplankton bei. Sinkt ihr Anteil unter 15%, ist von einem erheblich belasteten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, ist eine graduierte Zuordnung (mäßig, unbefriedigend, schlecht) nicht möglich. Es wird stattdessen bei weniger als 15% Pennales die Zustandklasse „mäßig (3)“ eingesetzt.

Cyano-Index: Cyanobacteria treten nur sehr vereinzelt und nur bei Eutrophierung in den *sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen mit kleinem Einzugsgebiet* auf. Der Cyano-Index indiziert bei hohen Prozentanteilen der Cyanobacteria einen unbefriedigenden (4) oder schlechten (5) Zustand. Verbleibt der Prozentanteil unter 10% kann aufgrund der ähnlichen Verteilung keine Zuordnung zu einer Zustandsklasse erfolgen und es wird anstelle des Cyano-Index nochmals der Bewertungswert für den Metrik → *Gesamtpigment* eingesetzt. Das Klassenbiovolumen der Cyanobacteria muss den kritischen Wert von 0,5mm³/l für die Anwendung des Cyano-Index übersteigen, darunter liegende Werte werden seit der Verfahrensmodifikation durch PhytoFluss Version 2.0 (April 2008) pauschal als „guter Zustand“ für den Cyano-Index gewertet, ohne dass die Schwellenwerte des Prozentanteils zur Anwendung kommen.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den in der Größe vergleichbaren kiesgeprägten Tieflandflüssen (1000 – 5000km²; PP-Typ 17.1) mit 34 Taxa. Die Phytoplanktonzönose aller dieser Tieflandflüsse (PP-Typ 15.1+17.1) weist einen großen Anteil von Pennales im sehr guten Zustand auf mit verschiedenen Arten der Gattungen *Amphora*, *Asterionella*, *Diatoma*, *Fragilaria* davon als Indikator die *F. ulna* – *Sippen* und *F. crotonensis*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia* davon *N. acicularis*- Formenkreis, *Stenopterobia* und *Surirella*. Häufigste Arten der Chlorophyceae stammen aus der Gattung *Scenedesmus*. Cyanobacteria (Blaualgae) sind im gering belasteten Zustand immer mit einem Anteil unter 10% präsent. Angebundene, teils temporäre Stillgewässer beimpfen diese Tieflandflüsse mit Teichplankter wie *Euglena*, *Chlamydomonas* und *Cryptomonas* und mit mesotrophem Limnoplankter wie *Ceratium* und *Gymnodinium*.

Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Pediastrum*, *Fragilaria ulna angustissima* - *Sippen* und *Planktothrix* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an. Auch *Cyclostephanos invisitatus* ist ein Störanzeiger für diesen Gewässertyp, doch ist die Artbestimmung nicht mit der für das Bewertungsverfahren PhytoFluss geforderten Methode möglich.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 15_g

Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse

PP-Typ 15.2:

Davon **Phytoplankton-Typ**: „Sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet (>5000km²)“

Relevante

Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul

„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= 1,9907 *Ln(Chla) -4,4749 und wenn <0,5=0,5; wenn >5,5 =5,5	20	33	55	90
% Pennales	Pennales Index	Wenn > KG 1/2 = „1“; wenn < KG 2/3 = „2“; sonst „3“	25	20	n.d.	n.d.
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn > KG 4/5 = „5“; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“			>20...<40	40
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	≤1,5	≤2,5	≤3,5	≤4,5

Textliche

Erläuterung:

In *sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen* kann sich in solchen mit *großem Einzugsgebiet (PP-Typ 15.2)* weitaus mehr Phytoplankton ausbilden als in kleineren Flüssen dieses Typs (PP-Typ 15.1) wenn die Konkurrenz mit Makrophyten fehlt. Die häufig verbreitete Gewässertiefen von 1-3m erlauben eine gute Nährstoffausnutzung, da das Lichtangebot überwiegend weder über- noch untersättigt ist. Damit ist der Subtyp sensitiv für Eutrophierung. Im referenznahen Zustand ist die Biomasse jedoch zumindest periodisch durch Nährstoffe (<50µg/l TP) sowie durch die flächendeckend auftretenden Makrophyten limitiert, was sich im Saisonmittel (Apr-Okt) in einer Gesamtpigment-Konzentration unter 20µg/l ausdrückt. Die „planktische“ Referenztrophy liegt im mesotrophen Bereich. Der Subtyp mit großem Einzugsgebiet ermöglicht neben der Verdriftung benthischer auch das Wachstum planktischer Pennales, wodurch ihr Anteil im Mittel über 25% der Phytoplanktonbiomasse ausmacht. Die zentrischen Diatomeen, die in Strömen das Phytoplankton hochgradig dominieren, finden in den Wasserkörpern der größeren Tieflandflüsse dieses Subtyps erstmals seit der Quelle günstige Wachstumsbedingungen vor. Cyanobacteria sind im unbelasteten Zustand nicht dominant (<20%), nehmen jedoch bei hoher Nährstoffbelastung häufig erheblich zu. Die Erstellung des Leitbildes aus empirischen Daten ist noch ungesichert durch den Umstand, dass in Deutschland Gewässer mit referenznahen Nährstoffkonzentrationen selten sind und zumeist strukturelle Defizite haben, die zur erheblichen Verminderung der Makrophytenvegetation führen.

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *großen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet* zeichnen sich durch mittlere Gewässertiefen und langen Verweilzeiten aus, was die Entwicklung von Potamal- Arten ermöglicht (große zentrische Diatomeen), aber auch zahlreiche verdriftete benthische Arten umfasst (→ **TIP**). Im naturnahen Zustand sind viele Pennales (→ **Pennales Index**) vorhanden, während Cyanobacteria (→ **Cyano-Index**) durch die Beschattung durch Wasserpflanzen (→ Makrophyten) unbedeutend sind. In hinsichtlich der Gewässerstruktur degradierten Zuständen (Verlust der Makrophytenvegetation; Gewässervertiefung) sind Cyanobacteria häufig, während der Anteil Pennales dann überwiegend gering ist. Im Gegensatz dazu variiert der Anteil der Chlorophyceae in allen ökologischen

Zustandsklassen erheblich, sodass eine solche Kenngröße (→ **Chloro-Index**) für Tieflandflüsse ungeeignet ist.

Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) weit häufiger an als in kleineren Tieflandflüssen dieses Typs. Selten bleibt die Biomassebildung aufgrund limitierender Umwelteinflüsse, wie eine starke Trübung durch anorganische Stoffe oder Habitatwechsel durch zwischengeschaltete Seen, aus.

Gesamtpigment: *Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet* sind aufgrund der auf weiten Strecken wirksamen Konkurrenz mit Makrophyten um Licht (Beschattung) und Nährstoffe natürlicherweise planktonarm (maximal 20µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert)). Die Sensitivität für Nährstoff ist in diesem Subtyp hoch, sodass bereits bei TP Gesamtphosphorkonzentrationen ab 90µg/l, das Saisonmittel für Gesamtpigment über ca. 30µg/l ansteigen kann, dadurch die Sichttiefe auf unter 1m abnimmt und damit die Makrophyten durch das Phytoplankton beschattet und zurückgedrängt können. Bei Verlust der Makrophyten- bedingten Beschattung werden diese Gewässer rasch planktondominiert und sind hoch eutrophierungsgefährdet (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment). Die in diesem Gewässertyp oft zahlreichen, seeausflussgeprägten Flussabschnitte (Typ 21) sind bei der Bewertung nicht einzubeziehen.

Pennales-Index: Pennales tragen im referenznahen Zustand der *großen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse* 20 – 30% zum Potamoplankton bei. Sinkt ihr Anteil unter 20%, ist von einem erheblich belasteten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, ist eine graduierte Zuordnung (mäßig, unbefriedigend, schlecht) nicht möglich. Es wird stattdessen bei weniger als 20% Pennales die Zustandklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Cyano-Index: Cyanobacteria treten bei Eutrophierung in die sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen mit großem Einzugsgebiet häufig auf. Der Cyano-Index indiziert bei hohen Prozentanteilen der Cyanobacteria einen unbefriedigenden (4) oder schlechten (5) Zustand. Verbleibt der Prozentanteil unter 20% kann aufgrund der ähnlichen Verteilung keine Zuordnung zu einer Zustandsklasse erfolgen und es wird anstelle des Cyano-Index nochmals der Bewertungswert für den Metrik → **Gesamtpigment** eingesetzt. Das Klassenbiovolumen der Cyanobacteria muss den kritischen Wert von 0,5mm³/l für die Anwendung des Cyano-Index übersteigen, darunter liegende Werte werden seit der Verfahrensmodifikation durch PhytoFluss Version 2.0 (April 2008) pauschal als „guter Zustand“ für den Cyano-Index gewertet, ohne dass die Schwellenwerte des Prozentanteils zur Anwendung kommen.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): *Für die großen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den in der Größe vergleichbaren kiesgeprägten Tieflandflüssen (PP-Typ 17.2) mit 28 Taxa. In der Phytoplanktonzönose aller dieser Tieflandflüsse (PP-Typ 15.2+17.2) finden sich im guten Zustand verschiedene Pennales-Arten der Gattungen *Cocconeis*, *Diatoma*, *Fragilaria crotonensis*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Rhoicosphenia* und *Surirella*. Von den Chlorophyceae ist typischerweise *Chlamydomonas* vertreten. Aus angebundenen Standgewässern stammen mesotrophe Phytoflagellaten wie *Ceratium*, kleine Chrysophyceen und Haptophyceae und *Gymnodinium*, die ein wenig belastetes Einzugsgebiet indizieren. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Pediastrum*, *Fragilaria ulna angustissima* - Sippen und *Planktothrix* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an. Auch *Cyclostephanos invisitatus* und weitere kleinzellige zentrische Diatomeen sind ein Störanzeiger, während große zentrische Diatomeen typspezifisch sind.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 17

Kiesgeprägte Tieflandflüsse

PP-Typ 17.1:

Davon Phytoplankton-Typ: „Sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet (1000 – 5000km²)“

Relevante

Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul

„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= 1,9907 *Ln(Chla) -4,4749 und wenn <0,5=0,5; wenn >5,5 =5,5	20	33	55	90
% Pennales	Pennales Index	Wenn > KG 1/2 = „1“; wenn < KG 2/3 = „2“; sonst „3“	20	15	n.d.	n.d.
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn > KG 4/5 = „5“; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“			>10...<20	20
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	≤1,5	≤2,5	≤3,5	≤4,5

Textliche Erläuterung:

Die Phytoplanktonzönose *kiesgeprägter Tieflandflüsse* ist in solchen mit *kleinem Einzugsgebiet (PP-Typ 17.1)* weniger planktondominiert als *in den Tieflandflüssen mit einem großen Einzugsgebiet (PP-Typ 17.2)*. Bedingt durch eine erhebliche vegetationsbedingte Beschattung sowie durch die geringe Gewässertiefe, bildet sich im referenznahen Zustand keine relevante Biomasse des Phytoplanktons aus, was sich im Saisonmittel (Apr-Okt) in einer Gesamtpigmentkonzentration unter 20µg/l ausdrückt. Die „planktische“ Referenztrophy liegt im mesotrophen Bereich. *Der Subtyp mit kleinem Einzugsgebiet* weist aufgrund des flachen Gewässerprofils im guten Zustand einen erheblichen Anteil benthischer Pennales und wenige echte Planktonalgen auf. Cyanobacteria sind im unbelasteten Zustand unbedeutend (<10%). Die Erstellung des Leitbildes aus empirischen Daten ist noch ungesichert durch den Umstand, dass in Deutschland strukturell referenznahe Gewässer zumeist leicht bis stark nährstoffbelastet sind, andererseits solche mit referenznaher Trophie strukturell erheblich verändert sind.

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *kiesgeprägten Tieflandflüsse mit relativ kleinen Einzugsgebiet* zeichnen sich durch geringe Gewässertiefe, wechselhaften Strömungsbedingungen und einer starken Beschattung durch Ufervegetation und Wasserpflanzen (→ Makrophyten) aus, was die Entwicklung typischer Plankton- und Potalmal-Arten unterdrückt und die Benthos-Flora fördert (→ **TIP**). Im naturnahen Zustand sind viele benthische Pennales (→ **Pennales Index**) und Arten von *Euglena* ins Plankton verdriftet, während Cyanobacteria (→ **Cyano-Index**) unbedeutend sind. In hinsichtlich der Gewässerstruktur degradierten Zuständen (Verlust der baumreichen Ufer- und der Makrophytenvegetation; Gewässervertiefung) können Cyanobacteria gehäuft auftreten, während der Anteil Pennales dann überwiegend gering ist. Im Gegensatz dazu variiert der Anteil der Chlorophyceae in allen ökologischen Zustandsklassen erheblich, sodass eine solche Kenngröße (→ **Chloro-Index**) für Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet ungeeignet ist.

Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtposphor) an, dies kann aber aufgrund natürlicher limitierender Umwelteinflüsse, wie einer flächen-

relevanten Beschattung oder einer starken Trübung durch anorganische Stoffe aus anliegenden Niedermooren und Auwäldern, ausbleiben.

Gesamtpigment: *Kiesgeprägte Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet* sind aufgrund der auf weiten Strecken vegetationsbedingten Beschattung und flachen Gewässerprofils planktonarm (maximal 20µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert) bei Gesamtphosphorkonzentrationen (TP) unter 50µg/l. Die Sensitivität für Nährstoff bei natürlicher Gewässerstruktur ist gering, sodass noch bei TP bis zu 135µg/l, das Saisonmittel für Gesamtpigment unter ca. 30µg/l verbleibt. Die in diesem Gewässertyp oft zahlreichen, seeausflussgeprägten Flussabschnitte (Typ 21) sind hierbei nicht einzubeziehen, in denen Seeplankton in hohen Konzentrationen eingetragen und durch Filtration (Muscheln etc.) und Sedimentation zwischen Makrophyten eliminiert wird. Erst bei einer künstlich verlängerten Wasserverweilzeit durch Veränderung der Flussbettstruktur und Verlust der vegetationsbedingten Beschattung werden diese Gewässer eutrophierungsgefährdet und planktonreich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Pennales-Index: Verdriftetes Phytobenthos, überwiegend aus Pennales bestehend, trägt im referenznahen Zustand der *kleinen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse* 15 – 30% zum Potamoplankton bei. Sinkt ihr Anteil unter 15%, ist von einem erheblich belasteten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, kann keine graduierte Zuordnung erfolgen (mäßig, unbefriedigend, schlecht). Es wird stattdessen bei weniger als 15% Pennales die Zustandklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Cyano-Index: Cyanobacteria treten nur sehr vereinzelt und nur bei Eutrophierung in den *sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen mit kleinem Einzugsgebiet* auf. Der Cyano-Index indiziert bei hohen Prozentanteilen der Cyanobacteria einen unbefriedigenden (4) oder schlechten (5) Zustand. Verbleibt der Prozentanteil unter 10% kann aufgrund der ähnlichen Verteilung keine Zuordnung zu einer Zustandsklasse erfolgen und es wird anstelle des Cyano-Index nochmals der Bewertungswert für den Metrik → *Gesamtpigment* eingesetzt. Das Klassenbiovolumen der Cyanobacteria muss den kritischen Wert von 0,5mm³/l für die Anwendung des Cyano-Index übersteigen, darunter liegende Werte werden seit der Verfahrensmodifikation durch PhytoFluss Version 2.0 (April 2008) pauschal als „guter Zustand“ für den Cyano-Index gewertet, ohne dass die Schwellenwerte des Prozentanteils zur Anwendung kommen.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *kiesgeprägten Tieflandflüsse mit kleinem Einzugsgebiet* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den in der Größe vergleichbaren sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen (1000 – 5000km²; PP-Typ 15.1) mit 34 Taxa. Die Phytoplanktonzönose aller dieser Tieflandflüsse (PP-Typ 15.1+17.1) weist einen großen Anteil von Pennales im sehr guten Zustand auf mit verschiedenen Arten der Gattungen *Amphora*, *Asterionella*, *Diatoma*, *Fragilaria* davon als Indikator die *F. ulna* – *Sippen* und *F. crotonensis*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia* davon *N. acicularis*- Formenkreis, *Stenopterobia* und *Surirella*. Häufigste Arten der Chlorophyceae stammen aus der Gattung *Scenedesmus*. Cyanobacteria (Blualgen) sind im gering belasteten Zustand immer mit einem Anteil unter 10% präsent. Angebundene, teils temporäre Stillgewässer beimpfen diese Tieflandflüsse mit Teichplankter wie *Euglena*, *Chlamydomonas* und *Cryptomonas* und mit mesotrophen Limnoplankter wie *Ceratium* und *Gymnodinium*.

Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Pediastrum*, *Fragilaria ulna angustissima* - *Sippen* und *Planktothrix* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an. Auch *Cyclostephanos invisitatus* ist ein Störanzeiger für diesen Gewässertyp, doch ist die Artbestimmung nicht mit der für das Bewertungsverfahren PhytoFluss geforderten Methode möglich.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 17

Kiesgeprägte Tieflandflüsse

PP-Typ 17.2:

Davon Phytoplankton-Typ: „Sand-, lehm- und kiesgeprägte Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet (>5000km²)“

Relevante
Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul
„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= $1,9907 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,4749$ und wenn $<0,5=0,5$; wenn $>5,5=5,5$	20	33	55	90
% Pennales	Pennales Index	Wenn $> \text{KG } 1/2 = „1“$; wenn $< \text{KG } 2/3 = „2“$; sonst „3“	25	20	n.d.	n.d.
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn $> \text{KG } 4/5 = „5“$; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“			$>20 \dots <40$	40
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$\leq 3,5$	$\leq 4,5$

Textliche
Erläuterung:

In *kiesgeprägten Tieflandflüssen* kann sich in solchen mit *großem Einzugsgebiet* (PP-Typ 17.2) weitaus mehr Phytoplankton ausbilden als in kleineren Flüssen dieses Typs (PP-Typ 17.1) wenn die Konkurrenz mit Makrophyten fehlt. Die häufig verbreitete Gewässertiefen von 1-3m erlauben eine gute Nährstoffausnutzung, da das Lichtangebot überwiegend weder über- noch untersättigt ist. Damit ist der Subtyp sensitiv für Eutrophierung. Im referenznahen Zustand ist die Biomasse jedoch zumindest periodisch durch Nährstoffe ($<50\mu\text{g/l}$ TP) sowie durch Makrophyten und wechselnde Strömungsbedingungen limitiert, was sich im Saisonmittel (Apr-Okt) in einer Gesamtpigment-Konzentration unter $20\mu\text{g/l}$ ausdrückt. Die „planktische“ Referenztrophy liegt im mesotrophen Bereich. Der Subtyp mit großem Einzugsgebiet ermöglicht neben der Verdriftung benthischer auch das Wachstum planktischer Pennales, wodurch ihr Anteil im Mittel über 25% der Phytoplanktonbiomasse ausmacht. Die zentrischen Diatomeen, die in Strömen das Phytoplankton hochgradig dominieren, finden in den Wasserkörpern der größeren Tieflandflüsse dieses Subtyps erstmals seit der Quelle günstige Wachstumsbedingungen vor. Cyanobacteria sind im unbelasteten Zustand nicht dominant ($<20\%$), nehmen jedoch bei hoher Nährstoffbelastung häufig erheblich zu. Die Erstellung des Leitbildes aus empirischen Daten ist noch ungesichert durch den Umstand, dass in Deutschland Gewässer mit referenznahen Nährstoffkonzentrationen selten sind und zumeist strukturelle Defizite haben.

Erläuterung der
Metric-Auswahl:

Die *kiesgeprägten Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet* zeichnen sich durch mittlere Gewässertiefen und längere Wasserverweilzeiten aus, was die Entwicklung von Potamal- Arten ermöglicht (große zentrische Diatomeen), aber auch zahlreiche verdriftete benthische Arten umfasst (\rightarrow TIP). Im naturnahen Zustand sind viele Pennales (\rightarrow **Pennales Index**) vorhanden, während Cyanobacteria (\rightarrow **Cyano-Index**) durch die Beschattung durch Wasserpflanzen (\rightarrow Makrophyten) oder durch die häufig wechselnden Strömungsbedingungen unbedeutend sind. In hinsichtlich der Gewässerstruktur degradierten Zuständen (Verlust der Makrophytenvegetation; Gewässervertiefung) sind Cyanobacteria häufig, während der Anteil Pennales dann überwiegend gering ist. Im Gegensatz dazu variiert der Anteil der Chlorophyceae in allen ökologischen Zustandsklassen

erheblich, sodass eine solche Kenngröße (→ **Chloro-Index**) für Tieflandflüsse ungeeignet ist.

Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) weit häufiger als in kleineren Tieflandflüssen dieses Typs an. Selten bleibt die Biomassebildung aufgrund limitierender Umwelteinflüsse, wie einer starken Trübung durch anorganische Stoffe oder Habitatwechsel durch zwischengeschaltete Seen, aus.

Gesamtpigment: *Kiesgeprägte Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet* sind aufgrund der auf weiten Strecken wirksamen Konkurrenz mit Makrophyten um Licht (Beschattung) und Nährstoffe natürlicherweise planktonarm (maximal 20µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert)). Die Sensitivität für Nährstoff ist in diesem Subtyp hoch, sodass bereits bei TP Gesamtphosphorkonzentrationen ab 90µg/l, das Saisonmittel für Gesamtpigment über ca. 30µg/l ansteigen kann, dadurch die Sichttiefe auf unter 1m abnimmt und damit die Makrophyten durch das Phytoplankton beschattet und zurückgedrängt können. Bei Verlust der Makrophyten- bedingten Beschattung oder Aufstauungen werden diese Gewässer rasch planktondominiert und sind hoch eutrophierungsgefährdet (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment). Die in diesem Gewässertyp oft zahlreichen, seeausflussgeprägten Flussabschnitte (Typ 21) sind bei der Bewertung nicht einzubeziehen.

Pennales-Index: Verdriftetes Phytobenthos, vorwiegend aus Pennales bestehend, trägt im referenznahen Zustand der *großen kiesgeprägten Tieflandflüsse* 20 – 30% zum Potamoplankton bei. Nimmt ihr Anteil auf unter 20% ab, ist von einem erheblich belasteten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, kann keine graduierte Zuordnung zu einer der 3 Klasse erfolgen (mäßig, unbefriedigend, schlecht) und es wird stattdessen bei weniger als 20% Pennales die Zustandklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Cyano-Index: Cyanobacteria treten bei Eutrophierung in die *kiesgeprägten Tieflandflüssen mit großem Einzugsgebiet* häufig auf. Der Cyano-Index indiziert bei hohen Prozentanteilen der Cyanobacteria einen unbefriedigenden (4) oder schlechten (5) Zustand. Verbleibt der Prozentanteil unter 20% kann aufgrund der ähnlichen Verteilung keine Zuordnung zu einer Zustandsklasse erfolgen und es wird anstelle des Cyano-Index nochmals der Bewertungswert für den Metrik → **Gesamtpigment** eingesetzt. Das Klassenbiovolumen der Cyanobacteria muss den kritischen Wert von 0,5mm³/l für die Anwendung des Cyano-Index übersteigen, darunter liegende Werte werden seit der Verfahrensmodifikation durch PhytoFluss Version 2.0 (April 2008) pauschal als „guter Zustand“ für den Cyano-Index gewertet, ohne dass die Schwellenwerte des Prozentanteils zur Anwendung kommen.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *großen kiesgeprägten Tieflandflüsse mit großem Einzugsgebiet* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den in der Größe vergleichbaren sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen (PP-Typ 15.2) mit 28 Taxa. In der Phytoplanktonzönose aller dieser Tieflandflüsse (PP-Typ 15.2+17.2) finden sich im guten Zustand verschiedene Pennales-Arten der Gattungen *Cocconeis*, *Diatoma*, *Fragilaria crotonensis*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Rhoicosphenia* und *Surirella*. Von den Chlorophyceae ist typischerweise *Chlamydomonas* vertreten. Aus angebundenen Standgewässern stammen mesotrophe Phytoflagellaten wie *Ceratium*, kleine Chrysophyceen und Haptophyceae und *Gymnodinium*, die ein wenig belastetes Einzugsgebiet indizieren. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Pediastrum*, *Fragilaria ulna angustissima* - *Sippen* und *Planktothrix* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an. Auch *Cyclostephanos invisitatus* und weitere kleinzellige zentrische Diatomeen sind ein Störanzeiger, während große zentrische Diatomeen typspezifisch sind.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 20:

Sandgeprägte Ströme

PP-Typ: 20.1

Davon Phytoplankton-Typ: Sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit großer Abflusspende

Relevante

Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul

„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= $1,9907 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,4749$ und wenn $<0,5=0,5$; wenn $>5,5=5,5$	10,1	17,5	30	51
% Pennales	Pennales Index	Wenn $> \text{KG } 1/2 = „1“$; wenn $< \text{KG } 2/3 = „2“$; sonst „3“	20	15	n.d.	n.d.
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Wenn wie KG 1/2 = „1“; wenn wie KG 2/3 = „2“; etc.“	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$\leq 3,5$	$\leq 4,5$

Textliche

Erläuterung:

Dieser Fließgewässersubtyp tritt nur in Abschnitten des Rheins nahe Kleve-Bimmen auf. Bedingt durch den Niederschlagsreichtum im Einzugsgebiet (Abflusspende (Q/EZG) $> 10l/s/km^2$) und die dadurch bewirkte geringe Wasser-aufenthaltszeit und dem beständigen Zufluss planktonarmer Nebengewässer, bildet sich naturnah keine relevante Biomasse des Phytoplanktons aus. Im Saisonmittel sind die naturnahen Gewässer zumeist kaum planktonführend, was sich in einer für Phaeophytin unkorrigierten Chlorophyll a-Konzentration unter $10\mu g/l$ als Maß für die Biomasse ausdrückt. Die planktische Trophie liegt im sehr guten Zustand im oligotrophen Bereich. Die Phytoplanktonzönose dieses Gewässertyp weist mit mehr als 20 % einen großen Anteil von Pennales im sehr guten Zustand auf, aber planktische Formen von *Fragilaria* und *Asterionella* sind gegenüber kiesgeprägten Strömen (Typ 10.1) etwas häufiger. Neben den dominanten Kieselalgen (Bacillariophyceae) sind auch weitere Algenklassen gering vertreten, darunter Chrysophyceae und Chlorophyceae.

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit großer Abflusspende* zeichnen sich durch sehr geringe Verweilzeiten und niedrige Wassertemperaturen aus, die im naturnahen Zustand die Entwicklung der Pennales fördern (\rightarrow **Pennales Index**). Die Entwicklung der Chlorophyceae (\rightarrow **Chloro-Index**) und die der Cyanobacteria (\rightarrow **Cyano-Index**) ist im Gewässer auch unter nährstoffreichen Bedingungen durch die physikalischen Bedingungen unterdrückt, und deshalb können beide Metrics für diesen Typ nicht herangezogen werden. Trotzdem finden sich regelmäßig Arten aus beiden Algenklassen auch im Grundzustand durch den Eintrag aus Stillgewässern im Einzugsgebiet.

Die Konzentration des \rightarrow **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) an, dies wird aber überwiegend aufgrund weiterer, limitierender Umwelteinflüsse, wie wechselhafte Strömungsbedingungen oder starke Trübung durch anorganische Stoffe, unterdrückt.

Gesamtpigment: Die *sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit großer Abflusspende* sind aufgrund sehr geringer Nährstoffverfügbarkeit (Gesamtphosphor $< 50\mu g/l$) und wechselhaften Strömungsbedingungen planktonarm. Verdriftetes Phytobenthos trägt zum Potamoplankton bei, so dass unter naturnahen Bedin-

gungen die Biomasse des Phytoplanktons maximal 10µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert) beträgt. Überschreitet das Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) im Saisonmittel (Apr-Okt) Konzentrationen von etwa 17µg/l, ist dies nur bei gleichzeitiger Degradierung der Trophie und der Gewässermorphometrie, also unter künstlich erhöhten Nährstoffbedingungen (Gesamtphosphor >90µg/l) und verlängerter Wasserverweilzeit durch Veränderung der natürlichen Flussbettstruktur möglich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Pennales-Index: Verdriftetes Phytobenthos, vorwiegend aus Pennales bestehend, trägt in referenznahen *sandgeprägten Strömen des Tieflandes mit großer Abflussspende* 15 – 30% zum Potamoplankton bei. Nimmt der Anteil der Pennales auf unter 15% ab, ist von einem erheblich veränderten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, kann keine graduierte Zuordnung zu einer Klasse erfolgen und es wird stattdessen bei weniger als 15% Pennales die Zustandsklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit großer Abflussspende* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den *kiesgeprägten Strömen des Mittelgebirges mit großer Abflussspende* (Typ 10.1) mit 36 Taxa.

Aufgrund der Gewässervielfalt in den großen Einzugsgebieten, ist die Artenvielfalt hoch. Besonders die Pennales (*Suriella*; *Fragilaria ulna* var. *acus*; *Diatoma vulgare*; *Cocconeis placentula*, *Fragilaria crotonensis*), dominieren gemeinsam mit den zentrischen Diatomeen das Potamoplankton. Kleine Chrysophyceen und Haptophyceae sind mit geringen Anteilen, aber stetig im Grundzustand zu finden. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Crucigenia* und *Crucigeniella* und wie die Centrales *Skeletonema potamos* und *Actinocyclus normanii* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an.



Kurzdarstellung „Bewertung Phytoplankton“

Typ 20:

Sandgeprägte Ströme

PP-Typ: 20.2

Davon Phytoplankton-Typ: Sandgeprägte Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflussspende

Relevante

Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul

„Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= $1,8168 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,6772$ und wenn B-Wert $<0,5=0,5$; wenn $>5,5=5,5$	30,0	52,0	90	155
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn $> \text{KG } 4/5 = „5“$; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“	n.d.	n.d.	2,1 - 5	>5
% Chlorophyceae	Chloro- Index	Wenn $> \text{KG } 4/5 = „5“$; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“	n.d.	n.d.	5,1 - 15	>15
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP -Wert	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$\leq 3,5$	$\leq 4,5$

Textliche Erläuterung:

Sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflussspende finden sich in den Abschnitten der Elbe, Oder und Weser (Abflussspende $< 10\text{l/s/km}^2$). Aufgrund sehr langer Verweilzeiten, geringer Beschattung und mäßiger Verluste kann sich naturnah eine relevante, autochthone Biomasse des Phytoplanktons (Potamoplankton) ausbilden. Bedingt durch die relative Niederschlagsarmut im Einzugsgebiet und der großen Lauflänge der Ströme (EZG $>10.000\text{km}^2$) ist die Wasseraufenthaltszeit im Hauptstrom deutlich mehr als 10 Tage. Die Lichtverfügbarkeit ist zumeist sehr gut, da weder Ufervegetation, noch Makrophyten, noch Trübstoffe den Hauptstrom flächendeckend beschatten. Die Gewässertiefe ist im natürlichen Zustand mit 1-3m optimal vom Licht durchdrungen, in den heutigen Schifffahrtsgewässern aber zumeist tiefer und sub-optimal. Die Verluste des Phytoplanktons sind mäßig: Die Sedimentation wird durch die stetige Turbulenz verhindert, doch der Anteil der aktiven und passiven Filtrierer ist höher als in den kiesgeprägten Strömen. Neben Invertebraten können im Freiwasser das Zooplankton und die Protozoen das Phytoplankton stark dezimieren.

Im Saisonmittel sind die naturnahen Gewässer bereits planktonführend, was sich in einer für Phaeophytin unkorrigierten Chlorophyll a-Konzentration bis zu $30\mu\text{g/l}$ als Maß für die Biomasse ausdrückt. Die planktische Trophie liegt im sehr guten Zustand im schwach eutrophen Bereich. Neben den sehr dominanten Kieselalgen (Bacillariophyceae) sind auch weitere Algenklassen gering vertreten, darunter Chlorophyceae, Cyanobacteria und Pennales. Die Phytoplanktonzönose dieses Gewässertyps kann bisher nur unvollständig beschrieben werden, da sowohl Referenzgewässer und als auch referenznahe Gewässer fehlen. Die Biomasse im Grundzustand wurde modellbasiert aus den rekonstruierten Gesamtphosphorkonzentrationen und den vorherrschenden physikalischen Randbedingungen des Gewässertyps im naturnahen Zustand hergeleitet (s. Begleitbrief Phytoplankton).

Erläuterung der Metric-Auswahl:

Die *sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflussspende* zeichnen sich durch lange Verweilzeiten und relativ gleichmäßige Strömungsbedingungen aus, die im naturnahen Zustand die Entwicklung eines echten Potamoplanktons mit Dominanz von Centrales fördern, während die Pennales im Freiwasser zumeist unbedeutend sind ($<10\%$). Die starke Entwicklung der Chlorophyceae

(→ **Chloro-Index**) und der Cyanobacteria (→ **Cyano-Index**) ist im Gewässer unter nährstoffreichen Bedingungen möglich. Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) an.

Gesamtpigment: Die *sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflussspende* sind aufgrund der relativ gleichmäßigen Strömungsbedingungen planktonreich. Unter naturnahen Bedingungen beträgt die Biomasse des Phytoplanktons maximal 30µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert). Überschreitet das Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) im Saisonmittel (Apr-Okt) Konzentrationen von etwa 50µg/l, ist dies nur bei Degradierung der Trophie, also unter künstlich erhöhten Nährstoffbedingungen (Gesamtphosphor >90µg/l) möglich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Cyano-Index: Cyanobacteria treten in die *sandgeprägten Strömen mit kleiner Abflussspende* häufig bei Eutrophierung auf. Der Cyano-Index indiziert bei hohen Prozentanteilen der Cyanobacteria einen unbefriedigenden (4) oder schlechten (5) Zustand. Verbleibt der Prozentanteil unter 5% kann aufgrund der ähnlichen Verteilung keine Zuordnung zu einer Zustandsklasse erfolgen und es wird anstelle des Cyano-Index nochmals der Bewertungswert für den Metrik → *Gesamtpigment* eingesetzt. Das Klassenbiovolumen der Cyanobacteria muss den kritischen Wert von 0,5mm³/l für die Anwendung des Cyano-Index übersteigen, darunter liegende Werte werden seit der Verfahrensmodifikation durch Phyto-Fluss Version 2.0 (April 2008) pauschal als „guter Zustand“ für den Cyano-Index gewertet, ohne das die Schwellenwerte des Prozentanteils zur Anwendung kommen.

Chloro-Index: In den stark degradierten Gewässern steigt der Anteil der Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons deutlich an. Unterhalb eines Anteils der Chlorophyceae von 5% kann keine graduierte Zuordnung zu einer Klasse erfolgen, da referenznahe Zustände fehlen. Es wird stattdessen bei weniger als 5% Chlorophyceae nochmals der Bewertungswert des Metric „Gesamtpigment“ eingesetzt.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *sandgeprägten Ströme des Tieflandes mit kleiner Abflussspende* besteht eine gemeinsame Indikatorliste mit den *kiesgeprägten Strömen des Mittelgebirges mit kleiner Abflussspende* (Typ 10.2) mit 30 Taxa. Der sehr gute und gute Zustand kann aufgrund fehlender Referenzzönosen mit dieser Indikatorliste nicht beschrieben und mit dem TIP-Index nicht erreicht werden! Durch die zweifache Wertung der Phytoplanktonbiomasse (→ **Gesamtpigment**) bei geringem Vorkommen an Chlorophyceae (→ **Chloro-Index**) ist das Erreichen des sehr guten oder guten Zustandes in der Gesamtindex-Bewertung Phytoplankton aber möglich. Aufgrund der Gewässervielfalt in den relativ großen Einzugsgebieten, ist die Artenvielfalt hoch. Es werden einige Pennales aus dem Phytobenthos ins Freiwasser verdriftet, aber ihr Anteil ist viel kleiner als zum Beispiel in den großen Flüssen des Mittelgebirges (Typ 9.2). Neben der sehr hohen Dominanz der zentrischen Kieselalgen, treten im mäßigen Zustand auch einige Dinoflagellaten auf. *Skeletonema potamos* ist in diesen großen Strömen weniger stark als Störanzeiger zu werten als in Strömen mit großer Abflussspende (Typ 10.1, 20.1), da die Art hier ihr natürliches Habitat findet. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Scenedesmus falcatus*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Microcystis*, *Aulacoseira granulata* und *Fragilaria ulna* var. *acus* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an.



Typ 23:

Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse

Relevante Bewertungsmodule: „Eutrophierung“

Modul „Eutrophierung“:

Parameter	Metric-Name	Bewertungs-Wert=	Parameter- Werte der Klassengrenzen			
			KG 1/2	KG 2/3	KG 3/4	KG 4/5
Chlorophyll a unkorrigiert	Gesamtpigment	= $1,8168 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,6772$ und wenn B-Wert $< 0,5 = 0,5$; wenn $> 5,5 = 5,5$	30,0	52,0	90	155
% Cyanobacteria	Cyano-Index	Wenn $< \text{KG } 1/2 = „1“$; wenn $= \text{KG } 2/3 = „2“$, usw.	0,001	0,001 - 5	5,1 - 10	10,1 - 20
% Chlorophyceae	Chloro- Index	Wenn $> \text{KG } 4/5 = „5“$; wenn in Bereich K 3/4 = „4“; sonst wie „Gesamtpigment“	n.d.	n.d.	5,1 - 15	>15
% Pennales	Pennales-Index	Wenn $> \text{KG } 1/2 = „1“$; wenn $> \text{KG } 2/3 = „2“$; sonst keine Anwendung des Metrics	19,9	15 – 19,9	n.d	n.d
Indikatorarten und Trophieoptima	TIP	Bewertungswert ist TIP - Wert	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	$\leq 3,5$	$\leq 4,5$

Textliche Erläuterung:

Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse haben aufgrund des sehr geringen Gefälles eine sehr lange Verweilzeit und mäßige Verluste, wodurch sich naturnah eine relevante, autochthone Biomasse des Phytoplanktons ausbilden kann. Bedingt durch die lange Lauflänge in den stark mäandrierenden Flüssen mit vielen angebundenen Standgewässern ist die Wasseraufenthaltszeit deutlich mehr als 10 Tage. Die Lichtverfügbarkeit ist zumeist gut, allerdings kann es zu einer Trübung durch organische Trübstoffe kommen. Die mittlere Gewässertiefe kann mit 1-3m optimal vom Licht durchdrungen werden. Die Verluste des Phytoplanktons sind mäßig: Die Sedimentation ist in sehr langsam fließenden Abschnitten hoch, doch der Anteil der aktiven und passiven Filtrierer ist vermutlich niedriger als in den kies- und sandgeprägten Strömen.

Im Saisonmittel sind die naturnahen Gewässer bereits planktonführend, was sich in einer für Phaeophytin unkorrigierten Chlorophyll a-Konzentration bis zu 30µg/l als Maß für die Biomasse ausdrückt. Die planktische Trophie liegt im sehr guten Zustand im schwach eutrophen Bereich. Neben den dominanten Kieselalgen (Bacillariophyceae) sind auch aufgrund relativ hoher sommerlicher Wassertemperaturen weitere Algenklassen gering vertreten, darunter Chlorophyceae, Cyanobacteria und Pennales. Die Phytoplanktonzönose dieses Gewässertyps kann bisher nur vorläufig beschrieben werden, wobei die Maurine, unterhalb von Schönberg als referenznahes Gewässer dient. Die Biomasse im Grundzustand wurde zusätzlich modellbasiert aus den rekonstruierten Gesamphosphorkonzentrationen und den vorherrschenden physikalischen Randbedingungen des Gewässertyps im naturnahen Zustand hergeleitet (s. Begleitbrief Phytoplankton). Die vielen angebundenen Standgewässern bestimmen in einem stärkeren Ausmaß als in allen anderen bewertungsrelevanten Fließgewässertypen die Phytoplanktonbiozönose der Ostseeflüsse mit. Es ist für den Grundzustand zu erwarten, dass diese dann mesotrophen Standgewässer eher eine Verdünnung für den Hauptstrom bedeuten, und nicht wie im aktuellen, eutrophierten Zustand einen starken Eintrag von Phytoplanktonbiomasse bringen. Die Charakterisierung dieser Gewässer ist aufgrund des bisherigen Fehlens von Phytoplanktonuntersuchungen aus brackwasserbeeinflusste Abschnitte für die Verfahrensherleitung unvollständig und auf die Süßwasserabschnitte beschränkt.

**Erläuterung der
Metric-Auswahl:**

Die *rückstau- bzw. brackwasserbeeinflussten Ostseezuflüsse* zeichnen sich durch lange Verweilzeiten und wechselnde Strömungsbedingungen aus, die die Dominanz von Kieselalgen fördern, innerhalb derer die Pennales im Freiwasser zusätzlich bedeutend sind (→ **Pennales-Index**). Das Phytoplankton entwickelt sich aus einer Mischung aus den Seeausläufen (Limnoplankton) und dem autochthonen Potamoplankton. Eine starke Entwicklung der Chlorophyceae (→ **Chloro-Index**) und der Cyanobacteria (→ **Cyano-Index**) ist im Gewässer unter nährstoffreichen Bedingungen möglich. Die Konzentration des → **Gesamtpigment** steigt unter günstigen Wachstumsbedingungen mit steigender Nährstoffkonzentration (Gesamtphosphor) an.

Gesamtpigment: Die *rückstau- bzw. brackwasserbeeinflussten Ostseezuflüsse* sind planktonführend. Unter naturnahen Bedingungen beträgt die Biomasse des Phytoplanktons maximal 30µg/l messbar als Chlorophyll a (unkorrigiert). Überschreitet das Gesamtpigment (Chlorophyll a unkorrigiert) im Saisonmittel (Apr-Okt) Konzentrationen von etwa 50µg/l, ist dies nur bei Degradierung der Trophie, also unter künstlich erhöhten Nährstoffbedingungen (Gesamtphosphor >90µg/l) möglich (→ mäßiger bis schlechter Zustand nach Index Gesamtpigment).

Cyano-Index: Cyanobacteria treten in den *rückstau- bzw. brackwasserbeeinflussten Ostseezuflüssen* häufig bei Eutrophierung auf. Der Cyano-Index indiziert bei ansteigenden Prozentanteilen der Cyanobacteria einen zunehmend stark degradierten Zustand. Da die Cyanobacteria überwiegend aus eutrophierten Standgewässern in die Ostseezuflüsse gelangen, wird angenommen, dass der Anteil der Cyanobacteria unter guten ökologischen Zuständen sehr gering ist (s. Beispielgewässer Maurine).

Chloro-Index: In den stark degradierten Gewässern steigt der Anteil der Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen deutlich an. Unterhalb eines Anteils der Chlorophyceae von 5% kann keine graduierte Zuordnung zu einer der 3 verbleibenden Klassen erfolgen. Es wird stattdessen bei weniger als 5% Chlorophyceae nochmals der Bewertungswert des Metric „Gesamtpigment“ eingesetzt.

Pennales-Index: Pennales tragen im referenznahen Zustand der *rückstau- bzw. brackwasserbeeinflussten Ostseezuflüsse* 20 – 40% zum Phytoplankton bei. Nimmt ihr Anteil auf unter 15% ab, ist von einem erheblich belasteten Gewässerzustand auszugehen. Aufgrund der ähnlichen Verteilung in den degradierten Zustandsklassen, kann keine graduierte Zuordnung zu einer der 3 Klassen erfolgen (mäßig, unbefriedigend, schlecht) und es wird stattdessen bei weniger als 15% Pennales die Zustandklasse „mäßig (3)“ für alle Fälle eingesetzt.

Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Für die *rückstau- bzw. brackwasserbeeinflussten Ostseezuflüsse* besteht eine eigene Indikatorliste mit 21 Taxa. Der sehr gute und gute Zustand kann aufgrund fehlender Referenzzönosen mit dieser Indikatorliste nicht beschrieben und mit dem TIP-Index nicht erreicht werden! Durch die zweifache Wertung der Phytoplanktonbiomasse (→ **Gesamtpigment**) bei geringem Vorkommen an Chlorophyceae (→ **Chloro-Index**) ist das Erreichen des sehr guten oder guten Zustandes in der Gesamtindex-Bewertung Phytoplankton aber möglich.

Aufgrund der Gewässervielfalt in den Einzugsgebieten ist die Artenvielfalt hoch. Neben der sehr hohen Dominanz der zentrischen Kieselalgen, treten auch charakteristische Pennales wie *Nitzschia sigmaidea* im Freiwasser auf. Diverse kleine Chrysophyceae sind im Grundzustand regelmäßig anzutreffen. Das zunehmende Auftreten von Störanzeigern wie *Scenedesmus falcatus*, *Pediastrum*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix* und *Microcystis* erhöhen den Indexwert und zeigen einen stark belasteten Zustand an.

Biomasse Metrics	Gesamtpigment-Index
-------------------------	----------------------------

Bewertungsrelevant für die Typen:

9.2, 15, 15_g, 17, 10, 20, 23

Beschreibung:

Die Ausprägung der Biomasse des Phytoplanktons ist ein Maß für die autotrophe, planktische Trophie des Gewässers und im Falle einer anthropogen verursachten Nährstoffbelastung ein Maß für die Eutrophierung. Der Metric berechnet den Saisonmittelwert des Parameters Gesamtpigment aus den nach DIN gemessenen Konzentrationen Chlorophyll a und Phaeophytin a (Gesamtpigment = Chl a korrg. + (Phaeo/1,7)) und klassifiziert das Gewässer durch den Vergleich mit Klassenschwellenwerten. Das Gesamtpigment ist ein Maß für die Phytoplanktonbiomasse.

Formel:

Zur Bewertung wird der Saisonmittelwert (April – Oktober; >5 Messungen) des Parameters Gesamtpigment in die in Tabelle HD1 aufgeführte, typspezifische Bewertungsformel als „Chla“ eingesetzt und daraus der B-Wert als Bewertungsergebnis für den Gesamtpigment-Index ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass für die Phytoplanktonbewertung Subtypen für die nationalen Fließgewässertypen definiert wurden (s. Begleittext Phytoplankton).

Tabelle HD1: Bewertungsfunktionen des Gesamtpigment-Index und rein informativ die oberen Klassengrenzen
Konzentration des Gesamtpigment im Saisonmittel in µg/l

FG-Typ	Formel für die Berechnung des B-Wertes aus Gesamtpigment	Klasse sehr gut B-Wert = 1,5	Klasse gut = B-Wert = 2,5	Klasse mäßig = B-Wert = 3,5	Klasse unbefried. = B-Wert = 4,5
10.1	$B\text{-Wert} = 1,8527 \cdot \ln(\text{Chla}) - 2,7981$	10,1	17,5	30,0	51,0
20.1	$B\text{-Wert} = 1,8527 \cdot \ln(\text{Chla}) - 2,7981$	10,1	17,5	30,0	51,0
15.1+17.1	$B\text{-Wert} = 1,9907 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,4749$	20,0	33,0	55,0	90,0
15.2+17.2	$B\text{-Wert} = 1,9907 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,4749$	20,0	33,0	55,0	90,0
9.2	$B\text{-Wert} = 1,9907 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,4749$	20,0	33,0	55,0	90,0
10.2	$B\text{-Wert} = 1,8168 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,6772$	30,0	52,0	90,0	155,0
20.3	$B\text{-Wert} = 1,8168 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,6772$	30,0	52,0	90,0	155,0
23	$B\text{-Wert} = 1,8168 \cdot \ln(\text{Chla}) - 4,6772$	30,0	52,0	90,0	155,0

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Müller & Kirchesch (1990)
- LAWA (2002)
- Schöll et al. (2002)
- Mischke & Behrendt (2007)
- Nixdorf et al. (2000)
- Behrendt & Opitz (2002)
- Mischke et al. (2005)

Referenzen zur Anwendung:

- Hoppe (2008)
- Mischke (2006b)
- Tauscher et al. (2008)
- Penig (2008)
- Tauscher (2007)
- Kasten (2007)

**Ökologische
Aussage des
Metrics:**

Als Grundlage für das Bewertungsverfahren musste ein Gewässertyp-spezifisches Trophie- System für planktonführende Fließgewässer neu entwickelt werden (s. Begleittext Phytoplankton). Das Risiko für eine erhöhte planktische Trophie, reflektiert durch den Parameter Gesamtpigment als ungefähres Maß für die Phytoplanktonbiomasse, ist mit ansteigendem Nährstoffangebot, reflektiert mittels der Gesamtposphorkonzentration, in Fließgewässern erhöht. Die Ausprägung dieses Risikos ist je nach Gewässertyp-/gruppe unterschiedlich hoch, da in vielen Fließgewässern weitere Steuerfaktoren die Biomasse des Phytoplanktons limitieren. Aufgrund dieser weiteren Limitierungen des Phytoplanktonwachstums durch zum Beispiel

- a) zu geringe Verweilzeit im Wasserkörper, wie in allen Typen mit einem Einzugsgebiet kleiner 1000km² und in denen der Alpen-, Voralpen- und der Mittelgebirgsregion unter naturnahen Abflussbedingungen
- b) Lichtmangel durch zu große Gewässertiefe oder Beschattung durch Ufervegetation, Makrophyten oder durch anorganische Trübstoffe
- c) Verdünnung durch planktonarme Zuflüsse in niederschlagsreichen Regionen (hohe Abflussspende), die die mittlere Verweilzeit des Wassers verkürzen
- d) Verluste durch Wegfraß (Grazing) durch Zooplankton, Einzellern (Protozoen) und/oder Muscheln und anderen filtrierenden Wirbellosen sowie durch Sedimentation in Stillwasserzonen

ist in Fließgewässern der Zusammenhang zwischen Nährstoffkonzentrationen und Phytoplanktonbiomasse weniger stark als in Seen und nur in größeren Fließgewässern ausgeprägt. Deshalb ist das Bewertungsverfahren Phytoplankton auf solche Gewässern eingeschränkt, die nach den physikalischen Randbedingungen potentiell planktonführend sein können (>20µg/l Gesamtpigment). So ist der Index z.B. nur in trübungsarmen Gewässern anwendbar. In trübungsreichen Gewässern (z.B. Neckar) sind die zusätzlichen eutrophierungsindikativen Biokomponenten Makrophyten & Phytobenthos für eine Gesamtbewertung nach WRRL immer hinzuzuziehen.

Für den Biomasse- Index gilt, dass eine geringe Phytoplanktonbiomasse eine geringe planktische Trophie indiziert, aber nicht unbedingt eine geringe Nährstoffbelastung. Hingegen indiziert eine für ein Fließgewässer festgestellte gegenüber dem Grundzustand erhöhte Phytoplanktonbiomasse immer eine Eutrophierung. Zusätzlich werden häufig durch Veränderungen der Gewässerstruktur- und -hydrologie (Aufstau, Begradigung) die Wasseraufenthaltszeiten so stark erhöht, dass es zu einem Typwechsel in diesen stark veränderten Wasserkörpern (HMWB) kommt. Abhängig vom Grad der Veränderung hinsichtlich Verweilzeit (<> 3 Tage) und Reduzierung der natürlichen Wasserturbulenz (Stagnation führt zu erhöhten Sedimentationsverlusten des fließgewässertypischen Phytoplanktons) in diesen Stauhaltungen, ist deren Effekt auf die Biomasse des Phytoplanktons unterschiedlich stark ausgeprägt.

Weiterhin ist zu beachten, dass eine regelmäßige Wachstumslimitierung durch Phosphor nur nahe dem Grundzustand auftritt. Für alle planktonführenden Fließgewässertypen wurde durch modellbasierte Rekonstruktion eine Gesamtposphorkonzentration (TP) kleiner als 0,05mg/l für den Grundzustand ermittelt. Oberhalb von 0,09mg/l TP werden sprunghaft höhere maximale Biomassen des Phytoplanktons in den Typen 9.2, 15.2, 17.2, 10.2, 20.2 und 23 beobachtet, weshalb hier der TP- Orientierungswert zwischen „guten“ und „mäßigen Zustand“ liegt.

Für die Fließgewässertypen, die aufgrund anderer Limitierungen weniger TP sensitiv reagieren, wird ein höherer TP-Orientierungswert für die gleiche Klassengrenze bei 0,135mg/l TP zugelassen, so für Ströme mit großer Abflussspende (Typ 10.1, 20.1) und für kleinere sand-, lehm- oder kiesgeprägte Tieflandflüssen (Typ 15.1 und 17.1).

**Reaktion auf
Belastung:**

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Kurzdarstellung „Metrics Phytoplankton“

Zusammensetzung/ Abundanz Metrics	Chloro-Index
--------------------------------------	---------------------

Bewertungsrelevant für die Typen: 10.2, 20.2, 23

Beschreibung: Der Metric berechnet den relativen Anteil der Klasse Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer durch den Vergleich mit Klassenschwellenwerten.

Formel: Zur Bewertung wird der Prozentanteil der Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen (Saisonmittelwerte) mit den in Tabelle HD3 ausgewiesenen Bereichen bzw. Grenzwerten verglichen. Fällt der Wert in einen definierten Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert als Zahl und als Bewertungsergebnis für den Chloro-Index eingesetzt. Da sich die beobachteten Chlorophyceae- %-Anteile im sehr guten (1), guten (2) und mäßigen (3) Zustand sehr ähneln und stark streuen, wird anstatt des Chloro-Indices nochmals der Bewertungswert vom Metric 1, also der Wert vom Gesamtpigment-Metric eingesetzt (zweifache Wertung).

Tabelle HD3: Obere Klassengrenzen des Chloro-Index (n.d. = nicht definiert)
Prozentanteil der Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen

FG-Typ	B-Wert = 1	B-Wert = 2	B-Wert = 3	B-Wert = 4	B-Wert = 5
10.2	n.d.	n.d.	< =5 wie Metric 1	5,1...<=15	> 15
20.3	n.d.	n.d.	< =5 wie Metric 1	5,1...<=15	> 15
23	n.d.	n.d.	< =5 wie Metric 1	5,1...<=15	>15

Referenzen zu Entwicklung und Definition:
 - Klose (1968) - Mischke et al. (2005)
 - Mischke & Behrendt (2007)

Referenzen zur Anwendung:
 - Mischke (2006) - Täuscher (2007)
 - Täuscher et al. (2008)

Ökologische Aussage des Metrics: Die Chlorophyceae werden aus den Ordnungen Chlorococcales, Tetrasporales, Volvocales und Chaetophorales definiert, deren Arten überwiegend hohe Nährstoff- und Temperaturansprüche haben. Die Biozönose unter ungestörten Bedingungen ist für die bewertungsrelevanten Gewässertypen unbekannt, der trophische Grundzustand wurde jedoch rekonstruiert (Gesamtphosphorkonzentration unter 0,09mg/l; Chlorophyll a < 30µg/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 Metric indiziert nur die starken Störungen des Trophiezustandes. Die Ströme mit großer Abflussspende (Typ 10.1, 20.1) sind hier ausgenommen: für sie konnte kein Anstieg der Chlorophyceae mit ansteigender Nährstoffverfügbarkeit beobachtet werden. Die durch die große Abflussspende verkürzten Verweilzeiten bewirken niedrigere, sommerliche Wassertemperaturen und limitieren wahrscheinlich damit die Biomasseentwicklung der Chlorophyceae.

Reaktion auf Belastung: Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Kurzdarstellung „Metrics Phytoplankton“

Zusammensetzung/ Abundanz Metrics	Cyano-Index
--	--------------------

Bewertungsrelevant für die Typen:

9.2, 15, 15_g, 17, 20.2, 23

Beschreibung:

Der Metric berechnet den relativen Anteil der Klasse Cyanobacteria am Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer durch den Vergleich mit Klassenschwellenwerten.

Formel:

Zur Bewertung wird zuerst geprüft, ob der Saisonmittelwert des Cyanobacteria-Biovolumina 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 Tabelle HD4 ausgewiesenen Bereichen bzw. Grenzwerten verglichen. Fällt der Wert in einen definierten (Prozent-)Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert als Zahl und als Bewertungsergebnis für den Cyano-Index eingesetzt.

Tabelle HD4: Grundzustände und obere Klassengrenzen des Cyano-Index Biovolumen und Prozentanteil der Cyano am Gesamtbiovolumen

FG-Typ	B-Wert = 1	B-Wert = 2	B-Wert = 3	B-Wert = 4	B-Wert = 5
15.1+17.1	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 10 - 20\%$	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 20\%$
15.2+17.2	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 20 - 40\%$	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 40\%$
9.2	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 10 - 20\%$	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 20\%$
20.2	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 2 - 5\%$	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 5\%$
23	n.d.	$\leq 0,5\text{ mm}^3/\text{l}$	n.d.	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 10 - 20\%$	$> 0,5\text{mm}^3/\text{l}$ und $> 20\%$

n.d. = nicht definiert

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Steinberg & Hartmann (1988)
- Mischke et al. (2005)
- Mischke & Behrendt (2007)

Referenzen zur Anwendung:

- Hoppe (2008)
- Täuscher (2007)
- Penig (2008)
- Täuscher et al. (2008)
- Mischke (2006)

Ökologische Aussage des Metrics:

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 Prozentanteil kann durch Besonderheiten im Einzugsgebiet (Seenausläufe) vereinzelt über ein Fünftel liegen. Der Metric indiziert in erster Linie die Ungestörtheit des Trophiezustandes und reagiert zusätzlich auf die Beeinträchtigung der Gewässerhydrologie wie Aufstauungen, da die planktischen Cyanobacteria sehr empfindlich auf Wasserturbulenz reagieren. Ein niedriger Metric-Wert steht meist für wenig nährstoffbelastete und nicht gestaute Gewässer.

Reaktion auf Belastung:

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Zusammensetzung/ Abundanz Metrics	Pennales-Index
--------------------------------------	-----------------------

Bewertungsrelevant für die Typen: 9.2, 15, 15_g, 17, 10.1, 20.1, 23

Beschreibung: Der Metric berechnet den relativen Anteil der Ordnung Pennales am Gesamtbiovolumen auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer durch den Vergleich mit Klassenschwellenwerten.

Formel: Zur Bewertung wird der Prozentanteil der Pennales am Gesamtbiovolumen (Saisonmittelwerte) mit den in Tabelle HD2 ausgewiesenen Bereichen bzw. Grenzwerten verglichen. Fällt der Wert in einen definierten Bereich, wird der im jeweiligen Spaltenkopf ausgewiesene B-Wert als Zahl und als Bewertungsergebnis für den Pennales-Index eingesetzt. Da sich die beobachteten Pennales- %- Anteile im mäßigen (3), unbefriedigenden (4) und schlechten (5) Zustand sehr ähneln, wird von den degradierten Zuständen nur der mäßige Zustand definiert.

Tabelle HD2: Grundzustände und obere Klassengrenzen des Pennales-Index
Prozentanteil der Pennales am Gesamtbiovolumen

FG-Typ	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+17.1	> und = 20	> und = 15 – 19,9	< 15	n.d.	n.d.
15.2+17.2	> und = 25	> und = 20 – 24,9	< 20	n.d.	n.d.
9.2	> und = 30	> und = 15 – 29,9	< 15	n.d.	n.d.
23	> und = 20	> und = 15 – 19,9	< 15	n.d.	n.d.

n.d. = nicht definiert

Referenzen zu Entwicklung und Definition:
- Mischke et al. (2005)
- Mischke & Behrendt (2007)

Referenzen zur Anwendung:
- Hoppe (2008)
- Täuscher (2007)
- Penig (2008)
- Täuscher et al. (2008)
- Mischke (2006)

Ökologische Aussage des Metrics:
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 die Beeinträchtigung der Gewässermorphologie wie Strukturarmut und Aufstauungen. Ein niedriger Metric-Wert steht meist für wenig nährstoffbelastete und nicht gestaute Gewässer.

Reaktion auf Belastung:
Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Zusammensetzung/
Abundanz Metrics

TIP-Index
Typspezifischer Indexwert Potamoplankton

Bewertungsrelevant für die Typen:

9.2, 15, 15_g, 17, 10, 20, 23

Beschreibung:

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

Formel:

Der Metric basiert auf dem relativen Anteil von Indikator taxa am Phytoplankton-Gesamtbiobiovolume (DW) auf Basis von Saisonmittelwerten und klassifiziert das Gewässer durch Verrechnung mit dem taxaspezifischen Trophie- (TI) und Gewichtungswert (GW).

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

Die resultierende Bewertungsklasse für die Kenngröße TIP entspricht dem Mittelwert aller taxonspezifischen Ergebnisse. Der TIP-Index muss mindestens auf 6 Beprobungen im Untersuchungszeitraum (April bis Oktober) und der Zählung und Bestimmung von mindestens 6 unterschiedlichen Indikatorarten mittel der Utermöhl-Methode an einem Umkehrmikroskop beruhen. Die Klassengrenzen sind analog zum Gesamtpigment-Index definiert und können der Tabelle HD5 entnommen werden.

Tabelle HD5: Grundzustände und obere Klassengrenzen des TIP- Indexwertes

FG-Typ	Obergrenze sehr gut	Obergrenze gut	Obergrenze mäßig	Obergrenze unbefriedigend
Alle	1,5	2,5	3,5	4,5

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Mischke et al. (2005)
- Mischke & Behrendt (2007)

Referenzen zur Anwendung:

- Hoppe (2008)
- Mischke (2006)
- Täuscher et al. (2008)
- Penig (2008)
- Täuscher (2007)

Ökologische Aussage des Metrics:

Die Indikatorlisten umfassen sowohl planktisch wie benthisch lebende Taxa. Als Störanzeiger sind insbesondere die Blaualgentaxa sowie ausgewählte Chlorophyceae- und Diatomeentaxa mit einem hohen Trophiewert belegt. Die Indikatorlisten enthalten Phytoplankton taxa, die mit der Utermöhl-Methode mikroskopisch bestimmt werden können, so dass die Diatomeen sowie andere Algengruppen überwiegend auf Gattungsebene zusammengefasst sind. Der Metric indiziert in erster Linie die Ungestörtheit des Trophiezustandes und reagiert zusätzlich auf die Beeinträchtigung der Gewässermorphologie wie Strukturarmut und Aufstauungen. Ein niedriger Metric-Wert steht für wenig nährstoffbelastete und nicht gestaute Gewässer.

Reaktion auf Belastung:

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Literatur

Behrendt, H. & D. Opitz (2001): Preliminary approaches for the classification of rivers according to the indicator phytoplankton. TemaNord 584: 32-36

Behrendt, H. & U. Mischke (2002): Überarbeiteter Endbericht zur Entwicklung und Erprobung eines Konzeptes für ein Bewertungssystem zum Merkmalskomplex Phytoplankton in Berliner und Brandenburger Fließgewässern. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung III E2, Berlin. IGB Berlin, Friedrichshagen. 48.

Böhmer J. & U. Mischke (01.04.2008): Auswertungssoftware Version PhytoFluss 2.0 mit Informationen zur Software PhytoFluss mit Eingabeformat zum deutschen Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton modifiziert nach Mischke & Behrendt 2007 zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. (PhytoFluss_Vers2_0 download zip-file): <http://igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke>

CEN TC 230/WG 2/TG 3: Draft proposal of "Water quality – phytoplankton biovolume determination by microscopic measurement of cell dimensions" Version 23-01-2008.

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

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

Hoppe A (2008): Überwachungsergebnisse Phytoplankton 2005 / 2006. Biologisches Monitoring der Fließgewässer in Baden-Württemberg gemäß EU-WRRL. LUBW • Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Postfach 100163, 76231 Karlsruhe, S. 1- 14.

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

Kasten, J. (2007): Untersuchung des Phytoplanktons der unteren Eider und ihrer Nebenflüsse 2006. Im Auftrag des Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein. Bericht, S. 53.

Klose, H. (1968): Untersuchungen über den Indikationswert des Potamoplanktons. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 53, S. 781-805.

Penig J. (2008) Untersuchung von Phytoplankton in Fließgewässern im Rahmen des WRRL-Phytoplanktonmonitorings 2006. Kurzbericht von 10 Messstellen, Büro für Gewässerökologie im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz, Mainz und Ministerium für Umwelt, Saarbrücken (Saar, Güdingen), Lampertheim, S. 1-17.

LAWA-AK-„ZIELVORGABEN" (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland - Chemische Güteklassifikation. LAWA.Berlin

LAWA- Unterarbeitskreis „Planktonführende Fließgewässer" (2002): Methode zur Klassifikation der Trophie planktonführender Fließgewässer - Ergebnisse der Erprobungsphase. Bericht für die LAWA. Saarbrücken. S. 54.

Meier et al. Carolin Meier, C., J. Böhmer, P. Rolauffs & D. Hering (2006): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“. Internet: <http://www.fliesssgewaesserbewertung.de>

Mischke, U. & H. Behrendt (2007): Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. WeißenseeVerlag. Berlin. S. 88. ISBN 978-3-89998-105-6

Mischke, U. (2006a): Bundesweiter Praxistest eines Bewertungsverfahrens für Phytoplankton in Fließgewässern Deutschlands zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie - Verfahrensvereinfachung und -überprüfung mit Handbuchentwurf. Bericht zum LAWA-Vorhaben O 3.05. IGB. Berlin. S.68.

Mischke, U. (2006b): Pilotstudie Phytoplanktonanalysen von bayerischen Fließgewässern zur Weiterentwicklung des für die EU-WRRL vorgeschlagenen Bewertungssystems. Im Auftrag des Bayerisches Landesamt für Umweltamt. Bericht. IGB. Berlin. 37.

- Mischke, U. (2007): Distribution of pelagic Centrales and their value to index trophic status in German rivers: Dominant, but not relevant? In: Kusber, W.-H. & Jahn, R. (ed.): Proceedings of the 1st Central European Diatom Meeting March 2007, Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem, S. 23–25, ISBN 978-3-921800-63-8 pages 117-120
- Mischke, U., H. Behrendt, J. Köhler, & D. Opitz (2005): Überarbeiteter Endbericht zum LAWA-Vorhaben: Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für Fließgewässer mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. IGB. Berlin - Friedrichshagen. 99.
- Mischke, U., B. Nixdorf, E. Hoehn, & U. Riedmüller (2004): Routineauswertungen des Phytoplanktons: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Nutzung für die Bewertung nach der EU-WRRL. Tagungsberichte der Jahrestagungen der DGL, Jahrestagung 2003 in Köln. 2004. S.: 80-84.
- Mischke, U., B. Nixdorf, & H. Behrendt (2002): On typology and reference conditions for phytoplankton in rivers and lakes in Germany. TemaNord 566: 44-49
- Mischke, U., H. Behrendt, & B. Nixdorf (2003): Was kann Phytoplankton für die Bewertung von Fließgewässern nach der WRRL leisten? Tagungsbericht 2002, Braunschweig. Eigenverlag der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) 2003. S.: 83-86
- Mischke, U., H. Behrendt, & B. Nixdorf (2006): Die Bedeutung des Phytoplanktons für die Bewertung staugeregelter Flüsse nach WRRL. In: Müller, D., A. Schöl, T. Bergfeld, & Y. Strunck: Staugeregelte Flüsse in Deutschland - Wasserwirtschaftliche und ökologische Zusammenhänge. Limnologie aktuell E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 313-332.
- Müller, D. & V. Kirchesch (1990): Algenwachstum in Fließgewässern - Gütemodellaussagen zum Einfluß von Tiefe, Zooplankton und Nährstoffgehalt. DGM 34(3): 66-75
- Nixdorf, B., U. Riedmüller, U. Mischke, & E. Hoehn (2000): Klassifizierungsverfahren für Fließgewässer anhand des Phytoplanktons. Teil II der Literaturstudie über „Ökologische Gewässerbewertung – Phytoplankton. 2. im Auftrag der ATV/DVWK und LAWA-AG „Stehende Gewässer“. Bad Saarow. 61.
- Nixdorf, B., U. Mischke, & H. Behrendt (2002): Phytoplankton/Potamoplankton - wie geeignet ist dieser Merkmalskomplex für die ökologische Bewertung von Flüssen? BTU Cottbus, UWW, Eigenverlag. Cottbus. 52.
- Pottgiesser, T. & Sommerhäuser, M. (2004): Fließgewässertypologie Deutschlands: Die Gewässertypen und ihre Steckbriefe als Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. In: Steinberg, C., Calmano W., Wilken R.-D. & Klapper, H. (Hrsg.): Handbuch der Limnologie. 19. Erg.Lfg. 7/04. VIII-2.1: 1-16 + Anhang.
- Pottgiesser, T. & A. Müller (2004): Beschreibung ausgewählter hydromorphologischer und biozönotischer Referenzparameter planktondominierter Fließgewässertypen. In: Mischke, U., H. Behrendt, J. Köhler, & D. Opitz (2005): Überarbeiteter Endbericht zum LAWA-Vorhaben: Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für Fließgewässer mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Essen, ube, 1-28.
- Schöl, A., V. Kirchesch, T. Bergfeld, F. Schöll, J. Borchering, & D. Müller (2002): Modelling the Chlorophyll a Content of the River Rhine - Interrelation between Riverine Algal Production and Population Biomass of Grazers, Rotifers and the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 87(2-3): 295-317
- Steinberg, C. & H. Hartmann (1988): Planktische blütenbildende Cyanobakterien (Blaualgen) und die Eutrophierung von Seen und Flüssen. Vom Wasser 70: 1-10
- Täuscher, L. I. Wiehle & T. Kabus (2008): Monitoring von Phytoplankton zur Indikation des ökologischen Zustandes in ausgewählten Fließgewässern des Landes Brandenburg im Jahr 2007. im Auftrag des Landesamt für Umwelt, Brandenburg, Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH. S. 49.
- Täuscher L. (2007): Auswertung von Phytoplanktonproben aus planktonführenden Fließgewässern Mecklenburg-Vorpommerns. - Bericht Institut für angewandte Gewässerökologie im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommerns (LUNG M-V), Seddin: 52 S. + Anhang.