

Bewertungsrelevant für die Typen: 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 5, 5.1, 6, 6_K, 7, 9, 9.1, 9.1_K, 9.2, 11, 12, 14, 15, 15_groß, 16, 17, 18, 19, 21_N, 21_S, 22, 23

Beschreibung: Der typspezifische, leitbildbezogene Saprobienindex bewertet die Auswirkungen organischer Verschmutzung auf das Makrozoobenthos. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage von Häufigkeitsklassen.

Formel: Der Saprobienindex (S) wird wie folgt berechnet:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot A_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}$$

s = Saprobiewert
 A = Abundanzziffer
 G = Indikationsgewicht
 n = Anzahl der Indikator taxa
 i = Laufindex (i-tes Taxon)

Folgende Werte werden ergänzend zum Saprobienindex berechnet:

Streuungsmaß (SM):

$$SM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S)^2 \cdot A_i \cdot G_i}{(n - 1) \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}}$$

Abundanzziffer (AZ):

$$AZ = \sum_{i=1}^n A_i$$

Anzahl der eingestufteten Indikator taxa (inkl. eingestufte(r) höherer Taxa): 741

Der Saprobienindex wird anhand der leitbildbezogenen typspezifischen Klassengrenzen in eine Gewässergüteklasse überführt, die somit eine Bewertung des saprobiellen Zustandes anhand von fünf Zustandsklassen ermöglicht.

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Kolkwitz & Marsson (1909)
- Liebmann (1951)
- Pantle & Buck (1955)
- Rolauffs et al. (2003)

Referenzen zur Anwendung:

- Illies & Schmitz (1980)
- Marten & Reusch (1992)
- Küry & Zöllhöfer (1993)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)

**Ökologische
Aussage des
Metrics:**

Der Saprobienindex gibt in erster Linie den saprobiellen Zustand eines Gewässers wieder. Je höher der Index ist, desto höher ist die Intensität des Abbaus organischer Substanzen und desto mehr Nahrung steht dem Makrozoobenthos zur Verfügung; eine erhöhte Abbautätigkeit ist zwangsläufig mit einem sinkenden Gehalt an gelöstem Sauerstoff verbunden. Mit zunehmender Saprobie verschiebt sich folglich die Lebensgemeinschaft hin zu solchen Taxa, die Defizite im Sauerstoffgehalt tolerieren können. Diese Taxa gehören überwiegend den ökologischen Gilden Detritusfresser, Feinsedimentbewohner sowie Profundal- und Potamalbewohner an, der Anteil rheophiler Taxa nimmt dagegen ab. Bei Saprobienindices über 3,0 dominieren tolerante Chironomiden und Oligochaeten, bis, bei noch höheren Sauerstoffdefiziten, auch diese den Mikroorganismen weichen und Massenvorkommen des Abwasserpilzes *Sphaerotilus natans* zu beobachten sind.

Die Saprobieklasse bewertet die Abweichung vom saprobiellen Grundzustand des jeweiligen Gewässertyps.

**Reaktion auf
Belastung*:**

Der Metric-Wert nimmt mit steigender saprobieller Belastung zu.

Eine geringfügigere Zunahme des Metric-Wertes ist auf Grund weiterer Belastungsarten mit potamalisierender Wirkung (Aufstau, Feinsedimenteintrag etc.) zu beobachten.

Gewässerversauerung führt zu einer Abnahme des Saprobienindex.

* Die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Zusammensetzung/ Abundanz Metrics	EPT [%] (HK)
Bewertungsrelevant für die Typen:	1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 5, 5.1, 6, 6_K, 7, 9, 9.1, 9.1_K, 9.2, 11, 12, 14, 15, 15_g, 16, 17, 18, 19, 21_N, 21_S, 23
Beschreibung:	Der Metric berechnet die relative Abundanz der Ephemeroptera-, Plecoptera- und Trichoptera-Taxa auf der Grundlage von Häufigkeitsklassen.
Formel:	$\%EPT = \frac{\sum \text{Abundanzklassen der EPT - Taxa}}{\sum \text{Abundanzklassen aller Taxa}}$
Referenzen zu Entwicklung und Definition:	<ul style="list-style-type: none"> - Barbour et al. (1997) - DeShon (1995)
Referenzen zur Anwendung:	<ul style="list-style-type: none"> - Barbour et al. (1996) - Barbour et al. (1997) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - DeShon (1995) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)
Ökologische Aussage des Metrics:	Die drei Insektenordnungen umfassen überwiegend belastungsintolerante Arten mit relativ hohen Habitatansprüchen, sowohl im aquatischen Bereich wie auch im terrestrischen Umfeld. Der Metric indiziert in erster Linie die Ungestörtheit der dominierenden Teilhabitate und reagiert daher generell auf Beeinträchtigungen der Wasserqualität und der Gewässermorphologie. Ein hoher Metric-Wert steht meist für wenig gestörte, strukturreiche Gewässer.
Reaktion auf Belastung:	Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab.

Toleranz Metrics

Fauna-Index

Bewertungsrelevant für die Typen: 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 5, 5.1, 6, 7, 9, 9.1, 9.2, 11, 12, 14, 15, 15_g, 16, 17, 18, 19

Beschreibung: Der Fauna-Index beschreibt auf Grundlage typspezifischer Indikatorlisten die Auswirkungen morphologischer Degradation auf die Makrozoobenthoszönose eines Fließgewässerabschnitts.

Formel: Der Fauna-Index wird wie folgt berechnet:

$$\text{Gesamtwert} = \frac{\sum_{i=1}^n sc_i \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

i = Nummer des Indikator taxons
 n = Gesamtzahl der Indikator taxa
 sc_i = Wert des i^{ten} Taxons
 a_i = Abundanzklasse des i^{ten} Taxons

Die Werte (sc_i) liegen zwischen -2 (Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit stark degradierter Morphologie vorkommen) und +2 (Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit naturnaher Morphologie vorkommen, z. B. xylophage Taxa).

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Lorenz et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics: Ein hoher Metric-Wert steht für einen großen Anteil an Taxa mit hohen morphologischen Ansprüchen im betrachteten Gewässertyp und damit auch für eine weitgehend typspezifische und naturnahe Makrozoobenthosgemeinschaft.

Reaktion auf Belastung: Entsprechend der Ableitung der Indexwerte reagiert der Fauna-Index überwiegend auf gewässerstrukturelle Defizite mit einer Abnahme. Da die meisten gewässermorphologisch anspruchsvollen Taxa auch empfindlich gegenüber weiteren Stressoren sind, nimmt der Fauna-Index auch bei anderen Belastungsarten, insbesondere bei saprobieller Belastung, ab.

Bewertungsrelevant für die Typen:

21_N, 21_S

Beschreibung:

Der LTI beschreibt auf Grundlage von Indikationswerten der Taxa die typische Ausprägung der Makrozoobenthoszönose von Seeausflüssen. Grundlage ist die Einstufung der Taxa nach Präferenz und Charakteristik für Seeausflüsse. Der LTI_{qual} berücksichtigt nur die Präsenz der Taxa, der bewertungsrelevante LTI_{quan} darüber hinaus auch deren Abundanzen.

Formel:

$$LTI_{quan} = \frac{\sum_{i=1}^n LP_i * A_i * W_i}{\sum_{i=1}^n A_i * W_i}$$

n = Anzahl eingestufter Taxa (mit laufender Nummer i)

LP_i = LP-Wert des i-ten Taxons („lake outlet preference value“) von 1 (stenotop) bis 5 (gelegentlich in Seeausflüssen)

A_i = Abundanzklasse des i-ten Taxons

W_i = Gewichtungsfaktor des i-ten Taxons

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Brunke (2004)

Referenzen zur Anwendung:

- Brunke (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics:

Ein niedriger LTI_{quan}-Wert steht für einen hohen Anteil Seeausfluss-assoziiertes Taxa, ein hoher Wert für einen hohen Anteil an Generalisten. Der LTI drückt damit aus, inwieweit die charakteristischen Umweltfaktoren der Seeausflüsse gegeben sind. Hierbei scheinen die lokalen Faktoren (Strömung, Substrat etc.) bedeutsamer zu sein als die physikalischen Eigenschaften und die Trophie des Sees.

Reaktion auf Belastung:

Der Metric-Wert nimmt mit steigender Belastung zu.
Reaktionen in anderen Gewässertypen als 21 sind unbekannt.

Toleranz Metrics

Oligosaprobe [%] (HK)

Bewertungsrelevant für die Typen:

23

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Organismen, die oligosaprobe Bedingungen bevorzugen. Grundlage hierfür sind die Einstufungen der Taxa nach saprobiellen Präferenzen.

Formel:

$$\text{Oligosaprobe [\% HK]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Oligosaprobierpunkte}_i \cdot \text{Häufigkeitsklasse}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Häufigkeitsklasse}_i} \cdot 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur saprobiellen Valenz (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

Die Information über die saprobielle Präferenz sind entnommen aus:
 - Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
 - durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (zweite Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics :

Oligosaprobe Organismen sind überwiegend auf eine sehr gute Sauerstoffversorgung angewiesen und können mit den geringen Nahrungsressourcen im oligosaproben Bereich auskommen. Schon bei leicht zunehmender Saprobie steigt das Nahrungsangebot und die Dominanz vieler oligosaprober Arten geht zugunsten weniger spezialisierter Arten zurück. Bei höheren saprobiellen Zuständen wirkt meist der Sauerstoffgehalt limitierend. Darüber hinaus stellen viele der oligosaproben Arten hohe Ansprüche an die Gewässermorphologie. Hohe Werte an Oligosaproben stehen daher für geringe Saprobie, gute Sauerstoffversorgung und nur geringfügige Defizite in der Gewässerstruktur.

Reaktion auf Belastung*:

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab (Ausnahmen: Versauerung sowie manche toxische Einflüsse).

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Toleranz-Metrics **Potamon-Typie-Index (PTI)**

Bewertungsrelevant für die Typen:

10, 20

Beschreibung:

Der Potamon-Typie-Index beschreibt auf Grundlage von Indikationswerten der Taxa die Naturnähe der Makrozoobenthoszönosen großer Ströme. Grundlage ist die Einstufung der Taxa nach ECO-Werten.

Formel:

$$PTI = \frac{\sum_{i=1}^T (W_i * G_i * \sum_{k=1}^N A_{i,k})}{\sum_{i=1}^T (G_i * \sum_{k=1}^N A_{i,k})} \pm \delta PTI \quad \text{mit} \quad \delta PTI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T ((W_i - PTI)^2 * G_i * \sum_{k=1}^N A_{i,k})}{(T-1) * \sum_{i=1}^T (G_i * \sum_{k=1}^N A_{i,k})}}$$

und $G_i = 2^{(5-W_i)}$ und $W_i = 6 - ECO_i$

Bedingungen für die Gültigkeit:

1) $\delta PTI < 0,3$ 2) $T \geq (ECO_{max} - ECO_{min} + 1)$ 3) $AV = \frac{100\% * \sum_{i=1}^T (\sum_{k=1}^N A_{i,k})}{\sum_{j=1}^S (\sum_{k=1}^N A_{i,k})} > 50\%$

PTI	Potamon-Typie-Index von 1=naturnah bis 5=sehr naturfern	ECO _i	Einstufung der Art i, ganze Zahlen von 1=geringer bis 5=hoher Indikationswert
ECO _{max}	Maximaler ECO _i -Wert aller eingestufteten Taxa	ECO _{min}	Minimaler ECO _i -Wert aller eingestufteten Taxa
δ PTI	Standardabweichung des PTI	A _{i,k}	Relative Abundanz des i-ten Taxon in der k-ten Probe
T	Anzahl eingestufteter Taxa (mit laufender Nummer i)	N	Anzahl der Proben einer Serie (mit lfd. Nummer k)
AV	Abundanzverhältnis der eingestufteten Taxa zu allen Taxa in Prozent	S	Gesamtzahl aller nachgewiesenen Taxa (mit lfd. Nummer j)

Der Potamon-Typie-Index wird anhand der folgenden Klassengrenzen in die ökologischen Zustandsklassen überführt:

1,0 ≤ sehr gut ≤ 1,9 < gut ≤ 2,6 < mäßig ≤ 3,4 < unbefriedigend ≤ 4,1 < schlecht ≤ 5,0

Zur Abschätzung der Validität des PTI sowie zu dessen Korrekturmöglichkeit werden weitere Indices herangezogen:

- Verhältnis der aktiven Filtrierer zu den passiven Filtrierern: Werte > 5 deuten auf einen Einfluss von Staubereichen, der PTI wurde jedoch für frei fließende Strecken geschaffen → weitere Prüfung.
- r/K-Verhältnis: Hohe Anteile an r-Strategen in der Biozönose weisen auf Störungen hin (sowohl anthropogene als auch natürliche). Bei einem Verhältnis der r- zu den K-Strategen von > 4,5 ist die Biozönose so stark gestört, dass sich diese eventuell in einem Umbruch befindet. In einem solchen Fall muss abgeschätzt werden, ob sie sich in einem zeitlich stabilen Zustand befindet.

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Schöll et al. (2005)

Toleranz-Metrics

Potamon-Typie-Index (PTI)

Referenzen zur Anwendung:

- Schöll et al. (2005)

Ökologische Aussage des Metrics:

Ein relativ hoher Wert steht für einen großen Anteil an wertgebenden, d. h. flusstypischen Taxa und einen geringen Anteil unspezialisierter Ubiquisten und damit auch für eine weitgehend naturnahe Makrozoobenthoszönose. Hohe Werte werden erreicht, wenn die gewässermorphologischen und -chemischen Ansprüche dieser Taxa erfüllt werden.

Reaktion auf Belastung:

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung in Flüssen zu.

Bewertungsrelevant für die Typen:	<u>Dieser Metric ist nicht bewertungsrelevant</u> , also kein Core Metric, kann aber zusätzlich zur Interpretation herangezogen werden.
Beschreibung:	Der Metric summiert die Taxazahl der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera.
Formel:	\sum Taxazahl der Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera.
Referenzen zu Entwicklung und Definition:	<ul style="list-style-type: none"> - Lenat (1983) - Richardson (1928)
Referenzen zur Anwendung:	<ul style="list-style-type: none"> - Barbour et al. (1997) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Lenat & Barbour (1994) - Meier et al. (2006)
Ökologische Aussage des Metrics:	Der Reichtum an EPT-Taxa ist einer der verlässlichsten Metrics und sehr sensitiv gegenüber Veränderungen der Wasserqualität. Diese Maßzahl zeigt, wie auch die Anzahl der EPTCBO-Taxa, weniger Variabilität als die Gesamttaxazahl, beispielsweise bezüglich der Änderungen des Abflusses in verschiedenen Jahren. Sie wird daher weltweit häufig für Bewertungsverfahren eingesetzt. Der Metric spiegelt in erster Linie die Artendiversität wider. Da die EPT-Ordnungen zudem überwiegend intolerante Taxa beinhalten, reagiert der Metric empfindlicher auf Belastungen als die Gesamttaxazahl, insbesondere auch auf toxische Einflüsse. Die drei Insektenordnungen umfassen darüber hinaus Arten mit relativ hohen Habitatansprüchen, sowohl im aquatischen Bereich wie auch im terrestrischen Umfeld. Ein hoher Metric-Wert steht daher für ungestörte, strukturreiche Gewässer mit hoher Diversität.
Reaktion auf Belastung:	Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab. Der Metric reagiert auf verschiedenste Belastungsarten, insbesondere saprobielle Belastung, Aufstau, toxische Einflüsse und Versauerung.

**Bewertungsrelevant
für die Typen:**

2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 9, 9.1, 9.2

Beschreibung:

Der Metric summiert die Taxazahl der Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia und Odonata. Diese Maßzahl zeigt, wie auch die Anzahl der EPT-Taxa, weniger Variabilität als die Gesamttaxazahl, beispielsweise bezüglich der Änderungen des Abflusses in verschiedenen Jahren.

Formel:

\sum Taxazahl der Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia, Odonata.

**Referenzen zu
Entwicklung und
Definition:**

- Lorenz et al. (2004)

**Referenzen zur
Anwendung:**

- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

**Ökologische
Aussage des
Metrics:**

Der Metric spiegelt in erster Linie die Artendiversität und damit die Vielfalt ungestörter Teilhabitats wider. Da die Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera und Odonata zudem überwiegend und die Coleoptera und Bivalvia sehr viele intolerante Taxa beinhalten, reagiert der Metric empfindlicher auf Belastungen als die Gesamttaxazahl. Die sechs Ordnungen umfassen darüber hinaus Arten mit relativ hohen Habitatansprüchen, sowohl im Wasser als auch an Land. Ein hoher Metric-Wert steht daher für ungestörte, strukturreiche Gewässer mit hoher Diversität an Taxa und Teilhabitaten.

**Reaktion auf
Belastung*:**

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

**Bewertungsrelevant
für die Typen:**

6_K, 9.1_K, 11, 12, 14, 15, 15_groß, 16, 17, 18, 19

Beschreibung:

Der Metric gibt die Anzahl der Trichoptera-Taxa wieder.

Formel:

\sum Taxazahl der Trichoptera.

**Referenzen zu
Entwicklung und
Definition:**

- Lorenz et al. (2004)

**Referenzen zur
Anwendung:**

- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

**Ökologische
Aussage des
Metrics:**

Der Metric spiegelt in erster Linie die Artendiversität wider. Da die Ordnung der Trichoptera zudem viele intolerante Taxa beinhaltet, reagiert der Metric empfindlicher auf Belastungen als die Gesamttaxazahl. Die Trichoptera beinhalten darüber hinaus viele Arten mit relativ hohen Ansprüchen an die Habitatstruktur, insbesondere auch bezüglich terrestrischer Strukturen im Uferbereich, sowie Taxa, die auf Totholz als Nahrungsquelle oder auf CPOM zum Köcherbau angewiesen sind. Ein hoher Metric-Wert steht daher für ungestörte, strukturreiche Gewässer mit hoher Diversität an Arten und Habitaten.

**Reaktion auf
Belastung:**

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab.

Funktionale Metrics

Epipotamal-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

23

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Epipotamals leben. Grundlage hierfür sind die autökologischen Einstufungen der Taxa bezüglich der präferierten Bereiche in der biozönotischen Längszonierung eines Fließgewässers.

Formel:

$$\text{Epipotamal – Besiedler [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Epipotamalpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i} * 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur biozönotischen Region (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Vannote et al. (1980)
Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:
- Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
- Schmedtje & Colling (1996) (zweite Priorität),
- durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (dritte Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics*:

Epipotamal-Besiedler sind an die Bedingungen in kleinen Flüssen angepasst: vergleichsweise niedrige Strömungsgeschwindigkeiten, feine Sohlsubstrate, geringere Sauerstoffversorgung, einen höheren saprobiellen Grundzustand und höhere Sommertemperaturen. Ihre Ansprüche weichen allerdings von denen der Rhithralarten nicht so stark ab wie die der Meta- oder Hypopotamalarten. Ein hoher Anteil an Epipotamalarten beruht in Bächen und kleinen Flüssen in erster Linie darauf, dass die Bedingungen für Rhithralarten nicht mehr erfüllt sind.

Gemäß dem „river continuum concept“ (Vannote et al. 1980) lässt sich das Epipotamal zu den mittelgroßen Flüssen rechnen, in denen sich Produktion und Respiration im ungestörten Zustand in etwa die Waage halten. Der Großteil der Epipotamalarten ernährt sich dementsprechend von Aufwuchs und organischem Feinmaterial. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Weidegänger und Sammler (Filterer und Sedimentfresser), auch Zerkleinerer sind noch vorhanden. Der Anteil an Epipotamalarten verschiebt sich unter dem Einfluss von Faktoren, welche die Nahrungskette beeinflussen (z. B. Trophie, Saprobie).

Funktionale Metrics

Epipotamal-Besiedler [%] (Ind.)

**Reaktion auf
Belastung*:**

Der Metric reagiert am stärksten auf Belastungen mit potamalisierender Wirkung (Zunahme der Saprobie, Sedimenteintrag etc.). Der Metric-Wert nimmt in Bächen und kleinen Flüssen bei steigender Belastung zu. Bei übermäßiger Belastung nimmt der Anteil wieder ab, da dann die Epipotamalarten durch die noch anspruchsloseren Meta- und Hypopotamalarten sowie Ubiquisten ersetzt werden. In Gewässertypen mit geringen Anteilen an Rhithralarten nimmt der Anteil der Epipotamalarten dagegen schon bei geringen Belastungen ab. Versauerung führt zur Abnahme des Anteils an Epipotamalarten.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Epirhithral-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

6, 7

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Epirhithrals leben. Grundlage hierfür sind die autökologischen Einstufungen der Taxa bezüglich der präferierten Bereiche in der biozönotischen Längszonierung eines Fließgewässers.

Formel:

$$\text{Epirhithral – Besiedler [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Epirhithralpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i * 10}$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur biozönotischen Region (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Vannote et al. (1980)
- Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:
- Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
- Schmedtje & Colling (1996) (zweite Priorität),
- durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (dritte Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics*:

Epirhithral-Besiedler sind an die Bedingungen der Bachoberläufe angepasst: höhere Strömungsgeschwindigkeiten, gröbere Sohlsubstrate, gute Sauerstoffversorgung, einen niedrigen saprobiellen Grundzustand und niedrigere Sommertemperaturen. Darüber hinaus benötigen viele Epirhithralarten auch die strukturreichen, flachen Uferzonen der Bachoberläufe. Der Anteil an Epirhithral-Besiedlern sinkt, je weniger diese Bedingungen gegeben sind. Gemäß dem „river continuum concept“ (Vannote et al. 1980) lässt sich das Epirhithral zu den Bächen rechnen, in denen im ungestörten Zustand die Produktion deutlich kleiner als die Respiration ist. Epirhithralarten ernähren sich in erster Linie von organischem Grob- und Feinmaterial wie Falllaub und Detritus, das von den Ufern eingetragen und anschließend zersetzt wird. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Zerkleinerer und Filtrierer, Weidegänger sind in geringerem Umfang vorhanden. Der Anteil an Epirhithralarten verschiebt sich unter dem Einfluss von Faktoren, die die Nahrungskette beeinflussen (z. B. Uferbewuchs, Totholz).

Reaktion auf Belastung*:

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab, insbesondere bei potamalierenden Belastungsarten (Zunahme der Saprobie, Sedimenteintrag, Aufstau etc.). Bei Versauerung nimmt der Metric-Wert zu.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Hyporhithral-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

5

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Hyporhithrals leben. Grundlage hierfür sind die autökologischen Einstufungen der Taxa bezüglich der präferierten Bereiche in der biozönotischen Längszonierung eines Fließgewässers.

Formel:

$$\text{Hyporhithral – Besiedler [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Hyporhithralpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i} * 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur biozönotischen Region (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Vannote et al. (1980)
- Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:
- Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
- Schmedtje & Colling (1996) (zweite Priorität),
- durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (dritte Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (2004)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (1999)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics*:

Hyporhithral-Besiedler sind an die Bedingungen der Bachunterläufe angepasst: vergleichsweise hohe Strömungsgeschwindigkeiten, gröbere Sohlsubstrate, gute Sauerstoffversorgung, einen niedrigen saprobiellen Grundzustand und niedrigere Sommertemperaturen. Viele Rhithralarten benötigen zudem die engere Verzahnung des Rhithrals mit strukturreichen Uferzonen. Hyporhithralarten stehen bezüglich dieser Umweltfaktoren schon etwas näher an den Potamalarten als die Epirhithralarten. Der Anteil an Hyporhithral-Besiedlern nimmt sowohl zum Epirhithral als auch zum Potamal hin ab. In dem für diesen Metric bewertungsrelevanten Typ 5 (entspricht in aller Regel dem Epi- und Metarhithral) sind daher im ungestörten Zustand nur niedrige Werte des Metrics zu erwarten. Gemäß dem „river-continuum-concept“ (Vannote et al. 1980) lässt sich das Hyporhithral zum Übergangsbereich zwischen Bächen und mittelgroßen Flüssen rechnen, in denen im ungestörten Zustand die Respiration im Verhältnis zur Produktion noch überwiegt. Hyporhithralarten ernähren sich von organischem Grob- und Feinmaterial und von Aufwuchs. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Sammler (Filterer und Sedimentfresser), aber auch Zerkleinerer und Weidegänger sind nennenswert vertreten. Der Anteil an Hyporhithralarten verschiebt sich unter dem Einfluss von Faktoren, die die Nahrungskette beeinflussen (z. B. Uferbewuchs, Trophie).

Funktionale Metrics

Hyporhithral-Besiedler [%] (Ind.)

**Reaktion auf
Belastung*:**

Der Metric-Wert nimmt in den Bachoberläufen (Typ 5) mit zunehmender Belastung zu, bei sehr starken Belastungen (sowie generell in Flüssen) mit steigender Belastung ab.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Litoral-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

14, 15, 15_groß, 16, 17, 18

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Litorals leben. Grundlage hierfür sind die autökologischen Einstufungen der Taxa bezüglich der präferierten Bereiche in der biozönotischen Längszonierung eines Fließgewässers bzw. der Tiefenzonierung in Seen.

Formel:

$$\text{Litoral - Besiedler [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Litoralpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i} * 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur biozönotischen Region (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:

- Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
- Schmedtje & Colling (1996) (zweite Priorität),
- durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (dritte Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (2004)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (1999)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics:

Litoral-Besiedler sind an die Bedingungen der Ufer und Flachwasserzonen in Seen angepasst und bevorzugen daher geringere Strömungsgeschwindigkeiten, feinere Substrate sowie höhere Sommertemperaturen als typische Fließgewässerarten. Viele Litoralarten benötigen neben submersen und/oder emersen Makrophytenbeständen kaum weitere Strukturen. In ungestörten Fließgewässern unterliegen sie meist der Konkurrenz der anspruchsvolleren Fließgewässerarten und sind daher hauptsächlich auf Altarme beschränkt. Hohe Anteile an Litoral-Besiedlern weisen auf zu geringe Strömung, Strukturarmut im submersen Bereich oder fehlende Hartsubstrate hin. Auch fehlende Beschattung mit vermehrtem Makrophytenwuchs und höheren Wassertemperaturen können Litoralarten in den gefällearmen Tieflandtypen fördern. Ferner ist zu bedenken, dass viele Ubiquisten sowohl in verschiedenen Fließgewässerzonen als auch im Litoral von Seen vorkommen und dementsprechend eine anteilige Einstufung mit Litoralpunkten für die Zonierungspräferenz besitzen. Hohe Anteile an Litoralarten können daher auch auf hohe Anteile an ubiquitären Taxa hinweisen.

Entsprechend den vorherrschenden Nahrungsketten in Seen finden sich viele Filtrierer und Sedimentfresser unter den Litoral-Besiedlern. Ihr Anteil verschiebt sich daher auch unter dem Einfluss von Faktoren, welche die Nahrungskette verändern (z. B. Saprobie, Aufstau).

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Litoral-Besiedler [%] (Ind.)

**Reaktion auf
Belastung*:**

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Funktionale Metrics

Metapotamal-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

23

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Metapotamals leben. Grundlage hierfür sind die autökologischen Einstufungen der Taxa bezüglich der präferierten Bereiche in der biozönotischen Längszonierung eines Fließgewässers.

Formel:

$$\text{Metapotamal – Besiedler [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Metapotamalpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i} * 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur biozönotischen Region (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Vannote et al. (1980)
- Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:
- Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
- Schmedtje & Colling (1996) (zweite Priorität),
- durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (dritte Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics :

Metapotamal-Besiedler sind an die Bedingungen der Flüsse angepasst: niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten, feinere Substrate, eine geringere Sauerstoffversorgung, ein höherer saprobieller Grundzustand und höhere Sommertemperaturen.

Gemäß dem „river continuum concept“ (Vannote et al. 1980) lässt sich das Metapotamal zu den großen Flüssen rechnen, in denen im ungestörten Zustand die Respiration gegenüber der Produktion überwiegt. Metapotamalartern ernähren sich daher in erster Linie von organischem Feinmaterial. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Sammler (Filterierer und Sedimentfresser); Zerkleinerer und Weidegänger sind nur vereinzelt vorhanden. Der Anteil an Epipotamalartern verschiebt sich daher auch unter dem Einfluss von Faktoren, welche die Nahrungskette beeinflussen (z. B. Trophie, Saprobie).

Reaktion auf Belastung* :

Der Metric reagiert insbesondere auf Belastungen mit potamalisierender Wirkung (Zunahme der Saprobie, Sedimenteintrag etc.), aber auch bei Wasserentzug und Aufstau sowie generell bei struktureller Degradation. Der Metric-Wert nimmt mit steigender Belastung zu, bei zunehmender Versauerung jedoch ab.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Metarhithral-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

9, 9.2

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Metarhithrals leben. Grundlage hierfür sind die autökologischen Einstufungen der Taxa bezüglich der präferierten Bereiche in der biozönotischen Längszonierung eines Fließgewässers.

Formel:

$$\text{Metarhithral – Besiedler [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Metarhithralpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i * 10}$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur biozönotischen Region (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Vannote et al. (1980)
- Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:
 - Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
 - Schmedtje & Colling (1996) (zweite Priorität),
 - durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen. (dritte Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (2004)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (1999)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics :

Metarhithral-Besiedler sind an die Bedingungen der mittelgroßen Bäche angepasst: höhere Strömungsgeschwindigkeiten, gröbere Substrate, bessere Sauerstoffversorgung, geringere Saprobie und niedrigere Sommertemperaturen. Viele Rhithralarten benötigen ferner die engere Verzahnung des Rhithrals mit strukturreichen Uferzonen. Der Anteil an Metarhithral-Besiedlern sinkt, je weniger diese Bedingungen gegeben sind. Auch in kleinen und mittelgroßen Flüssen kommen noch nennenswerte Anteile an Metarhithralarten vor, die hier am Rande ihres möglichen Vorkommens leben und daher schon bei relativ geringen Belastungen abnehmen.

Gemäß dem „river continuum concept“ (Vannote et al. 1980) lässt sich das Metarhithral zu den Bächen rechnen, in denen im ungestörten Zustand die Produktion deutlich kleiner als die Respiration ist. Metarhithralarten ernähren sich daher in erster Linie von organischem Grob- und Feinmaterial wie Falllaub und Detritus, das von den Ufern eingetragene und anschließend zersetzt wird. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Zerkleinerer und Filtrierer, Weidgänger sind in geringerem Umfang vorhanden. Der Anteil an Metarhithralarten verschiebt sich unter dem Einfluss von Faktoren, die die Nahrungskette beeinflussen (z. B. Saprobie, Totholz).

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Metarhithral-Besiedler [%] (Ind.)

**Reaktion auf
Belastung*:**

Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab, insbesondere bei potamalierenden Belastungsarten (Zunahme der Saprobie, Sedimenteintrag, Aufstau etc.). Bei Versauerung nimmt der Metric-Wert hingegen zu.

Funktionale Metrics

Pelal-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

15, 16, 23

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Pelals leben. Grundlage hierfür sind die Habitatpräferenzen, also die Präferenzen für die bevorzugt besiedelten Substrate.

Formel:

$$\text{Pelal-Besiedler}[\%] = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Pelalpunkte}_i \cdot \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i} \cdot 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur Habitatpräferenz (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:

- Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
- durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (zweite Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics :

Pelal-Besiedler sind an die Bedingungen feinmaterialreicher Gewässer angepasst: vorherrschend Schlamm mit einem hohen Anteil an Feindetritus (FPOM), schwache Strömung und ein sauerstoffarmes Interstitial ohne größeres Lückensystem. Es dominieren grabende Arten, Sedimentfresser und Filtrierer, tolerante Arten, Arten höherer saprobieller Grundzustände sowie bezüglich der Gewässermorphologie anspruchslose Arten. Insgesamt befinden sich unter den Pelal-Besiedlern sehr viele Ubiquisten sowie Bewohner des Potamals oder stehender Gewässer.

Reaktion auf Belastung*:

In den meisten Fließgewässertypen ist der Anteil an Pelal-Besiedlern im ungestörten Zustand gering. Unter dem Einfluss fast aller Belastungsarten, insbesondere aber durch Feinsedimenteintrag und potamalierende Belastungsarten (z. B. Zunahme der Saprobie, Aufstau), ist eine Zunahme zu verzeichnen. Nur bei Versauerung nimmt der Anteil ab.

In Fließgewässertypen mit natürlicherweise hohem Anteil an Pelal-Besiedlern (z. B. Typ 23) werden jedoch typische Pelalarten bei Belastung durch Ubiquisten ersetzt, so dass ihr Anteil abnimmt.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Phytal-Besiedler [%] (Ind.)

Bewertungsrelevant für die Typen:

21_N, 21_S

Beschreibung:

Der Metric beschreibt den prozentualen Anteil an Individuen, die bevorzugt im Bereich des Phytals leben. Grundlage hierfür sind die Habitatpräferenzen, also die Präferenzen für die bevorzugt besiedelten Substrate.

Formel:

$$\text{Phytalbewohner [\%]} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Phytalpunkte}_i * \text{Individuenzahl}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Individuenzahl}_i} * 10$$

n = Anzahl Taxa mit einer Einstufung zur Habitatpräferenz (mit lfd. Nummer i)

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

Die Information über die Zonenpräferenz sind entnommen aus:
 - Moog, O. (Ed.) (1995) (erste Priorität),
 - durch das AQEM-Konsortium zusammengestellte Informationen (zweite Priorität).

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics :

Phytal-Besiedler sind an Makrophytenbestände als Nahrungsquelle oder strukturgebende Elemente angepasst. Unter ihnen finden sich viele Litoralarten. Hohe Werte weisen häufig auf eine erhöhte Trophie und geringe Strömungsgeschwindigkeiten hin.

Reaktion auf Belastung*:

Der Metric-Wert nimmt mit steigender Belastung zu, insbesondere durch Eutrophierung und flache Stauhaltungen sowie in kleineren Gewässern auch durch verminderte Beschattung.

* Die Hinweise zur ökologischen Aussage des Metrics sowie zur Reaktion auf Belastung basieren zum großen Teil auf theoretischen Grundlagen; insbesondere die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.

Funktionale Metrics

Rheoindex (HK)

Bewertungsrelevant für die Typen:

1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 5, 5.1, 6, 7

Beschreibung:

Der Rheoindex nach Banning gibt das Verhältnis der rheophilen und rheobionten Taxa eines Fließgewässers zu den Stillwasserarten und Ubiquisten an. Es werden die Anteile verschiedener Strömungstypen berücksichtigt, was letztendlich auf die biologisch wirksamen Strömungsverhältnisse im untersuchten Gewässerabschnitt schließen lässt. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage von Häufigkeitsklassen.

Formel:

$$\text{Rheoindex} = \frac{2 * \sum(\text{HK_FW})}{2 * \sum(\text{HK_FW}) + 2 * \sum(\text{HK_STW}) + \sum(\text{HK_U})}$$

- HK_FW = Häufigkeitsklasse der Fließwassertaxa
- HK_STW = Häufigkeitsklasse der Stillwassertaxa
- HK_U = Häufigkeitsklasse der Ubiquisten

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Banning (1998)

Referenzen zur Anwendung:

- Böhmer et al. (1999)
- Böhmer et al. (2003)
- Böhmer et al. (2004)
- Hering et al. (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metrics:

Der Rheoindex spiegelt die biologisch wirksamen Strömungsverhältnisse wider; ein Wert nahe 1 steht für eine Biozönose aus strömungsliebenden Arten, ein Wert nahe 0 für eine Gemeinschaft aus Stillwasserarten und Ubiquisten. Da die meisten Fließgewässerarten auch höhere Ansprüche an die Wasserqualität und Sauerstoffversorgung stellen und in den oben angegebenen Typen meist mit gröberen Substraten assoziiert sind, wirken sich auch stoffliche Belastungen und Substratveränderungen auf den Rheoindex aus.

Reaktion auf Belastung:

Der Metric-Wert nimmt bei Stressoren mit potamalischer Wirkung wie Wasserentzug, organischer Belastung oder dem Eintrag von Feinsedimenten ab. Es ist zu beachten, dass die Auswirkungen von Stressoren mit rhithralischer Wirkung wie Kanalisierung eine Zunahme des Metrics bewirken.

Bewertungsrelevant für die Typen:

5, 5.1

Beschreibung:

Mit Hilfe der Säureklassen nach Braukmann & Biss wird die Bestimmung des Säurezustands vorgenommen. Das Verfahren gilt nur für versauerungsgefährdete Gewässertypen (Typen 5 und 5.1) sowie wenige sehr pufferarme Gewässer anderer Typen.

Formel:

Der Säurezustand wird nach dem Prinzip der empfindlichsten Taxa bestimmt, die eine Mindestabundanz erreichen.

Für 111 Makrozoobenthostaxa existieren Indikatorwerte von 1 bis 5, welche der höchsten Säureklasse entsprechen, in der das Taxon noch vorkommt:

Säureklasse 1: permanent neutral = nicht sauer,

Säureklasse 2: überwiegend neutral bis episodisch schwach sauer,

Säureklasse 3: periodisch kritisch sauer,

Säureklasse 4: periodisch stark sauer,

Säureklasse 5: permanent extrem sauer.

Zur Ermittlung des Säurezustands werden die Häufigkeitsklassen (bzw. alternativ die Individuenanteile) aller Indikatorarten, beginnend bei den säureempfindlichsten Taxa der Säureklasse 1, solange addiert, bis ein Schwellenwert von „4“ (bzw. ein Individuenanteil von 15 %) erreicht wird.

Die Säureklasse, in der die Summe von 4 erreicht wird, bestimmt den Säurezustand für die Probenahme. Wird dieser Schwellenwert nicht erreicht, so sind zu wenig eingestufte Organismen vorhanden und der Säurezustand kann nicht ermittelt werden.

Der Säurezustand entspricht der Qualitätsklasse des Moduls „Versauerung“, sofern es sich um natürlicherweise neutrale Gewässer handelt (Referenzzustand = Säurezustand 1). Dies gilt für die Gewässer des Typs 5.

Für Gewässer des Typs 5.1 wird der Säurezustand 2 als Referenzzustand angenommen. Dementsprechend wird die Qualitätsklasse um eine Stufe besser als der ermittelte Säurezustand angesetzt.

Bei versauerungsgefährdeten Gewässern anderer Typen muss die Qualitätsklasse analog um so viele Klassen verbessert werden, wie die Säureklasse unter Referenzbedingungen von 1 abweicht.

Referenzen zu Entwicklung und Definition:

- Braukmann (2000)
- Braukmann & Biss (2004)
- Meier et al. (2006)

Referenzen zur Anwendung:

- Braukmann & Biss (2004)
- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage des Metric:

Der Säurezustand spiegelt das Taxadefizit wider, das durch Säurewirkung verursacht ist. Die Qualitätsklasse bewertet die Veränderung des Säurezustands in Bezug zum Referenzzustand, sagt also aus, inwieweit Taxa durch anthropogen bedingte Versauerung ausgefallen sind. Da Mollusca, Crustacea sowie die meisten Ephemeroptera zu den säureempfindlichen Taxa gehören und die meisten Plecoptera sowie viele Trichoptera zu den säuretoleranten, sind in Gewässern mit erhöhtem Säurezustand die Anteile der Plecoptera sowie Trichoptera erhöht, die Anteile der Ephemeroptera erniedrigt und die Mollusca sowie Crustacea fehlen fast vollständig.

Durch diese veränderte Artenzusammensetzung, insbesondere bezüglich der Plecoptera, wird der Saprobienindex zumeist erniedrigt.

Toleranz-Metrics

Säureklassen

**Reaktion auf
Belastung:**

Der Metric-Wert steigt mit zunehmender Versauerung und sinkt bei zunehmender saprobieller Belastung.
Toxische und andere Einflüsse, die eine Verarmung des Artenspektrums bewirken, können ebenfalls zur Zunahme des Metric-Wertes führen.

Literatur

- Banning, M. (1998): Auswirkungen des Aufstaus größerer Flüsse auf das Makrozoobenthos dargestellt am Beispiel der Donau. Essener ökologische Schriften 9. Westarp-Wiss., Hohenwarsleben.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Griffith, G. E., Frydenborg, R., McCarron, E., White, J. S. & Bastian, M. L. (1996). A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* 15(2):185-211.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & Stribling, J. B. (1997): Revision to rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers. Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.
<http://www.epa.gov/owow/wtr1/monitoring/rbp/index.html>.
- Böhmer, J., Rawer-Jost, C. & Zenker, A. (2003): Ökologische Fließgewässerbewertung auf der Basis des Makrozoobenthos - Weiterentwicklung und Umsetzung gemäß den Zielsetzungen der Wasserrahmenrichtlinie der EU. Abschlussbericht im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 60 S.
- Böhmer, J., Rawer-Jost, C. & Zenker, A. (2004): Multimetric assessment of data provided by water managers from Germany: assessment of several different types of stressors with macrozoobenthos communities. *Hydrobiologia* 516: 215-228.
- Böhmer, J., Rawer-Jost, C., Kappus, B., Blank, J., Hock, C. & Siber, R. (1999): Integrierte ökologische Fließgewässerbewertung. Erarbeitung von Grundlagen zur leitbildorientierten biologischen Fließgewässerbewertung im Mittelgebirge. In: *Handbuch Angewandte Limnologie*, Kap. VIII –7.1. ecomed, Landsberg, 60 S. + 130 S. Anhang.
- Braukmann, U. & Biss, R. (2004): Conceptual study – An improved method to assess acidification in German streams by using benthic macroinvertebrates. *Limnologica* 34 (4): 433-450.
- Braukmann, U. 2000: Hydrochemische und biologische Merkmale regionaler Bachtypen in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 56, 501 S.
- Brunke, M. (2004): Stream typology and lake outlets – a perspective towards validation and assessment from northern Germany (Schleswig-Holstein). *Limnologica* 34: 460-478.
- DeShon, J. E. (1995): Development and application of the invertebrate community index (ICI): 217-243. In Davis W. S. & Simon T. P (eds.). *Biological assessment and criteria: Tools for water resource planning and decision making*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Hering, D., Meier, C., Rawer-Jost, C., Feld, C. K., Biss, R., Lohse, S. & Böhmer, J. (2004): Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: selection of candidate metrics. *Limnologica* 34: 398-415.
- Illies, J. & Schmitz, W. (1980): Die Verfahren der biologischen Beurteilung des Gewässerzustandes der Fließgewässer (systematisch-kritische Übersicht). *Studien zum Gewässerschutz* 5, Karlsruhe, 125 S.
- Kolkwitz, R. & Marsson, M. (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2: 126-152.

Literatur

- Küry, D. & Zollhöfer, J. (1993): Gewässerbiologische Erfolgskontrolle des Ausbaus ARA Ergholz I, Sissach. Gas-Wasser-Abwasser 73: 205-211.
- Lenat, D. R. & Barbour M. T. (1994): Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective water quality monitoring: Rapid bioassessment. In: Loeb, S. L. & Spacie, A. (eds.): Biological monitoring of aquatic systems. Lewis Publishers, Boca Raton, FL: 187-215.
- Lenat, D. R. 1983. Chironomid taxa richness: natural variation and use in pollution assessment. *Freshwater Invertebrate Biology (now Journal of the North American Benthological Society)* 2: 192-198.
- Liebmann, H. (1951): Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Band I. R. Oldenbourg Verlag, München, 472 S.
- Lorenz, A., Hering, D., Feld, C. K. & Rolauffs, P. (2004): A new method for assessing the impact of hydromorphological degradation on the macroinvertebrate fauna in five German stream types. *Hydrobiologia* 516: 107-127.
- Marten, M. & Reusch, H. (1992): Anmerkungen zur DIN "Saprobienindex" (38410 Teil 2) und Forderung alternativer Verfahren. *Natur und Landschaft* 67: 544-547.
- Meier, C., Böhmer, J., Biss, R.; Feld, C., Haase, P., Lorenz, A., Rawer-Jost, C., Rolauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A., Zenker, A. & Hering, D. (2006): Weiterentwicklung und Anpassung des nationalen Bewertungssystems für Makrozoobenthos an neue internationale Vorgaben. Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> [Stand Juni 2006].
- Moog, O. (ed.) 1995. *Fauna Aquatica Austriaca*. 1. Auflage, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Pantle, K. & Buck, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserfach. Wasser und Abwasser* 96: 609-620.
- Richardson, R. E. (1928). The bottom fauna of the Middle Illinois River , 1913-1925. *Illinois Natural History Survey Bulletin* 17: 387-475.
- Rolauffs, P., Hering, D., Sommerhäuser, M., Jähniq, S. & Rödiger, S. (2003): Entwicklung eines leitbildorientierten Saprobienindex für die biologische Fließgewässerbewertung. *Umweltbundesamt Texte* 11/03. Forschungsbericht 200 24 227.
- Schmedtje, U. & Colling, M. (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 4/96.
- Schöll, F., Haybach, A. & König, B. (2005): Das erweiterte Potamontypieverfahren zur ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen (Fließgewässertypen 10 und 20: kies- und sandgeprägte Ströme, Qualitätskomponente Makrozoobenthos) nach Maßgabe der EG-Wasserahmenrichtlinie. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 49: 234-247.
- Vannote, R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R. & Cushing C. E. (1980): The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-177.