

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Vielfalt / Diversität	Anzahl Trichoptera-Taxa
------------------------------	--------------------------------

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	10
11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
21	22	23							

Beschreibung

Der Metric gibt die Anzahl der Trichoptera-Taxa wieder.

Formel

Der Index wird wie folgt berechnet:

$$\sum \text{Taxazahl Trichoptera}$$

Referenzen

Entwicklung und Definition

- Lorenz et al. (2004)

Anwendung

- Böhmer et al. (2004)

- Hering et al. (2004)

- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage

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.

Toleranz	Epipotamal-Besiedler [%]									
-----------------	---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{zep} = \frac{\sum_i zep_i \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

zep_i = Punktwert des i-ten Taxons im Epipotamal
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
 N = Gesamtartabundanz (alle Taxa)

Referenzen

<p><u>Entwicklung und Definition</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vannote et al. (1980) <p>Information über die Zonenpräferenzen entnommen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moog, O. (Ed.) (1995) 1. Priorität - Schmedtje & Colling (1996) 2. Priorität - Zusammenstellung des AQEM-Konsortiums 3. Priorität 	<p><u>Anwendung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Böhmer et al. (1999) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)
--	---

Ökologische Aussage Epipotamal-Besiedler sind an die Bedingungen in kleinen Flüssen angepasst: vergleichsweise niedrige Strömungsgeschwindigkeiten, feine Sohlsubstrate, eine 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 (Filtrierer 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).

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.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Epirhithral-Besiedler [%]									
-----------------	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	23						

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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{zer} = \frac{\sum_i zer_i \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

zer_i = Punktwert des i-ten Taxons im Epirhithral
n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
N = Gesamtabundanz (alle Taxa)

Referenzen	<u>Entwicklung und Definition</u>	<u>Anwendung</u>
	<ul style="list-style-type: none"> - Vannote et al. (1980) <p>Information über die Zonenpräferenzen entnommen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moog, O. (Ed.) (1995) 1. Priorität - Schmedtje & Colling (1996) 2. Priorität - Zusammenstellung des AQEM-Konsortiums 3. Priorität 	<ul style="list-style-type: none"> - Böhmer et al. (1999) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage 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.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Litoral-Besiedler [%]									
-----------------	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	23						

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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{zli} = \frac{\sum_i zli_i \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

zli_i = Punktwert des i-ten Taxons im Litoral
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
 N = Gesamtabundanz (alle Taxa)

Referenzen

<p><u>Entwicklung und Definition</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vannote et al. (1980) <p>Information über die Zonenpräferenzen entnommen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moog, O. (Ed.) (1995) 1. Priorität - Schmedtje & Colling (1996) 2. Priorität - Zusammenstellung des AQEM-Konsortiums 3. Priorität 	<p><u>Anwendung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Böhmer et al. (1999) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)
--	---

Ökologische Aussage 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 Makrophytenbewuchs 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).

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

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Metapotamal-Besiedler [%]									
-----------------	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{zmp} = \frac{\sum_i zmp_i \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

zmp_i = Punktwert des i-ten Taxons im Metapotamal
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
 N = Gesamtabundanz (alle Taxa)

Referenzen

<p><u>Entwicklung und Definition</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vannote et al. (1980) <p>Information über die Zonenpräferenzen entnommen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moog, O. (Ed.) (1995) 1. Priorität - Schmedtje & Colling (1996) 2. Priorität - Zusammenstellung des AQEM-Konsortiums 3. Priorität 	<p><u>Anwendung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Böhmer et al. (1999) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)
--	---

Ökologische Aussage 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. Metapotamalarten ernähren sich daher in erster Linie von organischem Feinmaterial. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Sammler (Filterer und Sedimentfresser); Zerkleinerer und Weidegänger sind nur vereinzelt vorhanden. Der Anteil an Epipotamalarten 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.

Toleranz	Metarhithral-Besiedler [%]									
-----------------	-----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	23						

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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{zmr} = \frac{\sum_i zmr_i \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

zmr_i = Punktwert des i-ten Taxons im Metarhithral
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
 N = Gesamtabundanz (alle Taxa)

Referenzen	<u>Entwicklung und Definition</u>	<u>Anwendung</u>
	- Vannote et al. (1980) Information über die Zonenpräferenzen entnommen aus: - Moog, O. (Ed.) (1995) 1. Priorität - Schmedtje & Colling (1996) 2. Priorität - Zusammenstellung des AQEM-Konsortiums 3. Priorität	- Böhmer et al. (1999) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage 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 eingetragen und anschließend zersetzt wird. Die vorherrschenden Ernährungstypen sind Zerkleinerer und Filtrierer, Weidegänger sind in geringerem Umfang vorhanden. Der Anteil an Metarhithralarten verschiebt sich unter dem Einfluss von Faktoren, die die Nahrungskette beeinflussen (z. B. Saprobie, 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.

Toleranz	Deutscher Saprobienindex									
-----------------	---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	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:

$$S = \frac{\sum_i s_i \cdot A_i \cdot G_i}{\sum_i A_i \cdot G_i}$$

s_i = Saprobiewert des i-ten Taxons
 A_i = Abundanzziffer des i-ten Taxons
 G_i = Indikationsgewicht des i-ten Taxons

Referenzen

Entwicklung und Definition

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

Anwendung

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

Ökologische Aussage

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 Saprobienklasse 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 potamalischer Wirkung (Aufstau, Feinsedimenteintrag etc.) zu beobachten. Gewässerversauerung führt zu einer Abnahme des Saprobienindex.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Faunaindex									
-----------------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	23						

Beschreibung Der Index beschreibt auf Grundlage gewässertypspezifischer Indikatorlisten die Auswirkungen morphologischer Degradation auf die Makrozoobenthoszönose eines Fließgewässerabschnitts.

Formel Der Index wird wie folgt berechnet:

$$FI = \frac{\sum_i fw_i \cdot ak_i}{\sum_i ak_i}$$

fw_i = Indikatorwert des i^{ten} Taxons
 ak_i = Abundanzklasse des i^{ten} Taxons ($fw_i \neq 0$)

Die Indikatorwerte 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

Entwicklung und Definition

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

Anwendung

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

Ökologische Aussage

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 Makrozoobenthoszönose.

Reaktion auf Belastung

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

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Pelal-Besiedler [%]									
-----------------	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10	
11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20	
21_N	21_S	22	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

Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{hpe} = \frac{\sum_i hpe_i \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

hps_i = Punktwert des i-ten Taxons für Psammal
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
 N = Gesamtabundanz (alle Taxa)

Referenzen

Entwicklung und Definition
 - Lorenz et al. (2004)

Anwendung
 - Böhmer et al. (2003)

Ökologische Aussage

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 potamalisierende 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 Pelal-Arten bei Belastung durch Ubiquisten ersetzt, so dass ihr Anteil abnimmt.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Phytal-Besiedler [%]									
-----------------	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	23						

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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$P_{hph} = \frac{\sum_i h_{ph} \cdot n_i}{N} \cdot \frac{100}{10}$$

h_{ph_i} = Punktwert des i-ten Taxons für Phytal
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons
 N = Gesamtartabundanz (alle Taxa)

Referenzen Entwicklung und Definition - Lorenz et al. (2004) Anwendung - Böhmer et al. (2003)

Ökologische Aussage 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 nimmt mit steigender Belastung zu, insbesondere durch Eutrophierung und flache Stauhaltungen sowie in kleineren Gewässern auch durch verminderte Beschattung.

Toleranz	Lake Outlet Typology Index / quantitativ (LTI_{quant})
-----------------	---

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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	23						

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 quant‘ darüber hinaus auch deren Abundanzen.

Formel Der Index wird wie folgt berechnet:

$$LTI_{quant.} = \frac{\sum_i (LP_i \cdot A_i \cdot W_i)}{\sum_i (A_i \cdot W_i)}$$

LP_i = Präferenzwert des i-ten Taxons
 A_i = Häufigkeitsklasse des i-ten Taxons
 W_i = Gewichtungsfaktor des i-ten Taxons

Referenzen

<p><u>Entwicklung und Definition</u> - Brunke (2004)</p>	<p><u>Anwendung</u> - Brunke (2004) - Meier et al. (2006)</p>
--	---

Ökologische Aussage Ein niedriger LTI quant-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.) bedeutender 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.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Oligosaprobe [%] (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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21_N	21_S	22	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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$SV_{Z\&M^O} = \frac{\sum_i s_o \cdot n_i}{\sum_i n_i} \cdot \frac{100}{10}$$

s_o = Valenz des i-ten Taxons für oligosaprobe
 n_i = Individuenzahl des i-ten Taxons ($s_i \neq 0$)

Referenzen	<u>Entwicklung und Definition</u>	<u>Anwendung</u>
	Information über die saprobielle Präferenz entnommen aus	- Böhmer et al. (1999)
	- Moog, O. (Ed.) (1995) 1. Priorität	- Böhmer et al. (2003)
	- Zusammenstellung des AQEM-Konsortiums 2. Priorität	- Böhmer et al. (2004)
		- Hering et al. (2004)
		- Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage 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).

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

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

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	10	
11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20	
21_N	21_S	22	23							

Beschreibung

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

Formel

Der Index wird wie folgt berechnet:

$$PTI = \frac{\sum_{i=1}^T (W_i \cdot G_i \cdot \sum_{k=1}^N A_{i,k})}{\sum_{i=1}^T (G_i \cdot \sum_{k=1}^N A_{i,k})} \pm \delta PTI$$

mit ...

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

und

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

$$W_i = 6 - ECO_i$$

Bedingungen für die Gültigkeit:

- (1) Vorgabe für Standardabweichung: $\delta PTI < 0,3$
- (2) Mindestzahl eingestufte Taxa: $T \geq (ECO_{max} - ECO_{min} + 1)$
- (3) Abundanzverhältnis der eingestufte Taxa zu allen Taxa:

$$AV = \frac{100\% \cdot \sum_{i=1}^T (\sum_{k=1}^N A_{i,k})}{\sum_{j=1}^S (\sum_{k=1}^N A_{j,k})} > 50\%$$

Parameter:

PTI	Potamon-Typie-Index von 1 (naturnah) bis 5 (naturfern)	A _{i,k}	relative Abundanz des i-ten Taxon in der k-ten Probe
ECO _i	Standardabweichung	T	Anzahl eingestufte Taxa (mit laufender Nummer i)
ECO _{max}	größter ECO-Wert aller eingestufte Taxa	N	Anzahl der Proben einer Serie (mit lfd. Nummer k)
ECO _{min}	kleinster ECO-Wert aller eingestufte Taxa	S	Gesamtzahl aller nachgewiesene Taxa (mit lfd. Nummer j)
δ PTI	Standardabweichung	AV	Abundanzverhältnis der eingestufte Taxa zu allen Taxa (in %)

Der Potamon-Typie-Index wird anhand der folgenden Vorschrift in die Ökologischen Zustandsklassen überführt:

Ökologische Zustandsklasse		PTI (Asterics 3.1.1)	PTI (Asterics 3.3/4.0)
1	sehr gut	1,00 - 1,90	1,00 - 1,80
2	gut	1,91 - 2,60	1,81 - 2,60
3	mäßig	2,61 - 3,40	2,61 - 3,40
4	unbefriedigend	3,41 - 4,10	3,41 - 4,20
5	schlecht	4,11 - 5,00	4,21 - 5,00

Zur Abschätzung der Validität des PTI sowie zu dessen Korrekturmöglichkeit werden weitere Indizes 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

Entwicklung und Definition
- Schöll et al. (2005)

Anwendung
- Schöll et al. (2005)

Ökologische Aussage

Ein hoher Wert steht für einen großen Anteil an wertgebenden (flusstypischen) Taxa und einen geringen Anteil unspezialisierter Ubiquisten und damit auch für eine weitgehend naturnahe Invertebratenzönose. 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.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Rheindex (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	10
	11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
	21	22	23							

Beschreibung Der Rheindex (nach Banning) gibt das Verhältnis der rheophilen und rheobionten Taxa 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 Der Index wird wie folgt berechnet:

$$RI = \frac{2 * \sum A_{iRIB1}}{2 * \sum A_{iRIB1} + 2 * \sum A_{iRIB2} + \sum A_{iRIB3}}$$

- A_{i RIB1} = Abundanzklasse des i-ten Taxons mit RIB = 1
- A_{i RIB2} = Abundanzklasse des i-ten Taxons mit RIB = 2
- A_{i RIB3} = Abundanzklasse des i-ten Taxons mit RIB = 3
- RIB = Bezeichnung des relevanten Datenbankfeldes

Referenzen	<u>Entwicklung und Definition</u>	<u>Anwendung</u>
	- Banning (1998)	- Böhmer et al. (1999) - Böhmer et al. (2003) - Böhmer et al. (2004) - Hering et al. (2004) - Meier et al. (2006)

Ökologische Aussage Der Rheindex 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 größeren Substraten assoziiert sind, wirken sich auch stoffliche Belastungen und Substratveränderungen auf den Rheindex aus.

Reaktion auf Belastung Der Metric 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.

Kurzdarstellung „Core Metrics Makrozoobenthos“

Toleranz	Säureklasse
-----------------	--------------------

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	10
11	12	14	15	15_groß	16	17	18	19	20
21_N	21_S	22	23						

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. Hierzu wurde jedem Indikatortaxon ein Wert zugewiesen, der der höchsten Säureklasse entspricht, 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

Ermittlung der Säureklasse:

Zur Ermittlung des Säurezustands werden die Häufigkeitsklassen aller Indikatorarten, beginnend bei den säureempfindlichsten Taxa der Säureklasse 1, solange addiert, bis ein Schwellenwert von 4 erreicht wird. Die Säureklasse, bei der das passiert, bestimmt den Säurezustand der Probe. Wird der Schwellenwert nicht erreicht, so sind zu wenig eingestufte Organismen vorhanden und der Säurezustand kann nicht ermittelt werden.

Vergabe einer Qualitätsklasse:

Bei Gewässern des Typs 5 entspricht die Säureklasse automatisch der Qualitätsklasse im Modul „Versauerung“, da es sich hier um natürlicherweise neutrale Gewässer handelt (Referenzzustand = Säurezustand 1).

Für Gewässer des Typs 5.1 wird hingegen die Säureklasse 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 angehoben werden, wie die Säureklasse unter Referenzbedingungen von 1 abweicht.

Referenzen

Entwicklung und Definition

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

Anwendung

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

Ökologische Aussage

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.

**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.

- Küry, D. & Zöllhöfer, 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., Jähnig, 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.