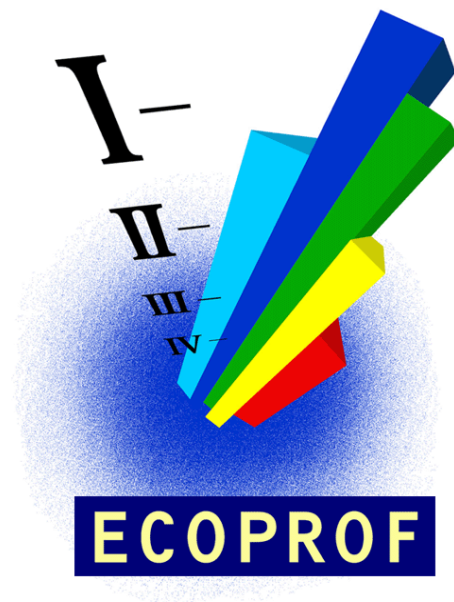


# Allgemeine Berechnungsgrundlagen



# Makrozoobenthos

## Häufigkeiten und Biomassen

- Die Einzelergebnisse der Probenstellen (Parallelproben) eines Teillebensraumes werden arithmetisch gemittelt.
- Die Häufigkeiten der Taxa der Probenstellen (Parallelproben) eines Teillebensraumes werden arithmetisch gemittelt. Mit diesen gemittelten Häufigkeiten werden die Berechnungen durchgeführt.

oder

- Die Berechnungen werden je Probenstelle (Parallelprobe) durchgeführt. Anschließend werden daraus die Mittelwerte berechnet.

Alle Einstufungen richten sich nach der **FAUNA AQUATICA AUSTRIACA** (Moog [Ed.] 1995, 2002, 2004).

## Saprobität

### Saprobienindices

Der Saprobienindex SI ist eine von PANTLE & BUCK (1955) eingeführte und von ZELINKA & MARVAN (1961) durch die saprobielle Valenz und das Indikationsgewicht erweiterte Maßzahl zwischen 1 und 4. Die Ermittlung des Indikationsgewichtes richtet sich nach SLADECEK (1964).

**PANTLE & BUCK (1955)**

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

SI	Saprobienindex der Zönose
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
$s_i$	Saprobienwert des i-ten Taxons
n	Anzahl der Taxa

### ZELINKA & MARVAN (1961)

Grundlage ist die Berechnungsart nach PANTLE & BUCK, zusätzlich wird noch das Indikationsgewicht miteinbezogen:

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

SI	Saprobienindex der Zönose
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
$s_i$	Saprobienwert des i-ten Taxons
$G_i$	Indikationsgewicht des i-ten Taxons
n	Anzahl der Taxa

### Saprobielle Valenzen nach ZELINKA & MARVAN (1961)

Der Anteil der saprobiellen Valenz in der xenosaproben Gütestufe errechnet sich wie folgt:

$$V_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot A_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}$$

$V_x$	Anteil der saprobiellen Valenz in der xenosaproben Gütestufe
$x_i$	Anteil der xenosaproben Valenz des i-ten Taxons
$G_i$	Indikationsgewicht
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
n	Anzahl der Taxa

Analog wird für alle anderen Gütestufen verfahren. Die Möglichkeit der Darstellung der einzelnen Gütestufen mittels Balkendiagramm erleichtert die Erkennung von Schwerpunkten innerhalb der Gütestufen und somit die Interpretation der saprobiellen Situation.

### Streuungsmaß nach MARVAN et al. (1980)

Für die Berechnung der Streuung des Mittelwerts des Saprobienindex steht folgende Formel zu Verfügung:

$$ST = \pm \sqrt{\frac{\sum (s_i - SI)^2 \cdot A_i}{(n-1) \cdot \sum A_i}}$$

ST	Streuung
SI	Saprobienindex
$s_i$	Saprobienwert des i-ten Taxons
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
n	Anzahl der eingestufteten Taxa

## Biozönotische Regionen

### Längenzonale Verteilung nach biozönotischen Regionen

Die Methode der längenzonalen Verteilung nach biozönotischen Regionen beruht auf der Tatsache, dass im Längsverlauf einer unbeeinflussten Fließstrecke jeweils typische Zönosen einander ablösen. Der eukrenale Anteil an der Gesamtzönose berechnet sich wie folgt:

$$R_{euk} = \frac{\sum_{i=1}^n euk_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$R_{euk}$	eukrenaler Anteil an der Gesamtzönose
$euk_i$	Anteil der eukrenalen Valenz des i-ten Taxons
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
$n$	Anzahl der Taxa

Analog wird für alle anderen Anteile der Zönose verfahren.

### Regionsindex (LZI - Longitudinal Zonation Index)

Zur weiteren biozönotischen Charakteristik stellt ECOPROF einen Regionsindex in mehreren Varianten zur Verfügung.

Für die Berechnung wird zuerst für jedes Taxon ein "Regionswert", der analog zum Saprobienwert der Einzelart ermittelt wird, eingeführt.

#### Regionswert einer Art

$$R_i = \frac{Euk + Hyk \cdot 2 + Er \cdot 3 + Mr \cdot 4 + Hr \cdot 5 + Ep \cdot 6 + Mp \cdot 7 + Hp \cdot 8 + Lit \cdot 9 + Pro \cdot 10}{10}$$

$R_i$	Regionswert einer Art
Euk	eukrenaler Einstufungswert
Hyk	hypokrenaler Einstufungswert
Er	epirhithraler Einstufungswert
Mr	metarhithraler Einstufungswert
Hr	hyporhithraler Einstufungswert
Ep	epipotamaler Einstufungswert
Mp	metapotamaler Einstufungswert
Hp	hypopotamaler Einstufungswert
Lit	litoraler Einstufungswert
Pro	profundaler Einstufungswert

Der ungewichtete Index errechnet sich analog zu PANTLE & BUCK (1955).

$$LZI = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot r_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

LZI	Longitudinal Zonation Index der Gesamtzönose
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
$r_i$	Regionswert des i-ten Taxons
$n$	Anzahl der Taxa

## Regionsindex gewichtet (LZI - Longitudinal Zonation Index)

Auch für den LZI gibt es eine gewichtete Variante. Die Berechnung des Gewichtes erfolgt nach einer Formel der ARGE LIMNOLOGIE (Innsbruck). Die Formel des Regionsindex entspricht jener von ZELINKA & MARVAN (1961).

$$LZI(gew) = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot A_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}$$

LZI	Longitudinal Zonation Index der Gesamtzönose
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
$r_i$	Regionswert des i-ten Taxons
$G_i$	Indikationsgewicht des i-ten Taxons
n	Anzahl der Taxa

## Regionsindex für biozönotische Haupt-Regionen (RIZI)

Beim Haupt-Regionsindex werden Litoral und Profundal nicht berücksichtigt. Die 10 Punkte jedes eingestuftes Taxons werden auf die restlichen 8 Regionen aufgeteilt. Danach wird der Regionswert für jedes Taxon wie oben dargestellt errechnet. Die Indicesberechnungen erfolgen analog zu jenen des LZI.

## Ernährungstypenanalyse

### Verteilung der funktionellen Fresstypen

Die Analyse der Ernährungstypen erlaubt eine dynamische Sicht der ökologischen Zusammenhänge der Aufbau-, Umbau- und Mineralisationsprozesse. Diese laufen bei ungestörten Verhältnissen in einem Fließgleichgewicht ab, welches sich im Längsschnitt eines Gewässers durch die Relation von Assimilation und Respiration beschreiben lässt. Die Ernährungstypenverteilung ermöglicht eine indirekte Beurteilung dieser Prozesse. Die Berechnung der funktionellen Ernährungstypen erfolgt in gleicher Weise wie die Berechnung der längenzonalen Verteilung. Der Anteil der Zerkleinerer an der Gesamtzönose errechnet sich daher wie folgt:

$$E_{ZKL} = \frac{\sum_{i=1}^n zkl_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$E_{ZKL}$	Zerkleinereranteil an der Gesamtzönose
$zkl_i$	Anteil der Zerkleinerer-Valenz des i-ten Taxons
$A_i$	Abundanz des i-ten Taxons
n	Anzahl der Taxa

Analog wird für alle anderen Anteile der Zönose verfahren.

## Ernährungstypen-Indices (nach SCHWEDER, 1992)

Die Indices gehen davon aus, dass in kleinen Fließgewässern unter den Primärkonsumenten die Weidegänger und Zerkleinerer bzw. in großen die Filtrierer und Detritusfresser überwiegen.

- **RETI** Rhithron - Ernährungstypen – Index

$$RETI = \frac{E_{WEI} + E_{ZKL}}{E_{WEI} + E_{ZKL} + E_{FIL} + E_{DET}}$$

$E_{WEI}$	Weidegängeranteil an der Gesamtzönose
$E_{ZKL}$	Zerkleinereranteil an der Gesamtzönose
$E_{FIL}$	Filtriereranteil an der Gesamtzönose
$E_{DET}$	Detritusfresseranteil an der Gesamtzönose

- **PETI** Potamon - Ernährungstypen – Index

$$PETI = \frac{E_{FIL} + E_{DET}}{E_{WEI} + E_{ZKL} + E_{FIL} + E_{DET}}$$

$E_{WEI}$	Weidegängeranteil an der Gesamtzönose
$E_{ZKL}$	Zerkleinereranteil an der Gesamtzönose
$E_{FIL}$	Filtriereranteil an der Gesamtzönose
$E_{DET}$	Detritusfresseranteil an der Gesamtzönose

### Haupt-Fresstypen (HFT)

In ECOPROF wird die Verteilung der funktionellen Fresstypen auch für Haupt-Fresstypen (Zerkleinerer (ZKL), Weidegänger (WEI), Filtrierer (FIL, bestehend aus aktiven und passiven Filtrierern), Detritusfresser (DET)) angeführt. Dabei wird die errechnete Verteilung prozentuell auf die Hauptfresstypen bezogen.

Der Anteil der Zerkleinerer an den Haupt-Fresstypen wird wie folgt berechnet:

$$HFT_{ZKL} = \frac{E_{ZKL}}{E_{WEI} + E_{ZKL} + E_{FIL} + E_{DET}} \cdot 100$$

$HFT_{ZKL}$  Anteil der Zerkleinerer an den Haupt-Fresstypen in Prozent

$E_{WEI}$	Weidegängeranteil an der Gesamtzönose
$E_{ZKL}$	Zerkleinereranteil an der Gesamtzönose
$E_{FIL}$	Filtriereranteil an der Gesamtzönose
$E_{DET}$	Detritusfresseranteil an der Gesamtzönose

Analog wird für alle anderen Haupt-Fresstypen verfahren.

### Diversitätsindices

- **SHANNON & WEAVER** (1963)

Die Werte dieses Index schwanken im Bereich von 0 bis  $\infty$ ; je größer die Zahl desto größer ist die Artenvielfalt.

$$D = -\sum \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}$$

$n_i$	Individuenzahl der i-ten Art
$N$	Gesamtindividuenzahl

- **WILHM & DORRIS** (1968)

Die Werte dieses Index schwanken im Bereich von 0 bis  $\infty$ ; je größer die Zahl desto größer ist die Artenvielfalt.

$$D = -\sum \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N}$$

$n_i$	Individuenzahl der i-ten Art
$N$	Gesamtindividuenzahl

- **MARGALEF**

$$D = \frac{T-1}{\ln N}$$

$T$	Taxazahl
$N$	Gesamtindividuenzahl

- **BRILLOUIN**

$$D = \frac{\ln N}{\Pr n_i}$$

$\Pr$	Produkt
$n_i$	Individuenzahl der i-ten Art
$N$	Gesamtindividuenzahl

• **EVENESS**

Die Eveness ist eine normierte Kenngröße für die Strukturiertheit bzw. Ausgewogenheit einer Lebensgemeinschaft und errechnet sich wie folgt:

$$E = \frac{D}{\ln T}$$

D      Shannon-Index  
T      Taxazahl

**Chi<sup>2</sup>-Test und Vertrauensgrenzen (nach ELLIOTT, 1977)**

**Chi<sup>2</sup>-Test**

1. Mittelwert:  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

2. Varianz:  $s^2 = \frac{\sum(x^2) - (\sum x)^2 / n}{n - 1}$

3. Prüfen, ob Einzelwerte innerhalb der 95% Schranken des Mittelwertes liegen.  
x innerhalb ± 95% von  $\bar{x}$

4. Chi<sup>2</sup>-Test

a) n ≤ 31

$\chi^2 = \frac{s^2 v}{x}$	$v = n - 1$	Freiheitsgrade
	$\chi^2_{(0,975;v)} \leq \chi^2 \leq \chi^2_{(0,025;v)}$	Poisson, Zufallsverteilung
	$\chi^2_{(0,975;v)} > \chi^2$	Normalverteilung
	$\chi^2 < \chi^2_{(0,025;v)}$	geklumpt

b) n > 31

$\chi^2 = \frac{s^2 v}{x}$	$d = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2v - 1}$	
	<u>VB = 95%</u> -1,96 < d < 1,96	Poisson, Zufallsverteilung
	-1,96 ≥ d	Normalverteilung
	1,96 ≤ d	geklumpt
	<u>VB = 99%</u> -2,58 < d < 2,58	Poisson, Zufallsverteilung
	-2,58 ≥ d	Normalverteilung
	2,58 ≤ d	geklumpt

## 95% - Vertrauensgrenzen

$n > 30$

$$95\%CI = \bar{x} \pm t \cdot \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$t = z_{\alpha} + \frac{(z_{\alpha}^3 + z_{\alpha})}{4 \cdot \nu}$$

$z_{\alpha} = 1,96$	95%
$z_{\alpha} = 1,645$	90%
$z_{\alpha} = 2,576$	99%
$z_{\alpha} = 3,291$	99,9%

$\nu = n - 1$

$n \leq 30$  (POISSON)

$$95\%CI = \bar{x} \pm t \cdot \sqrt{\frac{x}{n}}$$

$n \leq 30$  (contagious)

a)  $x \geq 0$

$$y = \log x$$

$$\bar{y} = \Sigma y / n$$

$$s_y^2 = \frac{\Sigma(y - \bar{y})^2}{n - 1} = \frac{\Sigma(y^2) - (\Sigma y)^2 / n}{n - 1}$$

$$95\% CI = \text{antilog} \left( \bar{y} \pm t \cdot \sqrt{\frac{s_y^2}{n}} \right)$$

b)  $x \geq 0$

$$y = \log(x + 1)$$

$$95\%CI = \left[ \text{anti log} \left( \bar{y} \pm t \cdot \sqrt{\frac{s_y^2}{n}} \right) \right] - 1$$

## Vertrauensbereich

$$\bar{x} - VBWert \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + VBWert \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

VBWert		
90,00%-VB	1,6449	$\alpha = 0,10$
95,00%-VB	1,9600	$\alpha = 0,05$
99,00%-VB	2,58758	$\alpha = 0,01$
99,90%-VB	3,2905	$\alpha = 0,001$
99,99%-VB	3,8906	$\alpha = 0,0001$
zweiseitig		



$$\bar{x} - t \sqrt{\frac{s^2}{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

t aus Tabelle bzw. errechnet wie folgt

$$t_{v;\alpha} = z_{\alpha} + \frac{(z_{\alpha}^3 + z_{\alpha})}{4 \cdot v} = 1,96 + \frac{9,489536}{4 \cdot v}$$

P	$\alpha$	$z_{\alpha}$
90,0%	0,10	1,645
95,0%	0,05	1,960
99,0%	0,01	2,576
99,9%	0,001	3,291

### Legende

d	Variable
n	Anzahl der Proben
s	Standardabweichung
$s^2$	Varianz
t	Student's t-Statistik
v	Freiheitsgrade
x	Variate
$\bar{x}$	arithmetisches Mittel
$\bar{v}$	transformierte Variate
$\bar{y}$	arithmetisches Mittel der transformierte Variate
$\sigma$	Standardabweichung
$\sigma^2$	Varianz

# Algen

## Saprobität

Die Berechnung des Gesamt-Saprobienindex nach dem (Algen-)Aufwuchs basiert auf der *gemeinsamen* Verrechnung von "Nicht-Kieselalgen" (Makroalgen + Mikroalgen + allfällige relevante Bakterien/Pilze) einerseits und Kieselalgen andererseits, und zwar nach der unten angegebenen Formel. In die Berechnung des Gesamt-Saprobienindex gehen demzufolge die "Nicht-Kieselalgen" gleichwertig mit den Kieselalgen ein (beide Gruppen summieren sich jeweils zu 100% relativer Häufigkeit auf). Ein- und dieselbe Art darf nur jeweils einer Gruppe zugeordnet werden (Makroalgen oder Mikroalgen oder Kieselalgen)

### Saprobienindex nach ZELINKA & MARVAN (1961)

Grundlage ist die Berechnungsart nach PANTLE & BUCK, zusätzlich wird noch das Indikationsgewicht miteinbezogen:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot H_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n H_i \cdot G_i}$$

SI	Saprobienindex der Zönose
H <sub>i</sub>	Häufigkeitsangabe der i-ten Art in % in Abhängigkeit von der taxonomischen Gruppe
s <sub>i</sub>	Saprobienwert des i-ten Taxons
G <sub>i</sub>	Indikationsgewicht des i-ten Taxons
n	Anzahl der Taxa

### Saprobielle Valenzen nach ZELINKA & MARVAN (1961)

Der Anteil der saprobiellen Valenz in der xenosaprobien Gütestufe errechnet sich wie folgt:

$$V_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot H_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n H_i \cdot G_i}$$

V <sub>x</sub>	Anteil der saprobiellen Valenz in der xenosaprobien Gütestufe
x <sub>i</sub>	Anteil der xenosaprobien Valenz des i-ten Taxons
G <sub>i</sub>	Indikationsgewicht
H <sub>i</sub>	Häufigkeitsangabe der i-ten Art in % in Abhängigkeit von der taxonomischen Gruppe
n	Anzahl der Taxa

Analog wird für alle anderen Gütestufen verfahren. Die Möglichkeit der Darstellung der einzelnen Gütestufen mittels Balkendiagramm erleichtert die Erkennung von Schwerpunkten innerhalb der Gütestufen und somit die Interpretation der saprobiellen Situation.

## Trophieindex

Die Berechnung des Trophieindex der Probenstelle erfolgt unter Verwendung der Trophiewerte und Gewichtungen nach der folgenden Formel:

$$TI = \frac{\sum_{i=1}^n TW_i \cdot G_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot H_i}$$

TI-Gesamt	Trophieindex (alle taxonomische Gruppen)
$TW_i$	Trophiewert der i-ten Art
$G_i$	Indikationsgewicht der i-ten Art
n	Anzahl der Arten
$H_i$	Häufigkeitsangabe der i-ten Art in % in Abhängigkeit von der taxonomischen Gruppe

$$TI_{KA} = \frac{\sum_{i=1}^n TW_i \cdot G_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot H_i}$$

TI-Kieselalgen	Trophieindex (nur Kieselalgen)
$TW_i$	Trophiewert der i-ten Art
$G_i$	Indikationsgewicht der i-ten Art
n	Anzahl der Arten
$H_i$	Häufigkeitsangabe der i-ten Art in % in Abhängigkeit der 500 gezählten Kieselalgenschalen

$$TI_N = \frac{\sum_{i=1}^n NZ_i \cdot G_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot H_i}$$

TI-Stickstoff	Trophieindex nach Stickstoff (alle taxan. Gruppen)
$NZ_i$	Stickstoffzahl der i-ten Art
$G_i$	Indikationsgewicht der i-ten Art
n	Anzahl der Arten
$H_i$	Häufigkeitsangabe der i-ten Art in % in Abhängigkeit der 500 gezählten Kieselalgenschalen

## Algenmengenindex

Um die tatsächlichen Algenmengen an einer Probenstelle zu beschreiben, wurde eine neue Kenngröße für den Algenaufwuchs kreiert, der AMI (Algenmengenindex).

$$AMI = \sum_{i=1}^n DG_i \cdot SD_i$$

AMI	Algenmengenindex
$DG_i$	Deckungsgrad des i-ten Mikroalgenmischbestandes (absoluter %-Anteil/100)
$SD_i$	Schichtdicke des i-ten Mikroalgenmischbestandes in mm
n	Anzahl der Mikroalgenmischbestände