

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 84 (1995)

Heft: 1-2

Artikel: Die Makroinvertebraten der Glâne-Mündung (Kt. Freiburg/Schweiz) : eine faunistisch-ökologische Studie

Autor: Friedli, Alexandra

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308740>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Makroinvertebraten der Glâne-Mündung (Kt. Freiburg/Schweiz), eine faunistisch-ökologische Studie

VON ALEXANDRA FRIEDLI,
Zoologisches Institut, Abteilung Entomologie, Universität Freiburg,
Pérolles, CH-1700 Fribourg (Schweiz)

1. Einleitung

Diese Studie beschäftigt sich mit der Gewässergütebeurteilung aus biologischer Sicht. Die biologisch-ökologische Beurteilung der Gewässer geht von dem Ansatz aus, daß man, ohne die chemischen Abwasserverhältnisse im einzelnen zu kennen, aus der biologischen Situation auf die jeweilige Belastungssituation schließen kann. Von den verschiedenen Methoden, die es gibt, um die Wasserqualität zu beurteilen, habe ich die biologische Methode von VERNEAUX & TUFFERY (1967) gewählt. Diese stützt sich auf das Studium der Benthos-Makroinvertebraten-Biozönosen. Mit Hilfe der Biozönosen können organische und anorganische Belastungen in fließenden Oberflächengewässern erkannt und der Gewässerzustand charakterisiert werden. Der Zustand einer Biozönose wird durch die Ziffer des «Biotischen Index» ausgedrückt.

Zur Beurteilung der Gewässergüte kann fast jeder Organismus als Bioindikator dienen (KLEE, 1993). Seine Anwesenheit in einer Biozönose des Wassers zeigt, daß er hier zureichende Lebensbedingungen (Nahrung, Strömungsverhältnisse, Sauerstoffgehalt usw.) findet, Gegenüber Störungen wie zum Beispiel Sauerstoffarmut, Stickstoff- und Phosphatanstieg reagieren die Organismen sehr unterschiedlich. Eurypotente Arten ertragen entsprechend ihrer Anpassungsfähigkeit starke Schwankungen eines oder mehrerer ökologischer Faktoren und reagieren weniger empfindlich als stenopotente (LAMPPEL, 1973; BICK, 1982). Deshalb sind die eurypotenten Organismen nur beschränkt als Indikatoren zu benutzen.

Besonders geeignet als Bioindikatoren sind stenopotente Arten, d.h. solche mit geringer Reaktionsbreite gegenüber den betreffenden Umweltfaktoren. Stenopotente Arten können positive Indikatoren sein, d.h. ihr Auftreten zeigt die Wirkung eines bestimmten Faktors an. Sie können aber auch negative Indikatoren sein. In diesem Fall stellt das Fehlen einer Art in einem sonst für sie geeignet erscheinenden Lebensraum einen Hinweis auf das Vorhandensein eines oder mehrerer Schadfaktoren.

Wichtige biologische Leitorganismen sind stenopotente Vertreter der Ordnungen Plecoptera (Steinfliegen), Ephemeroptera (Eintagsfliegen), Trichoptera (Köcherfliegen) und Diptera (Zweiflügler), denn sie sind, bedingt durch ihre zum Teil mehrjährige Larvalentwicklung im Wasser, auf ein relativ stabiles und der Art entsprechendes Milieu angewiesen. Die biologische Analyse liefert Resultate über einen länger andauernden Zeitraum.

Wichtig für die Beurteilung der Gewässergüte sind auch die physikalisch-chemischen Parameter wie Fließgeschwindigkeit, Stickstoff-, Phosphat- und Sauerstoffgehalt. Jedoch liefert die physikalisch-chemische Analyse nur Resultate vom Momentanzustand des Gewässers.

Ich beobachtete den biotischen Index während der Monate Juni–Oktober 1995. Es interessierte mich, ob sich der biotische Index während dieser Zeit verändert, aufgrund welcher Makroinvertebraten er bei Gleichheit oder Ähnlichkeit zustande kommt (Feststellung jahreszeitlicher Verschiedenheiten in der Faunenzusammensetzung) und ob sich die Resultate der biologischen Untersuchungsmethode mit der physikalisch-chemischen Analyse vergleichen lassen.

2. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

2.1. Untersuchungsgebiet

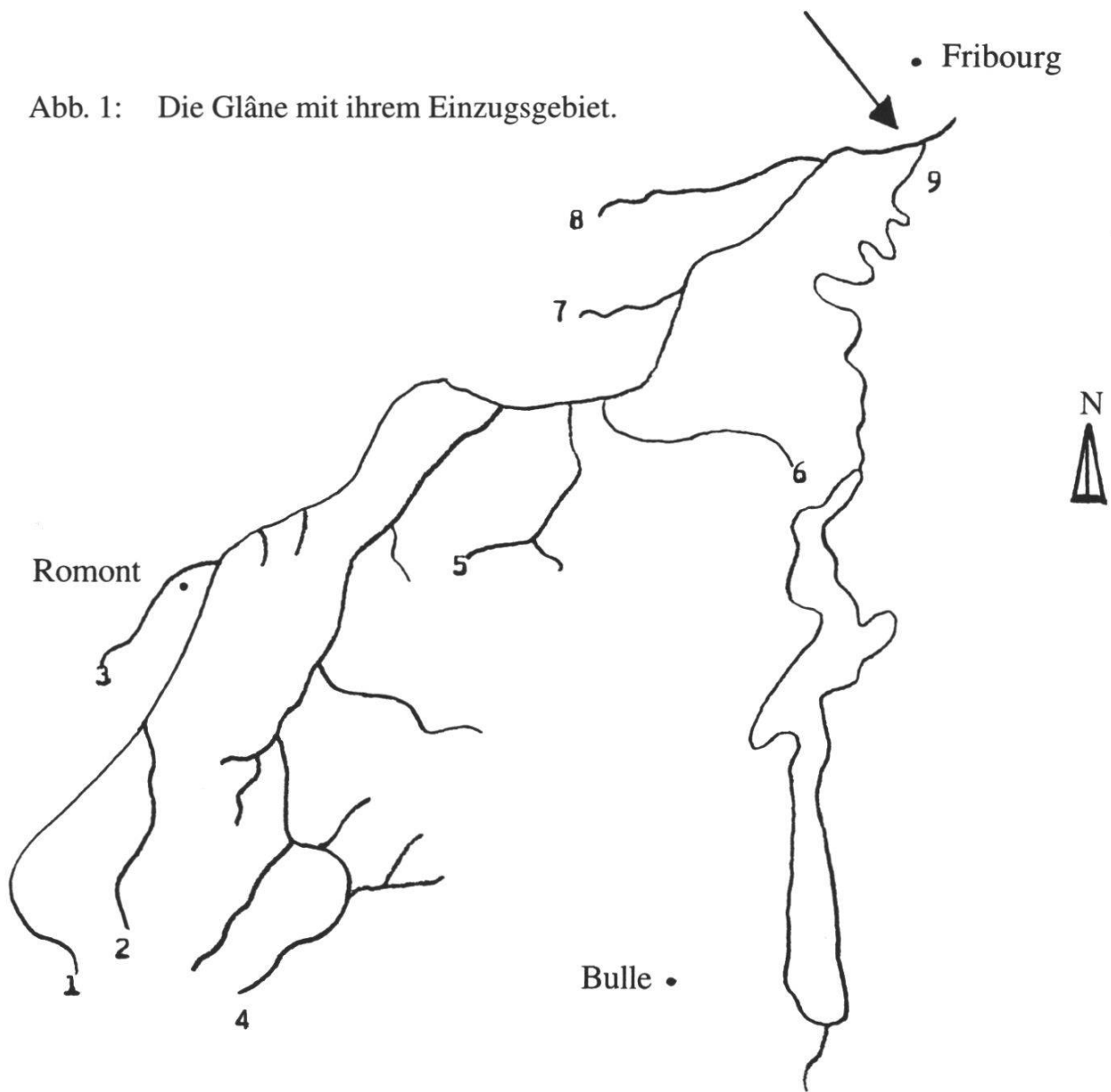
Die Probenentnahmestelle befand sich in der Glâne bei Villars-sur-Glâne im Kanton Freiburg (Koordinaten: 575.4/181.5) auf einer Höhe von ungefähr 572 m über dem Meer. Abgesehen von Romont ist im Einzugsgebiet der Glâne kaum Industrie vorhanden, aber aus der Landwirtschaft werden ihr organische Stoffe zugeführt.

Abb. 1 zeigt das Einzugsgebiet der Glâne. Die Glâne (1) entspringt in der Gemeinde Bouloz auf einer Höhe von 845 m. Nach 35 km mündet sie nahe Freiburg auf einer Höhe von 560 m in die Saane (9). Das mittlere Gefälle beträgt 8 m/km (NOËL & FASEL, 1985).

Die wichtigsten Zuflüsse der Glâne (1) sind:

- 2 Ruisseau de Chavannes
- 3 Glaney
- 4 Neirigue
- 5 Ruisseau du Glèbe
- 6 Longive
- 7 Ruisseau de Cottens
- 8 Bagne

Abb. 1: Die Glâne mit ihrem Einzugsgebiet.



In Abb. 2 sieht man das Flußprofil der untersuchten Stelle. Zur Zeit der Messung am 18.10.1995 betrug die Breite der Glâne 14 Meter. Da im Oktober die Niederschlagsmenge sehr klein war (Abb. 7), betrug die tiefste Stelle beim gemessenen Querschnitt nur 55 cm. Die Breite des Flußbettes variiert zwischen ca. 13 und 20 Metern, je nach Niederschlagsmenge. Nach NOËL & FASEL (1985) ist die Glâne ein kleiner Fluß.

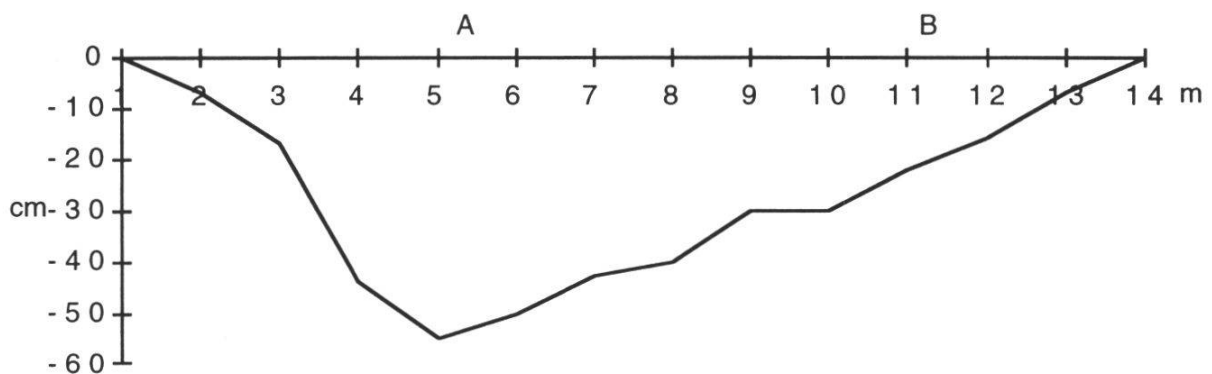


Abb. 2: Flußprofil vom 18.10.1995 mit lotischer (A) und lentischer (B) Probenentnahmestelle.

In der Fließwasser-Limnologie werden drei Gewässerbereiche unterschieden, die als Krenon (Quellen), Rhithron (Bäche und kleine Flüsse) sowie Potamon (Flüsse und Ströme) bezeichnet werden. Diese sind noch in Eu- und Hypokrenon, Epi-, Meta- und Hyporhithron bzw. -potamon unterteilt (ILLIES & BOTOSANEANU, 1963). Die Glâne befindet sich im Metarhithron. Von den über 3100 Fließwassertierarten sind gut die Hälfte Tiere des Rhithrons (BREHM & MEIJERING, 1982).

Andere Limnologen teilen die Gewässer nach den vorkommenden Fischen ein. Nach LIEBMANN (1951) befindet sich die Glâne in der Äschenregion. Er ordnet dieser Region Bäche und kleine Flüsse mit geringer Strömung, tieferem Wasser, wechselnd sandigem, steinigem oder weichem Boden und mit vielen Mäandern und ruhigen Buchten zu.

Den geologischen Untergrund prägen Molasse und kalkhaltige Sedimente. Dadurch lädt sich das Wasser mit Karbonaten, Bikarbonaten und Calcium auf und wird hart. Die Glâne ist ein Karbonatgewässer. Die Einteilung in Karbonat- oder Silikatgewässer erfolgt aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit. Karbonatgewässer enthalten Leitfähigkeits-Werte über 400 Mikrosiemens/cm. Charakteristisch für Karbonatgewässer sind hohe Karbonat-, Calcium- und Gesamthärte, niedrige Silikatkonzentrationen, gekoppelt mit einem pH um 8, relativ hohe Leitfähigkeit und hohes Säurebindungsvermögen (BRAUKMANN, 1987).

Die Substratzusammensetzung, welche von der Fließgeschwindigkeit beeinflusst wird, ist sehr wichtig für die Besiedlung der Gewässer mit Makroinvertebraten. Durch die unterschiedliche Substratzusammensetzung entstehen verschiedene ökologische Nischen. Nach PERRET (1977) kann man 6 verschiedene Korngrößen unterscheiden:

- | | |
|---------------|-------------|
| 1. Steine | > 200 mm |
| 2. Grobkies | 20–200 mm |
| 3. Mittelkies | 2–20 mm |
| 4. Feinkies | 0,2–2 mm |
| 5. Grobsand | 0,02–0,2 mm |
| 6. Mittelsand | < 0,02 mm |

In der lotischen Zone (hier fließt das Wasser schnell) dominieren Steine mit einem Durchmesser von > 200 mm. Daneben findet man aber auch alle anderen Korngrößen.

In der lentischen, ufernahen Zone dominiert Grobkies von 20–200 mm Korngröße. Daneben gibt es viel Mittel- und Feinkies und Sand. Durch die geringe Wasserströmung werden Feinsedimente und vor allem im Herbst viel Fallaub abgelagert.

2.2. Biologische Untersuchungsmethode

2.2.1. Sammeln und Bestimmen

Von Juni–Oktober 1995 sammelte ich in Abständen von etwa 2 Wochen die Benthos-Makroinvertebratenfauna der Glâne an der in Abb. 1 eingezeichneten Stelle. Dazu benützte ich einen modifizierten Surber-Sampler (Maschenweite: 0,7 mm; Rahmenbreite 30 cm). Damit konnten Organismen, die größer als 1 mm sind, gefangen werden. Die Fließwassertiere leben selten auf der Oberseite überströmter Steine oder allenfalls nur zeitweilig. Meist halten sie sich in strömungsgeschützten

Nischen oder auf der Unterseite von Steinen auf. Deshalb stellte ich das Netz in die Strömung und wühlte mit der Hand und den Füßen den Boden mechanisch auf. Dabei wurden die Tiere weggeschwemmt und gelangten so ins Netz. Auch natürlich weggedriftete Tiere wurden vom Netz aufgefangen. Außerdem hob ich einige Steine aus dem Wasser und suchte sie nach Tieren ab. Dabei konnte ich des öfteren Hirudineen finden.

Aufgrund der unterschiedlichen Strömungsverhältnisse ist die Fauna-Zusammensetzung am Ufer und in der Mitte des Flusses verschieden. Deshalb sammelte ich je 3 lentische und 3 lotische Proben. Für die Auswertung habe ich die lentischen und die lotischen Proben jeweils zusammengefaßt.

Den Inhalt des Netzes löste ich in eine Fotoschale (Masse: $38 \times 30 \times 6$ cm), um grob zu sortieren (Entfernung von Blättern und Steinen). Die Organismen gab ich in Thermosgefäße, um die Proben ins Labor zu transportieren. Dort schüttete ich den Inhalt wieder in die Fotoschale, und mit einer feinen Federstahlpinzette nahm ich die Organismen aus dem Wasser. Diese überführte ich sofort in 80%igen Alkohol zum Abtöten und Konservieren.

Mit Hilfe eines Binokulars bestimmte ich die gefangenen Tiere.

Verwendete Bestimmungsliteratur:

- TACHET et al. (1984): «Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces»
 STUDEMANN et al. (1992): «Ephemeroptera»
 STRESEMANN
 (1986, 1990, 1992): «Exkursionsfauna»
 MÜLLER (1985): «Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände»
 ENGELHARDT (1989): «Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?»

Die Bestimmung erfolgte nicht immer bis zur Art, sondern bis zu der in Tab. 1 angegebenen jeweiligen systematischen Einheit.

Ordnung	Systematische Einheit (S.E.)
Plecoptera	Gattung
Ephemeroptera	Gattung
Mollusca	Gattung
Heteroptera	Gattung
Trichoptera	Familie
Coleoptera	Familie
Crustacea	Familie
Diptera	Familie
Hirudinea	Art
Oligochaeta	Präsenz
Nematoda	Präsenz
Hydracarina	Präsenz

Tab 1: Systematische Einheiten (nach VERNEAUX & TUFFERY, 1967).

2.2.2. Auswertung

Für die Auswertung der erhaltenen Daten verwendete ich die praktische zoologische Methode zur Bestimmung der biologischen Qualität in fließenden Gewässern nach VERNEAUX & TUFFERY (1967). Der Biozönosenwert wird durch eine Ziffer (= Biotischer Index) ausgedrückt. Die Werte gehen von 0–10, wobei die Ziffer 10 die unbelastete und Ziffer 0 die am stärksten belastete Gewässersituation wiedergibt (Tab. 2).

1	2	3					
Faunistische Gruppe	Untergruppe	Totale Anzahl vorhandener systematischer Einheiten (S.E.)					
		0 - 1	2 - 5	6 - 10	11 - 15	> 15	
		Biotischer Index (B.I.)					
1 Plecoptera	1	> 1 S.E.	-	7	8	9	10
Ecdyonurus	2	1 S.E.	5	6	7	8	9
2 Trichoptera	1	> 1 S.E.	-	6	7	8	9
mit Köcher	2	1 S.E.	5	5	6	7	8
3 Ancyliidae, Ephemeroptera	1	> 2 S.E.	-	5	6	7	8
ohne Ecdyonurus	2	< od. 2 S.E.	3	4	5	6	7
4 Aphelocheirus, Odonata, Gammaridae oder Mollusca (ohne Sphaeriidae + Ancyliidae)	0	Alle oberen S.E. fehlen	3	4	5	6	7
5 Asellus, Hirudinea, Sphaeriidae oder Hemiptera (ohne Aphelocheirus)	0	Alle oberen S.E. fehlen	2	3	4	5	-
6 Tubificidae oder Chironominae der Gruppe thummi-plumosus	0	Alle oberen S.E. fehlen	1	2	3	-	-
7 Eristalinae	0	Alle oberen S.E. fehlen	0	1	1	-	-

Tab. 2: Berechnungstabelle für den biotischen Index (nach VERNEAUX & TUFFERY, 1967).

— Verschmutzungsgrenze

Zuerst bestimmt man, wieviele systematische Einheiten in der Probe vorhanden sind. Zur Auswertung berücksichtigte ich nur diejenigen systematischen Einheiten, von denen mindestens 2 Individuen in den jeweils 3 Proben gefangen wurden.

Ein Beispiel: Man findet mehrere Individuen einer Gattung der Ordnung Plecoptera und der Gattung *Ecdyonurus* der Ordnung Ephemeroptera. Auf der Tab. 2 entspricht dies der 1. faunistischen Gruppe. Daneben findet man noch Individuen von 2 Familien der Ordnung Coleoptera, 3 Familien der Ordnung Diptera, 4 Familien der Ordnung Trichoptera sowie Oligochaeten, Gammariden, Aselliden und Hydracarina. Dies ergibt insgesamt 15 systematische Einheiten. Wir erhalten einen biotischen Index von 9.

Aus der Tab. 2 können wir sehen, daß beim Vorhandensein von 16 und mehr systematischen Einheiten oder von 2 systematischen Einheiten der ersten faunistischen Gruppe der biotische Index Werte zwischen 7 und 10 aufweist. Die Verschmutzungsgrenze verläuft zwischen den Werten 5 und 6.

Man erhält einen biotischen Index für die lentische und einen für die lotische Zone. Wenn der Unterschied zwischen den beiden Werten größer als 2 ist oder wenn man einen biotischen Index von 5 und darunter erhält, so kann man daraus schließen, daß eine Verschmutzung stattgefunden hat (ARRIGNON, 1976). Der Durchschnitt aus dem lentischen und dem lotischen Wert ergibt den biotischen Index des Flusses.

2.3. Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden

Mit dem Kompaktlabor für Wasseruntersuchungen 1.11151. der Fa. Merck maß ich parallel zur biologischen Untersuchung einige wichtige chemische Parameter. Dieses Kompaktlabor ist für unterstützende Analysen bei der biologischen Gewässerbeurteilung geeignet. Deshalb beschränke ich mich bei den Ergebnissen auf die Angabe der Minimum-, Maximum- und Durchschnittswerte. Für die Methoden verweise ich auf SCHWOERBEL (1980) und HÖLL (1979).

Für die Wasseruntersuchung genügt im allgemeinen 1 Liter Wasser. Das Wasser entnahm ich unterhalb der Gewässer Oberfläche mit Polyethylen-Flaschen, die ich vorher mehrmals mit dem Wasser ausgespült habe.

Ich maß die folgenden abiotischen Faktoren: Temperatur, Atmosphärendruck, pH, Sauerstoff, BSB₅, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Gesamthärte, Alkalinität, Leitfähigkeit und Fließgeschwindigkeit.

Kalorimetrisch nachgewiesen wurden: Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, pH.

Titrimetrisch nachgewiesen wurden: Sauerstoff, Gesamthärte, Alkalinität.

Für Sauerstoff, pH und Leitfähigkeit benutzte ich außerdem die Meßgeräte der Fa. WTW (Wiss.-Techn. Werkstätten, D-82362 Weilheim).

3. Resultate

3.1. Biologische Analyse

Während der gesamten Untersuchungsperiode konnte ich 4459 Individuen von Makroinvertebraten aus 12 Ordnungen sammeln. Auf der Faunaliste (Tab. 4) sind alle gefundenen Tiere aufgeführt.

Der Durchschnitt aller biotischen Indizes beträgt 8,5. Die einzelnen Werte schwanken zwischen 7,5 und 9,5 (Abb. 3). Die Verschmutzungsgrenze nach VERNEAUX & TUFFERY (vgl. Tab. 2) wurde nie unterschritten. Auch war der Unterschied zwischen lentischem und lotischem biotischen Index nie größer als 2.

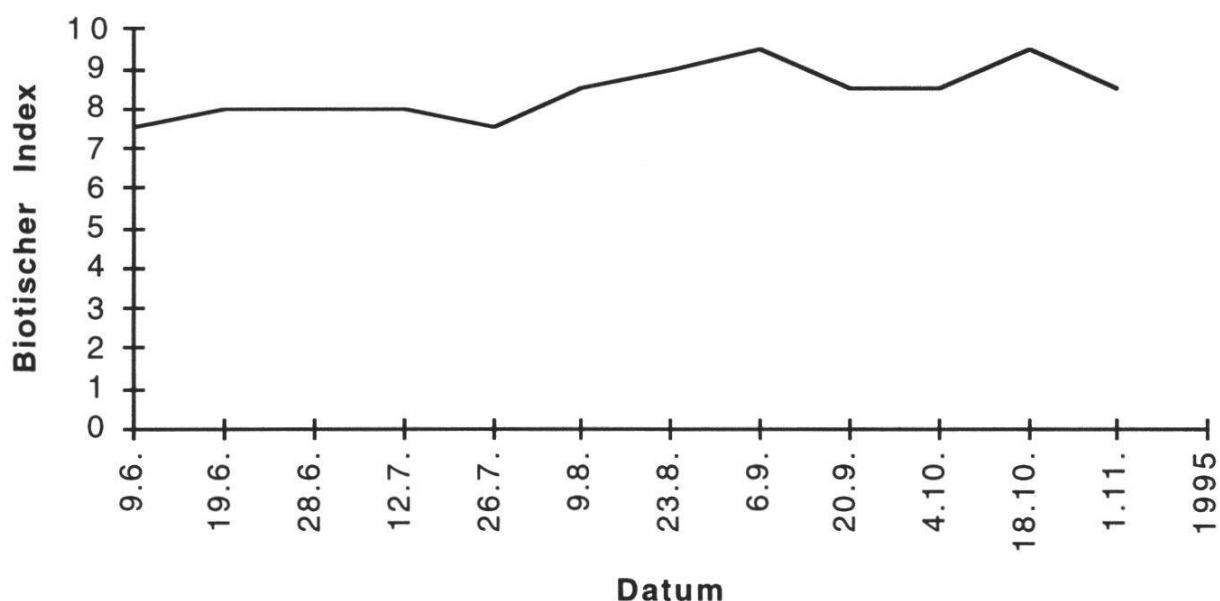


Abb. 3: Verlauf des biotischen Index im Jahre 1995.

Die Wasserqualität ist nach der Einteilung von NOËL & FASEL (1985) «akzeptabel» (Tab. 3). Das Wasser ist nur mäßig mit organischen und anorganischen Stoffen belastet.

Biotischer Index	Wasserqualität	Verschmutzung
9,5 - 10	normal	keine
8,0 - 9,4	akzeptabel	mäßig
6,5 - 7,9	schlecht	bedeutend
5,0 - 6,4	kritisch	stark
< 5,0	sehr kritisch	sehr stark

Tab. 3: Wasserqualitäts-Beurteilung (nach NOËL & FASEL, 1985).

Beim Studium der Faunaliste fällt auf, daß gesamthaft betrachtet die Individuenzahl der Ephemeroptera (exklusive *Ecdyonurus*) am höchsten ist. Darauf folgen die Diptera, Oligochaeta, Gammaridae + Asellidae, Plecoptera + *Ecdyonurus*, Heteroptera, Trichoptera, Coleoptera und zum Schluß Mollusca + Hydracarina + Hirudinea (Tab. 5 + Abb. 4).

Faunistische Gruppen	Individuenzahlen	Prozent
Plecoptera + Ecdyonurus	383	9
Ephemeroptera (ohne Ecdyonurus)	1224	27
Trichoptera	259	6
Diptera	910	20
Coleoptera	203	5
Mollusca + Hydracarina + Hirudinea	168	4
Oligochaeta	601	13
Gammaridae + Asellidae	427	10
Heteroptera	284	6
Total	4459	100

Tab. 5: Verteilung der gefundenen Tiere auf die faunistischen Gruppen.

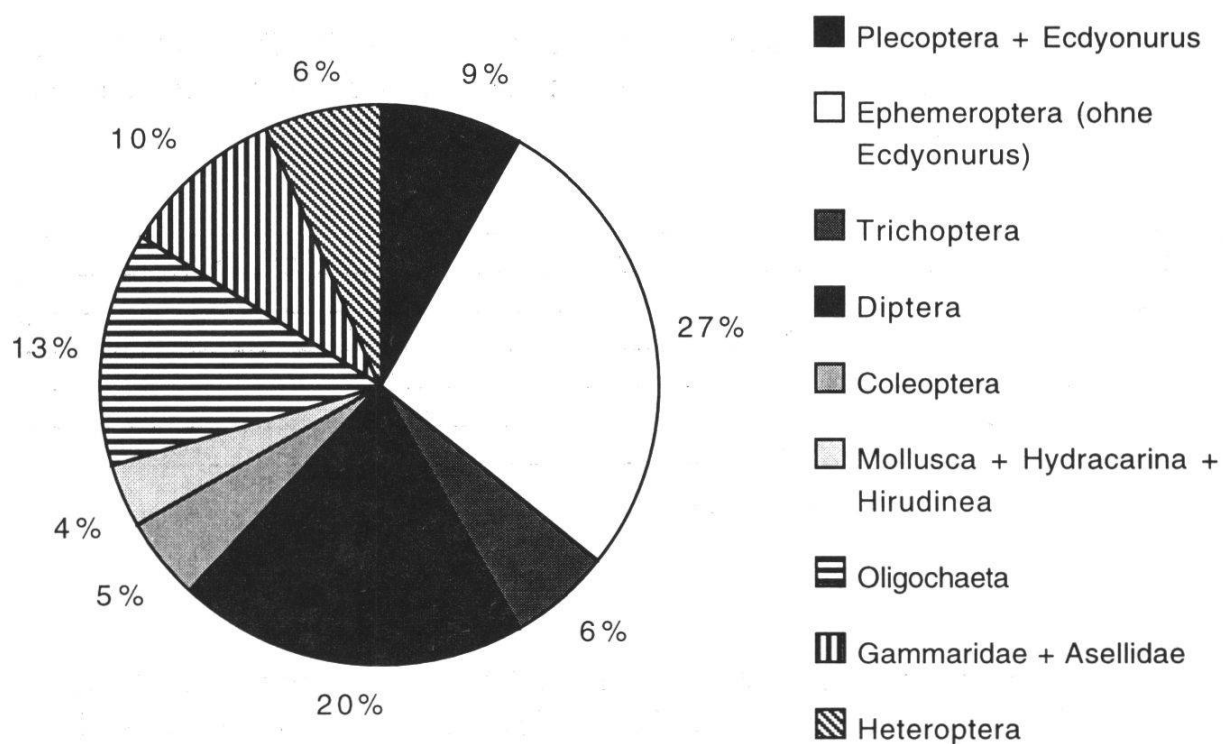


Abb. 4: Relative Häufigkeiten der faunistischen Gruppen (alle Proben).

Die Individuenanzahlen aller 12 Probenentnahmedaten verteilen sich wie folgt auf die faunistischen Gruppen:

Plecoptera und *Ecdyonurus* (9%)

Insgesamt konnte ich 383 Individuen dieser Gruppe sammeln, davon waren 100 Plecoptera-Larven.

Vor dem 9.8.1995 fand ich nur wenige Plecoptera- und *Ecdyonurus*-Larven ($\leq 4\%$ aller Individuen aller systematischen Gruppen). Im August und anfangs September konnte ich dann viele Plecoptera-Larven fangen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um solche von Frühlingsarten, die den Sommer, Herbst und Winter im Larvenstadium verbringen. Die Entwicklung ist im Frühling abgeschlossen. Dann häuten sich die Larven zu Adulttieren; diese leben, je nach Art, von März bis Juni (AUBERT, 1959).

Da die Plecoptera-Larven rheophile, kalt-stenotherme und polyoxybionte Organismen der Quell- und Bachregion sind, fand ich sie vor allem in der lotischen Zone. Sie haben eine geringe Ausbreitungsenergie und große Standorttreue. In 2 Proben, am 26.7.1995 und 4.10.1995, fand ich keine Plecoptera-Larven.

Innerhalb des Saprobiensystems sind die Plecoptera-Larven dem oligo- und betamesosaprobien Bereich zuzuordnen (CASPER, 1982). Gegen Verschmutzungen jeglicher Art sind sie äußerst empfindlich.

Die Eintagsfliegengattung *Ecdyonurus* ist sehr wichtig für die Gewässerbeurteilung. Ich fand sie bei jeder Probenentnahme, wenn auch nicht immer in gleicher Häufigkeit. Ende September, im Oktober und am 1.11.1995 war sie besonders häufig vertreten. Die meisten *Ecdyonurus*-Arten weisen einen univoltinen Winterzyklus auf. Es kommt also nur 1 Generation im Jahr vor, und die Überwinterung erfolgt im Larvenstadium (STUDEMANN et al., 1992); dies erklärt das vermehrte Auftreten von Larven im Herbst.

Mit einem Anteil von 20% an allen Individuen aller systematischen Kategorien habe ich die Vertreter der 1. faunistischen Gruppe am 18.10.1996 am häufigsten gefangen (vgl. Abb. 5).

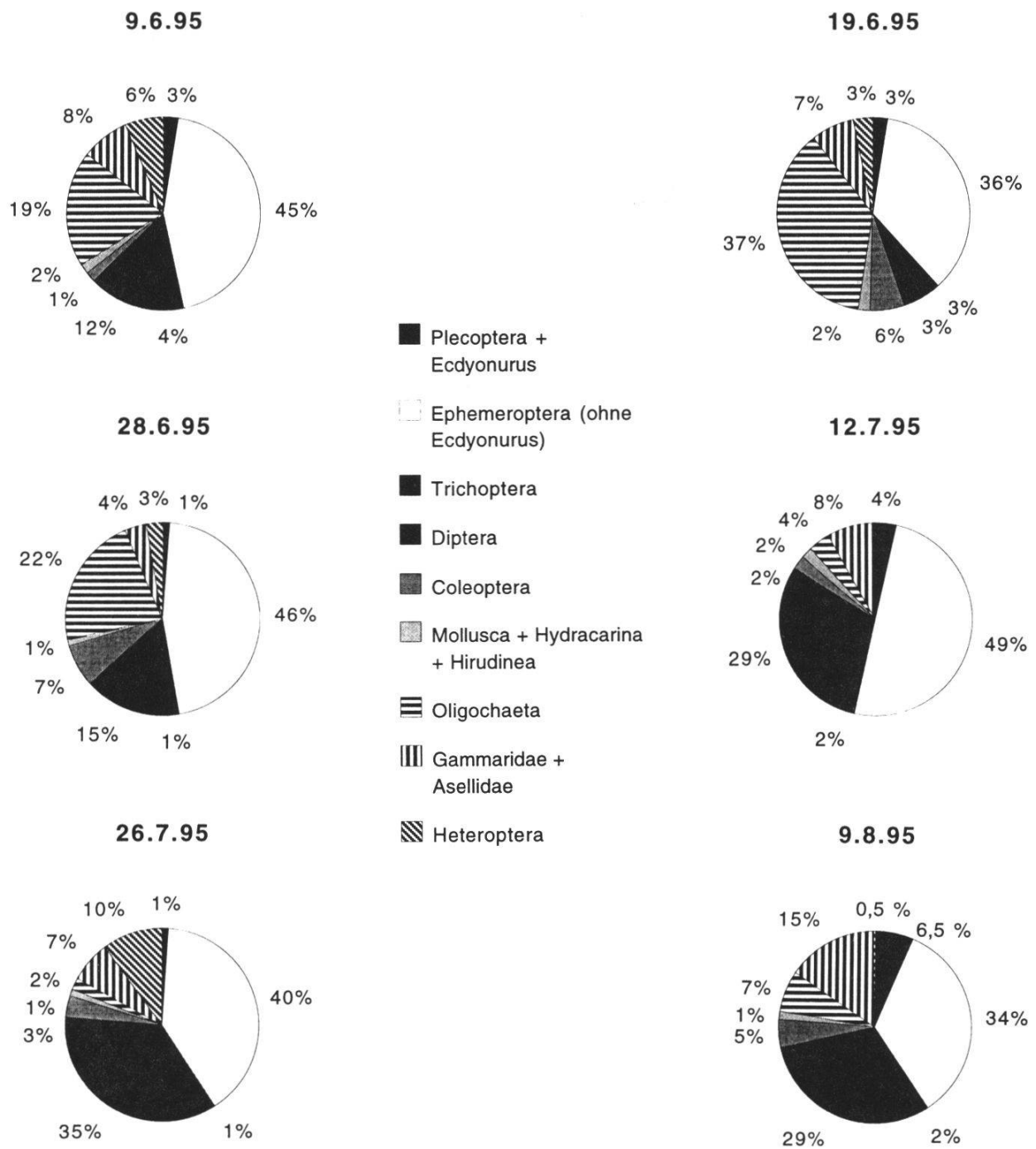


Abb. 5: Relative Häufigkeiten der faunistischen Gruppen während des Jahresverlaufes.

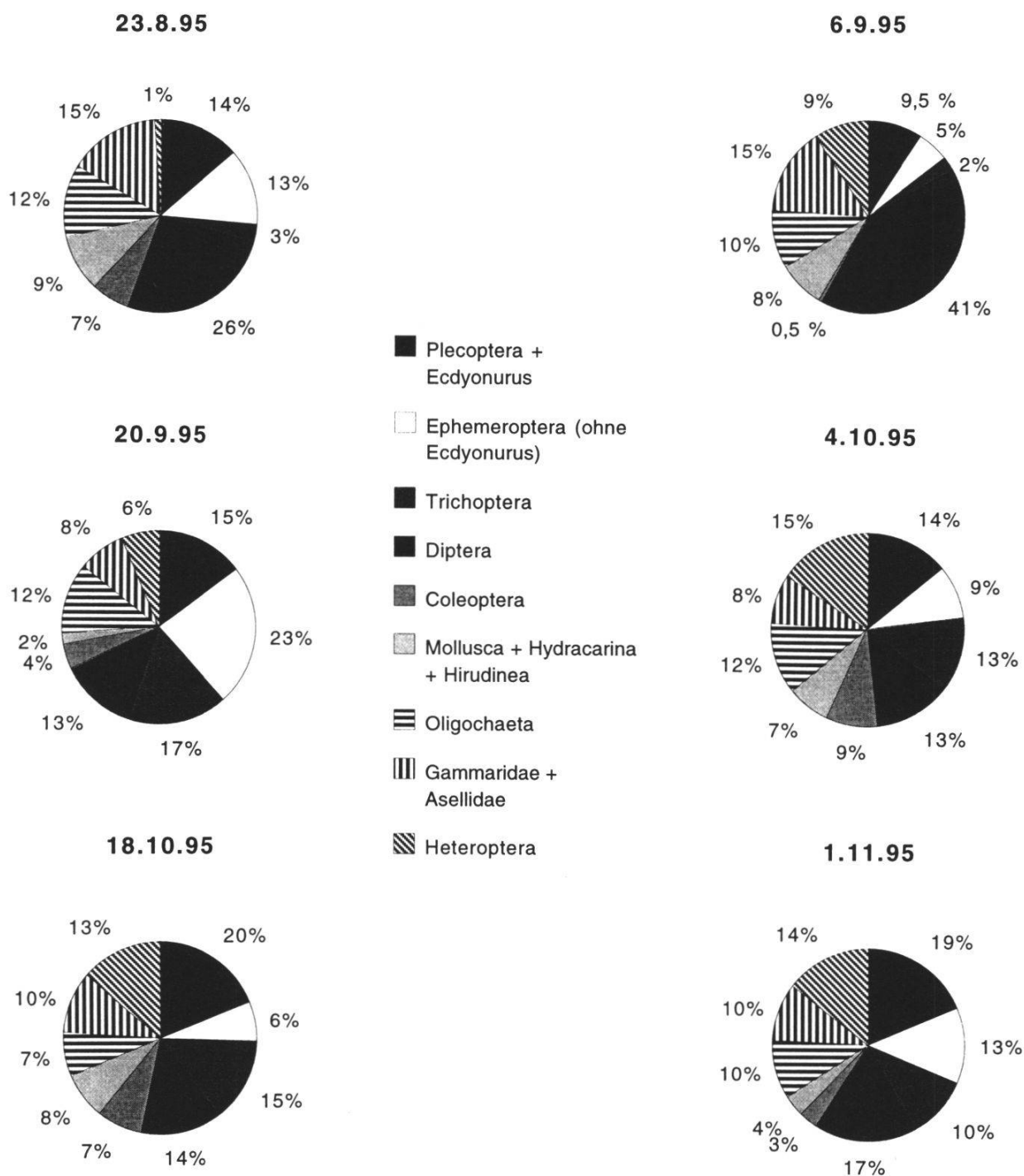


Abb. 5: Fortsetzung.

Ephemeroptera ohne *Ecdyonurus* (27%)

Ingesamt konnte ich 1224 Individuen sammeln. Bis Mitte August und am 20.9.1995 waren diese Ephemeroptera-Larven bei den Probenentnahmen am häufigsten vertreten.

Bei der Gattung *Ephemerella* stellt man ein allmähliches «Verschwinden» gegen den Herbst zu fest (vgl. Tab. 4). Bei meinen Funden handelt es

Datum	9.6.		19.6.		28.6.		12.7.		26.7.		9.8.		23.8.		6.9.		20.9.		4.10.		18.10.		1.11.	
Probe	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo
INSEKTEN																								
Plecoptera																								
Leuctra	1	1		4	2	2	1	6			13	12			24	2	15	1	4		4	1	1	4
Isoperla																		1					1	
Ephemeroptera																								
Ephemerella	42	56	50	113	97	74	95	97	44	65	36	49	1	13	2	1								
Baetis	3	15		23	2	11	6	8	3		10	24		16	3	14	15	73	6	18	1	9		15
Ecdyonurus	2	3	3	6		1	7	2	2	2	3		3	11	2	21	23	26	20	19	32	40	22	33
Caenis							5	3	6	8	16	12	3	2		2								
Heptagenia	1				4	1																8		
Habrophlebia		2		1	1		3	2													1	1	1	
Ephemera																					3		1	
Rhithrogena																					3		3	21
Heteroptera																								
Micronecta	17		17		9	2			28	3	1		3		38		23		43		54		46	
Coleoptera																								
Dytiscidae	4		18	11	13	10	8		6	4	9		3		2		5		4	10	2		1	1
Elmidae				1		5	1	1		1	4	8	2	13			2	8	3	7	8	20	2	6
Trichoptera																								
a) mit Köcher																								
Sericostomatidae		3	2	1		1	2				1	3	1	2			1		1	4		9		
Limnephilidae			1				1				1		1											
Glossosomatidae																				1				
Goeridae														1			7					1	2	1
Hydroptilidae																						1		
b) ohne Köcher																								
Hydropsychidae	1	4		8		2																		21
Rhyacophiliidae		3	1	4		3	4			2		5		3			2	6	24	1	4	6	20	
																	8	8	16	2	22	8	13	9

Datum	9.6.		19.6.		28.6.		12.7.		26.7.		9.8.		23.8.		6.9.		20.9.		4.10.		18.10.		1.11.	
Probe	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo	le	lo
Diptera																								
Chironomidae	12	8	5	6	44	7	94	32	63	48	85	34	47	15	89	79	26	6	7	3	18	11	22	11
Ceratopogonidae	8	1		3	3							1		4		3	1	2	2	4	2	12	2	9
Limoniidae	1	3		2	1	2		1			1	1		4		3	1	1		6		6	7	
Tipulidae					1						1		1	1	1		10		7	5	3	3	3	2
Tabanidae																		1						
Psychodidae					2																			
ANDERE																								
Annelida																								
Oligochaeta	27	25	64	129	48	43	11	5	3	3	19	11	7	26	9	32	21	23	19	14	11	19	6	26
Erpobdella octoculata	1	1	2				1	4			5		2	5	1	2	2	3	2	3	4	2	2	2
Helobdella stagnalis													1											
Crustacea																								
Gammaridae	6	16	24	13	8	7	14	20	6	12	25	23	6	23	6	31	7	14	10	10	11	25	15	15
Asellidae							1			4	9	8	10	3	9	17	6	2	2	1	5	1	1	1
Hydracarina	2	1	1	7	3	2	2	1	2	2	1		12	5	19	11	3		6	4	7	9	2	6
Mollusca																								
Ancylus																						7		
Lymnaea													1						1	1		2		
S.E. Insekten	7	9	6	10	8	10	7	9	7	7	8	8	6	12	7	9	7	9	9	11	12	11	7	11
S.E. Andere	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	5	5	4	5	5	4	5	5	5	6	4	4
S.E. Total	10	12	9	13	11	13	10	12	10	11	12	11	11	17	11	14	11	13	14	16	16	17	11	15
B.I. lentisch	7		7		8		7		7		9		8		9		8		8		10		8	
B.I. lotisch		8		9		8		9		8		8		10		10		9				9		9
B.I. Durchschnitt		7,5		8		8		8		7,5		8,5		9		9,5		8,5		8,5		9,5		8,5

Tab. 4: Faunaliste.

sich vor allem um die Art *Ephemerella ignita*. Diese weist einen univoltinen Sommerzyklus auf (STUDEMANN et al., 1992). Larvalentwicklung, Wachstum und Schlüpfen findet während des Sommers statt. Diese Tiere überwintern im Eistadium.

Die Gattung *Baëtis* fand ich während der gesamten Untersuchungszeit. Sie bevorzugt «Totwasserräume» hinter überströmten Hindernissen. Die meisten Vertreter dieser Gattung zeigen einen bivoltinen Winter-/Sommerzyklus, d.h. eine Generation überwintert im Larvenstadium und darauf folgt eine Sommergeneration.

Die grabenden Formen (z.B. *Ephemerella*-Arten) leben vorzugsweise in langsam fließenden Gewässern mit lehmigen Ufern und schlammbedecktem Boden. Dort graben sie nach Maulwurfsart Gänge. Ich fand sie nur in 2 Proben der lentischen Zone. Dies könnte sein, weil ich den Boden zu wenig tief aufgewühlt habe. Bei den *Ephemerella*-Arten dauert eine Generation 2 Jahre.

Torrenticole Arten (Fam. Heptageniidae) bewohnen schnellströmende Bäche. Ihr abgeplatteter Körper ist ein gutes Beispiel für die Anpassung der Tiere an ihren Lebensraum. Diese lichtscheuen Larven sitzen fast stets auf der Unterseite von Steinen. Die Vertreter der Familie Heptageniidae sind rheophil, stenök und polyoxybiont. Man kann sie dem oligosaprobien Bereich des Saprobien systems zuordnen (KLEE, 1993). Vereinzelt gefangen habe ich aus dieser Familie Vertreter der Gattungen *Heptagenia* und *Rhithrogena*.

Außerdem fand ich Vertreter der Familien Caenidae (*Caenis*) und Leptophlebiidae (*Habrophlebia*).

Trichoptera (6%)

Die Trichopteren waren gesamthaft mit 259 Individuen vertreten. Vor allem in den Monaten September und Oktober konnte ich häufig Köcherfliegen sammeln. Köcherbauende Trichopteren fand ich seltener als solche ohne Köcher, und letztere vorwiegend in der lotischen Zone.

Meist tritt 1 Generation im Jahr auf, bei manchen Arten findet man auch 2 Generationen pro Jahr. Die Köcherfliegen überwintern meist als Larve, dies erklärt das häufigere Auffinden der Larven im September und Oktober.

Diptera (20%)

Die Dipteren waren mit 910 Individuen gesamthaft am zweithäufigsten vertreten.

Die Familie Chironomidae, die ich in jeder Probe finden konnte, stellte den größten Teil der gefundenen Diptera-Larven. Je nach dem Auftreten der Imagines unterscheidet man Vorfrühlings-, Frühlings-, Sommer- und Herbstarten (JACOBS & RENNER, 1974). Das ganze Jahr über können also Larven gesammelt werden. Die meisten Chironomiden in unseren Breiten haben einen Einjahreszyklus. Bei dieser Gruppe dauert das Larvenleben zwischen

350 und 360 Tage, das Puppenstadium 3 bis 4 Tage und das Adultstadium 4 bis 6 Tage. Bei einigen wenigen Arten kommt ein Zweijahreszyklus vor. Auch mehrjährige Entwicklungszeiten sind bekannt. Umgekehrt gibt es auch Chironomiden-Arten (z.B. *Chironomus thummi*) mit mehreren Generationen im Jahr (PLATZER-SCHULTZ, 1974). Die Chironomidae-Larven sind sehr anpassungsfähig an ihr Wohngewässer.

Die Familie Ceratopogonidae fand ich vor allem im September, Oktober und November. Ihre Vertreter überwintern meist als Larve. Bei manchen Arten kommen 2 Generationen pro Jahr vor.

Außerdem fand ich Vertreter der Familien Limoniidae, Tipulidae, Tabanidae und Psychodidae.

Coleoptera (5%)

Insgesamt konnte ich 203 Individuen sammeln. Es handelt sich dabei um Vertreter der Familien Dytiscidae und Elmidae.

Die Vertreter der Familie Dytiscidae konnte ich an jedem Untersuchungstag finden. Es handelte sich dabei meist um Adulttiere. Bei der Familie Elmidae fand ich vor allem Larven.

Mollusca, Hydracarina und Hirudinea (4%)

Ich fand 168 Individuen dieser faunistischen Gruppe.

Außer am 28.6. und 26.7.1995 konnte ich immer Hirudineen fangen. Es handelte sich dabei meist um die Art *Erpobdella octoculata*. Dieser Egel ist sehr anpassungsfähig an sein Wohngewässer.

Hydracarina fand ich an allen Probenentnahmetagen. Nur in stark verschmutzten Gewässern findet man keine Hydracarina.

Ich fand auch einige Mollusca. Am 14. und 18.10.1995 habe ich einige Ancyliidae gefunden. Es handelt sich dabei um *Ancylus fluviatilis*.

Die anderen Mollusken gehören der Gattung *Lymnaea* an.

Oligochaeta (13%)

Mit insgesamt 601 Individuen waren die Oligochaeten in jeder Probe mehr oder weniger zahlreich vorhanden.

Gammaridae und Asellidae (10%)

Insgesamt habe ich 427 Individuen gefangen.

Gammariden konnte ich während der gesamten Untersuchungszeit finden. Da sie gute Wanderer und zu jeder Jahreszeit greifbar sind, bieten sie dem Untersucher den großen Vorteil, sehr schnell die Veränderung von Belastungsfaktoren anzuzeigen. Die Gammariden besiedeln so ziemlich alle Gewässerarten; nur dürfen Sauerstoff- und Kalkgehalt nicht zu gering sein.

Da sie verwesende Pflanzen fressen, sind sie wichtig für die Reinigung des Flusses von Fallaub.

Aselliden fand ich vor allem im August, September und Oktober. Sie stellen keine großen Ansprüche an die Beschaffenheit ihres Wohngewässers. Es darf nur keine zu heftige Strömungsgeschwindigkeit aufweisen und muß verwesende Stoffe enthalten; dies erklärt ihr vermehrtes Auftreten im Herbst.

Heteroptera (6%)

Ich fand 284 Heteroptera, vor allem in der lentischen Zone. Sie waren fast in jeder lentischen Probe und meist in größerer Zahl vertreten (vgl. Tab. 4 und 6) und gehörten stets der Gattung *Micronecta* (Fam. Corixidae, Ruderwanzen) an.

Der biotische Index kam meist dadurch zustande, daß mindestens 1 systematische Einheit der ersten faunistischen Gruppe gefunden wurde, entweder *Ecdyonurus*- oder Plecoptera-Larven oder beide.

In allen Proben habe ich Individuen der Ordnung Oligochaeta und der Familien Gammaridae und Chironomidae gefunden. Dies sind schon 3 systematische Einheiten.

Diese zwei Tatsachen sind der Grund dafür, daß der biotische Index mindestens den Wert 6 annimmt (Tab. 2).

Die kleinste Anzahl systematischer Einheiten (9) fand ich am 19.6.1995 in der lentischen Zone. Da nur 1 systematische Einheit der 1. faunistischen Gruppe (*Ecdyonurus*) vorhanden war, erhielt ich einen biotischen Index von 7. In der lotischen Zone fand ich 13 systematische Einheiten, davon waren 2 der 1. faunistischen Gruppe; dies ergab einen biotischen Index von 9. Der Durchschnitt betrug 8.

Die größte Anzahl systematischer Einheiten (17) fand ich am 18.10.1995 in der lotischen Zone. Da nur 1 systematische Einheit der 1. faunistischen Gruppe vertreten war, erhielt ich einen biotischen Index von 9. Die lentische Zone hatte 16 systematische Einheiten, davon waren 2 aus der 1. faunistischen Gruppe, was einem biotischen Index von 10 entspricht. Der Durchschnitt betrug 9,5.

Wenn man die jahreszeitlichen Unterschiede bei den verschiedenen Gruppen betrachtet, fällt auf, daß in den Monaten Juni, Juli und Anfang August die Ephemeroptera-Larven am häufigsten vertreten sind. Die Trichopteren und die Gruppe Plecoptera + *Ecdyonurus* nehmen gegen Herbst zu.

Gesamthaft betrachtet stellt man eine gleichmäßigere Verteilung der gefangenen Tiere gegen Herbst fest (vgl. Tab. 6 und Abb. 5).

Faunistische Gruppe	9.6.	19.6.	28.6.	12.7.	26.7.	9.8.	23.8.	6.9.	20.9.	4.10.	18.10.	1.11.
Plecoptera + Ecdyonurus	7	13	5	16	4	28	38	40	55	39	77	61
Ephemeroptera (ohne Ecdyonurus)	119	187	190	219	126	147	35	22	88	24	26	41
Trichoptera	11	17	6	7	2	10	8	10	62	35	57	34
Diptera	33	16	60	127	111	123	72	175	47	35	55	56
Coleoptera	4	30	28	10	11	21	18	2	15	24	30	10
Mollusca + Hydracarina + Hirudinea	5	10	5	8	4	6	26	33	8	20	31	12
Oligochaeta	52	193	91	16	6	30	33	41	44	33	30	32
Gammaridae + Asellidae	22	37	15	35	22	65	42	63	29	23	42	32
Heteroptera	17	17	11	0	31	1	3	38	23	43	54	46
Total	270	520	411	438	317	431	275	424	371	276	402	324

Tab. 6: Jahreszeitliche Unterschiede der einzelnen Gruppen (Individuenzahlen).

3.2. Physikalisch-chemische Analyse

3.2.1. Chemische Parameter

Die untersuchten chemischen Parameter blieben während der ganzen Untersuchungszeit mehr oder weniger stabil. Ich konnte keine akute Störung durch Schadstoffe feststellen. Auch aufgrund der chemischen Analyse kann ich das Wasser der Glâne wie bei der biologischen Analyse als akzeptabel beurteilen (Tab. 7, 8 und 9). Tab. 7 enthält die Minimum-, Maximum- und Durchschnittswerte der physikalisch-chemischen Analyse.

Parameter	NH ₄ ⁺ mg/l (mg N/l)	NO ₂ ⁻ mg/l (mg N/l)	NO ₃ ⁻ mg/l (mg N/l)	PO ₄ ³⁻ mg/l (mg P/l)	pH
Minimum	0,1	0,075	10,0	0,25	7,9
Maximum	0,2	0,3	25,0	0,25	8,5
Durchschnitt	0,175 (0,136)	0,21 (0,07)	23,75 (5,36)	0,25 (0,083)	8,2

Parameter	O ₂ mg/l	O ₂ -%	BSB ₅ mg/l	Gesamthärte dH°	Alkalinität mmol/l
Minimum	8,7	91,0	2,0	16,0	3,8
Maximum	10,7	106,0	3,7	18,0	6,4
Durchschnitt	9,6	96,7	2,8	17,4	5,5

Parameter	Leitfähigkeit Mikros./cm	Atm. Druck mbar	Fließgeschw. lentic cm/s	Fließgeschw. lotisch cm/s
Minimum	407	948	10	50
Maximum	632	970	32	83
Durchschnitt	580	958	17	63

Tab. 7: Resultate der wichtigsten Parameter.

Qualität	BSB ₅ mg O ₂ /l	gelöster O ₂ % Sättigung	NH ₄ mg N/l	PO ₄ mg P/l
normal	<2	gesättigt	<0,04	<0,02
akzeptabel	2-3	80-100	0,04-0,15	0,02-0,10
schlecht	3-5	50-80	0,16-0,40	0,11-0,30
kritisch	>5	<50	>0,04	>0,30

Tab. 8: Physikalisch-chemische Qualitätsklassen (nach NOËL & FASEL, 1985).

Güteklasse	Grad org. Belastung	Saprobität	BSB ₅ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	O ₂ -Minima (mg/l)
1	unbelastet bis sehr gering belastet	Oligosaprobie	1	höchstens Spuren	>8
1-2	gering belastet	Oligosaprobie mit β -meso- saprobem Einschlag	1-2	um 0,1	>8
2	mäßig belastet	ausgeglichene β - Mesosaprobie	2-6	<0,3	>6
2-3	kritisch belastet	α - β -mesosaprobe Grenzzone	5-10	<1	>4
3	stark verschmutzt	ausgeprägte α - Mesosaprobie	7-13	0,5 bis mehrere mg/l	>2
3-4	sehr stark verschmutzt	Polysaprobie mit α -mesosaprobem Einschlag	10-20	mehrere mg/l	<2
4	übermäßig verschmutzt	Polysaprobie	>15	mehrere mg/l	<2

Tab. 9: Güteklassen (nach KLEE, 1993).

In Tab. 9 werden die 3 Parameter BSB₅, NH₄-N und O₂-Minima mit dem Saprobienstadium von Kolkwitz und Marsson in Beziehung gesetzt; Tab. 8 stammt aus der Arbeit von NOËL & FASEL (1985).

Durch Vergleich der Resultate der physikalisch-chemischen Analyse mit den Tabellen 8 und 9 kann man die Glâne an der untersuchten Stelle ungefähr der Güteklasse 2 zuteilen. Der Sauerstoffgehalt war immer höher als 6 bzw. sogar 8 mg/l. Der BSB₅ betrug durchschnittlich 2,8 mg/l und NH₄-N < 0,3 mg/l.

Allgemeiner Charakter der Güteklasse 2: Gewässerabschnitte mit mäßiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung; sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen, Insektenlarven. Der Sauerstoffgehalt beträgt durchwegs über 6 mg/l. Der BSB₅ liegt bei 2 bis 6 mg/l und der Wert für den NH₄-N nur selten über 0,3 mg/l (KLEE, 1993).

3.2.2. Temperatur (Abb. 6)

Die Insekten sind wechselwarme Tiere, d.h. ihre Körpertemperatur entspricht in Ruhe ungefähr der der Umgebung. Jede Art lebt in einem bestimmten Temperaturintervall.

Eine Steigerung der Temperatur um 10°C beschleunigt die Geschwindigkeit der chemisch-physiologischen Vorgänge um das Doppelte bis Dreifache (RGT-Regel), z.B. Atmungs-, Bewegungsintensität, Entwicklungsdauer. Die Entwicklungsdauer kann man mit der sog. Wärmesummenformel berechnen:

$$T(t-a) = K$$

(T = Entwicklungsdauer in Tagen,
t = Außentemperatur,
a = Entwicklungsnullpunkt,
K = artspezifische Konstante)

Auch die Löslichkeit von Gasen (O₂, N₂, CO₂) ist temperaturabhängig.

Die Wassertemperatur schwankte zwischen 10° und 17,2°C. Dies sind für die meisten im Wasser lebenden Organismen tolerierbare Werte.

Die Temperaturhöchstwerte maß ich in den Monaten Juli und August.

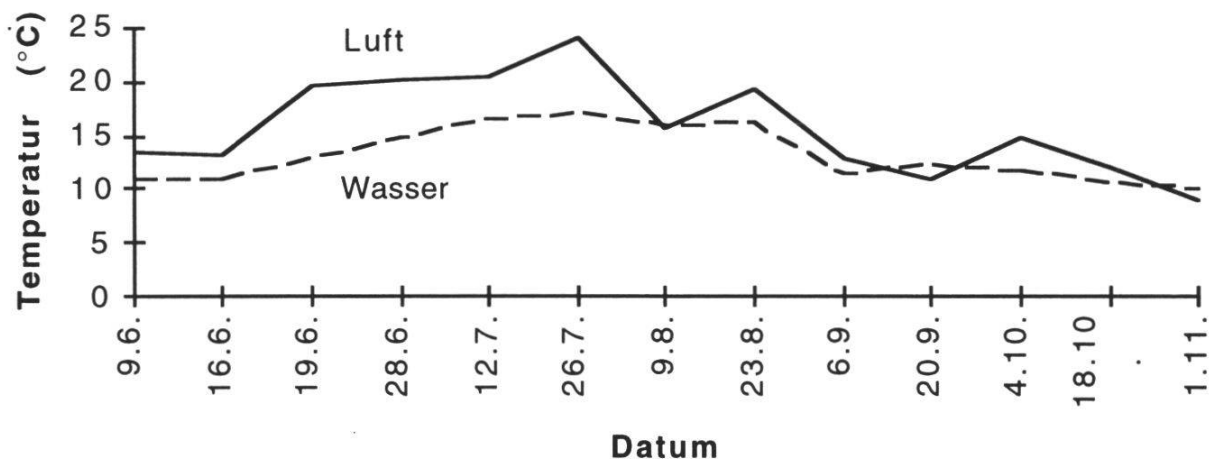


Abb. 6: Temperaturkurve 1995.

3.2.3. Niederschläge (Abb. 7)

Während der Untersuchungsperiode (Juni–Oktober 1995) gab es kein bedeutendes Hochwasser und damit kein Wegschwemmen von Makroinvertebraten, was die biotischen Indizes hätte verändern können.

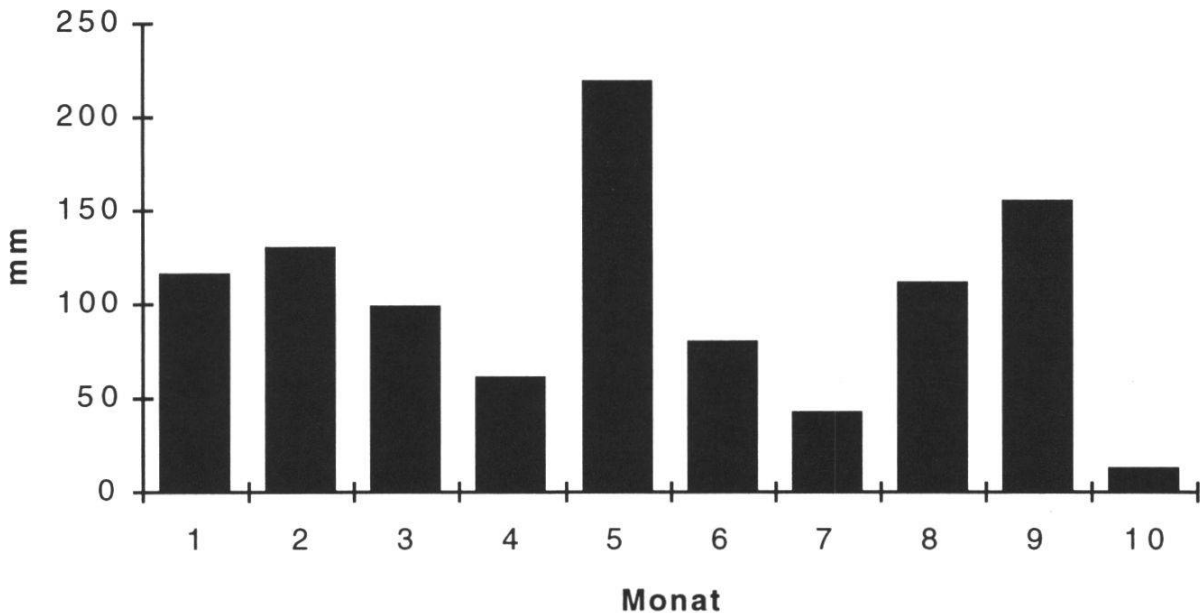


Abb. 7: Niederschlagsmenge 1995 (Meteorologische Zentralanstalt, Zürich): Monatsdurchschnitt von Posieux (ca. 5 km von der Probenentnahmestelle entfernt).

4. Diskussion

Aufgrund der biologischen und der physikalisch-chemischen Analyse kann ich die Wasserqualität der Glâne an der untersuchten Stelle als akzeptabel beurteilen. Sie ist mäßig mit organischen und anorganischen Schadstoffen belastet. Die Ergebnisse der biologischen und der physikalisch-chemischen Analyse stimmen im großen und ganzen überein.

Bei meinen Untersuchungen schwankte der biotische Index zwischen den Werten 7,5 und 9,5. Das könnte davon kommen, daß noch keine einheitliche Sammelmethode vorgeschlagen wurde und es sehr schwierig ist, die Tiere in allen Refugien zu erfassen. Auch können sehr kleine Organismen, wie z.B. Hydracarinen, leicht übersehen werden.

Man könnte die Methode von VERNEAUX & TUFFERY aussagekräftiger machen, wenn man die Sammelmethode verbessern bzw. vereinheitlichen würde. Ich finde es wichtig, daß der Sammler das Netz immer gleich lange in die Strömung hält, den Boden immer etwa gleich tief aufwühlt und auch immer eine gleich große Fläche untersucht.

Aus der Methodenbeschreibung von VERNEAUX & TUFFERY ist ferner nicht klar ersichtlich, ob man die systematischen Einheiten mit Einzelfunden für die Auswertung berücksichtigen muß oder nicht. Ich habe diese systematischen Einheiten weggelassen.

Das Gewässerschutzamt Freiburg führte unter der Leitung von F. NOËL in den Jahren 1981 und 1993 ähnliche Untersuchungen durch. Im Jahre 1981 erhielt es für die Glânestation Nr. 173, die etwa meinem Sammelort entspricht, einen mittleren biotischen Index von 7,5; im Jahre 1993 stieg dieser auf 10! Im Jahre 1993 wurden jedoch auch diejenigen systematischen Einheiten berücksichtigt, die nur durch Einzelfunde vertreten waren. Dies ergab 24 systematische Einheiten für die lentische und 18 für die lotische Zone.

Wenn man nur diejenigen systematischen Einheiten berücksichtigt, in denen mindestens 2 Individuen vorhanden sind, erhält man für 1993 15 systematische Einheiten für die lentische und 14 für die lotische Zone. Da bei dieser Betrachtungsweise nur eine systematische Einheit (*Ecdyonurus*) der 1. faunistischen Gruppe vorhanden war (von Plecoptera gab es nur Einzelfunde), ergibt dies einen biotischen Index von 8.

5. Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Prof. G. Lampel für die Überlassung des interessanten Themas und für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes an der Universität Freiburg bedanken. Ich danke ihm auch für die Mithilfe bei der Bestimmung und für die Korrektur des Manuskriptes.

Auch Herrn Dipl.-Biol. C. Wyss danke ich für die Mithilfe bei der Bestimmung und der Durchsicht des Manuskriptes.

Herrn Noël und seinen Mitarbeitern vom Gewässerschutzamt Freiburg danke ich für die Mithilfe bei der chemischen Analyse.

6. Zusammenfassung – Résumé – Summary

Zusammenfassung

Diese Studie befaßt sich mit der Gewässergütebeurteilung an der Glânemündung vor allem nach der biologischen Methode von VERNEAUX und TUFFERY. Zum Vergleich wurden auch einige physikalisch-chemische Parameter erfaßt. Anhand der im Wasser lebenden Makroinvertebraten wurde ein mittlerer biotischer Index von 8,5 festgestellt (Schwankungsbreite 7,5–9,5). Dies entspricht einer akzeptablen Wasserqualität, d.h. das Wasser ist nur mäßig mit organischen und anorganischen Schadstoffen belastet. Die chemische Analyse bestätigt dies (Güteklasse 2 nach KLEE).

Résumé

Cette étude s'occupe de l'analyse de qualité de l'eau à l'embouchure de la Glâne, avant tout d'après la méthode biologique de VERNEAUX et TUFFERY. En comparaison aussi quelques paramètres physico-chimiques furent enregistrés. D'après les macroinvertébrés aquatiques trouvés un index biotique moyen de 8,5 fut constaté (largeur de variation 7,5–9,5). Ceci correspond à une qualité d'eau acceptable, c'est-à-dire l'eau n'est chargée que modérément de toxiques organiques et inorganiques. L'analyse chimique confirme cette constatation (catégorie de qualité 2 d'après KLEE).

Summary

This study deals with the analysis of the water quality at the mouth of the river Glâne especially after the biological method of VERNEAUX and TUFFERY. For comparison also some physico-chemical parameters were registered. Based upon the water-living macroinvertebrates a middle biotic index of 8,5 was established (range 7,5–9,5). It coincides with an acceptable water quality, that means the water is charged only moderately by organic and inorganic pollutants. The chemical analysis is confirming this (class of quality 2 after KLEE).

7. Literaturverzeichnis

- ARRIGNON, J.: Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. Gauthier-Villars: Paris 1976.
- AUBERT, J.: Plecoptera. *Insecta Helvetica, Fauna*, 1 (1959).
- BICK, H.: Bioindikatoren und Umweltschutz. *Decheniana (Bonn)* 26, 2–5 (1982).
- BRUKMANN, U.: Zooökologische und saprobielle Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. *Arch. Hydrobiol. Beiheft* 26, 1–355 (1987).
- BREHM, J., & MEIJERING, M.P.D.: *Fließgewässerkunde*. Quelle & Meyer: Heidelberg 1982.
- CASPERS, N.: Steinfliegen, Eintagsfliegen und Zweiflügler als Indikatoren der Gewässergüte. *Decheniana (Bonn)*, 26, 114–119 (1982).
- ENGELHARDT, W.: *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?*, 13. Aufl. Kosmos: Stuttgart 1989.
- HÖLL, K.: *Wasser*. Walter De Gruyter: Berlin, New York 1979.
- ILLIES, J., & BOTOSANEANU, L.: Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 12, 1–57 (1963).
- JACOBS, W., & RENNER, M.: *Taschenlexikon zur Biologie der Insekten*. Fischer: Stuttgart 1974.
- KLEE, O.: *Wasser untersuchen*. Quelle & Meyer: Heidelberg–Wiesbaden 1993.
- LAMPEL, G.: *Biologie der Insekten*. Goldmann: München 1973.
- LIEBMANN, H.: *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*. Oldenbourg: München 1951.

- MÜLLER, H.J.: Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. Fischer: Stuttgart 1985.
- NOËL, F., & FASEL, D.: Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 74, 1–332 (1985).
- – : Reactualisation 1993. Nicht publiziert.
- PERRET, P.: Zustand der schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974/1975 (Projekt MAPOS). EAWAG: Dübendorf 1977.
- PLATZER-SCHULTZ, I.: Unsere Zuckmücken. Die Neue Brehm-Bücherei 477. Ziemsen: Wittenberg–Lutherstadt 1974.
- SCHWOERBEL, J.: Methoden der Hydrobiologie. Süßwasserbiologie. Fischer: Stuttgart–New York 1980.
- STRESEMANN, E.: Exkursionsfauna 1, 8. Aufl. + 2, 7. Aufl. Volk und Wissen: Berlin 1992 (1), 1986, 1990 (2).
- STUDEMANN, D., LANDOLT, P., SARTORI, M., HEFTI, D., & TOMKA, J.: Ephemeroptera. Insecta Helvetica, Fauna, 9 (1992).
- TACHET, H., BOURNAUD, M., & RICHOUX, P.: Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces, 2^e éd. Université Lyon 1984.
- VERNEAUX, J., & TUFFERY, G.: Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques. Ann. Sci. Univ. Besançon, Zool., Physiol. et Biol. anim. fasc. 3, 79–90 (1967).