

ZUR GÜTEBEURTEILUNG EINES STÄDTISCHEN FLIESSGEWÄSSERS

An contribution to the methods of estimating the water quality of urban watercourses

Von Johann HASLAUER

Aus dem Paracelsus-Forschungsinstitut Salzburg
(Wissenschaftlicher Leiter: Univ.-Doz. OStR Dr. J. Haslauer)

Summary

Gersbach — especially in the lower section of the watercourse — represents itself as a strongly burdened urban water. It has been subjected to a close physical-chemical and biological-ecological analysis in the summer of 1977 (J. HASLAUER jr. and W. PICHLER 1979). In Dezember 1978 another examination was carried through initiated by the City Council of the City of Salzburg.

The results of these measurements and of the biological analysis enabled them to give a relatively accurate characterisation of the different sections of the watercourse and its burdening by urban sewage. In this connection it seems to be of interest to test the various methods of biological water-qualification with regard to their significance and indicative value and to correlate them to the physical-chemical parameters.

Zusammenfassung

Im Gersbach steht ein — zumeist in seinem Unterlauf — stark belastetes städtisches Fließgewässer zur Verfügung, das bereits im Sommer 1977 (J. HASLAUER jr. und W. PICHLER 1979) einer eingehenden physikalisch-chemischen und biologisch-ökologischen Analyse unterzogen wurde.

Im Dezember 1978 wurde — im Auftrag des Magistrats der Stadt Salzburg — eine neuerliche Untersuchung des Gersbaches unter winterlichen Verhältnissen durchgeführt.

Die nunmehr vorliegenden Meßergebnisse und biologischen Aufnahmen ermöglichen eine verhältnismäßig genaue Charakterisierung der einzelnen Fließstrecken dieses Gewässers und ihrer Belastung durch kommunale Abwässer.

In diesem Zusammenhang erscheint es von einigem Interesse, die verschiedenen Verfahren der biologischen Gewässerbeurteilung hinsichtlich ihrer Signifi-

kanz und Aussagefähigkeit zu untersuchen und mit den physikalisch-chemischen Parametern zu korrelieren.

Einleitung

Im Sommer 1977 erfolgte im Rahmen einer umfassenden Untersuchung der meteorologischen, geologischen und hydrologischen Verhältnisse in dem zum Stadtgebiet Salzburg gehörenden Raum: Aigen — Parsch — Gaisberg, eine biologisch-ökologische und physikalisch-chemische Aufnahme des Gersbaches. Zu dieser Zeit herrschte — auf Grund der damals sehr trockenen, warmen Witterung — Niederwasserführung. Im Dezember 1978 wurde — ebenfalls im Auftrag des Magistrats der Stadt Salzburg — eine zweite Aufnahme des Gersbaches durchgeführt. Die chemische und biologische Aufnahme erfolgte an denselben acht Meßpunkten, die bereits im Sommer 1977 untersucht wurden.

Um diese Untersuchung in das größere Gewässernetz im Raum Aigen — Parsch einzubinden, wurden die Probenahmestellen neu bezeichnet:

Bezeichnung 1977	Bezeichnung 1978
Probenahmestelle 1	10.6 (Gersbach Oberlauf)
Probenahmestelle 2	11.1 (Siebenbrunnenbach)
Probenahmestelle 3	10.5 (Gersbach Judenbergweg)
Probenahmestelle 4	10.4 (Gersbach vor Unterführung Westbahn)
Probenahmestelle 5	10.3 (Gersbach Bürgelsteinstraße)
Probenahmestelle 6	20.1 (Aubach vor Einmündung)
Probenahmestelle 7	10.2 (Gersbach 80 m unter Einmündung Aubach)
Probenahmestelle 8	10.1 (Gersbach vor Einmündung in die Salzach)

Zweck der Untersuchung sollte es sein, die Zusammensetzung der Biocönosen sowie den Verlauf der physikalisch-chemischen Parameter unter winterlichen Verhältnissen festzustellen und verschiedene Verfahren zur biologischen Güteklassifizierung auf ihre Signifikanz und Übereinstimmung mit der physikalisch-chemischen Situation zu prüfen.

Methodik

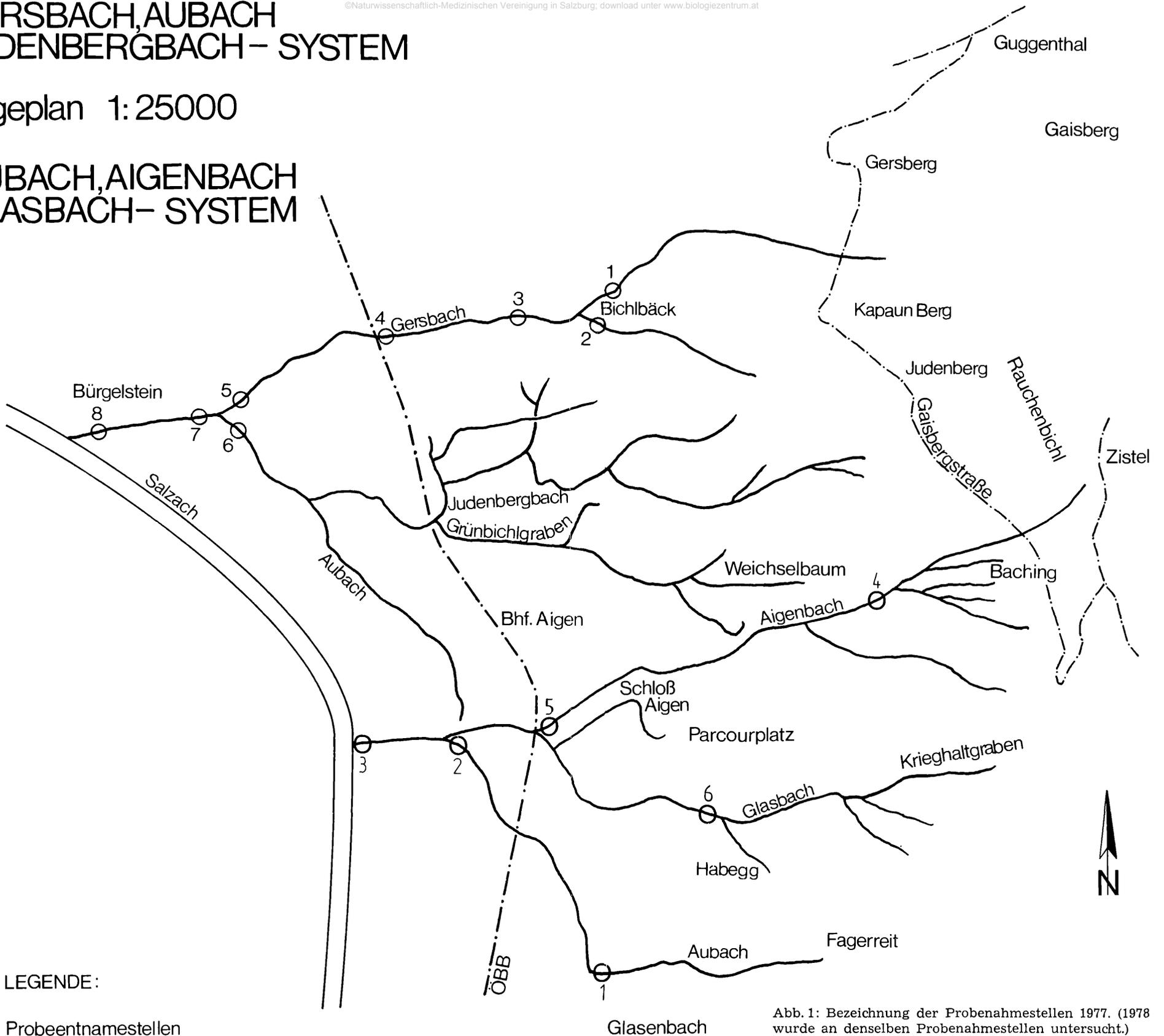
Die Bestimmung der Abflusssmengen wurde an Hand von Pegelmessungen (Hilfspegel) und mit Hilfe des OTT'schen Flügels durchgeführt.

Die physikalisch-chemischen Analysen erfolgten labormäßig nach den DEV, der Sauerstoffhaushalt bzw. die Sauerstoffzehrung wurde mit der WINKLER-Methode gemessen. Die Durchführung der Algenanalyse erfolgte analog der in der Untersuchung von HASLAUER, PUM, FOISSNER (1979) beschriebenen THOMASSON-Zählung. Auch in dieser Untersuchung wurden zur floristischen Berechnung der Saprobien-Indices vorwiegend Diatomeen-Arten herangezogen, da diese Organismengruppe im Gersbach dominiert und die THOMASSON-Zählung nur auf einzellige und zahlreich auftretende Algengruppen ange-

GERSBACH, AUBACH JUDENBERGBACH- SYSTEM

Lageplan 1:25000

AUBACH, AIGENBACH GLASBACH- SYSTEM



LEGENDE:

○1 Probeentnahmestellen

Abb. 1: Bezeichnung der Probenahmestellen 1977. (1978 wurde an denselben Probenahmestellen untersucht.)



wandt werden kann. Die übrigen Algengruppen wurden nur dann herangezogen, wenn sie in größerem Umfange vorkamen. Bei der faunistischen Aufnahme wird die Häufigkeit in 3 Gruppen angegeben: 1 = selten bis sehr selten, 3 = häufig bis zahlreich, 5 = zahlreich bis massenhaft. Jede der drei Gruppen wird wieder in drei Stufen: a, b, c (mit steigender Abundanz) unterteilt. Die Einstufung der einzelnen Arten erfolgt nach SLADECEK (1973) sowie nach eigener Erfahrung.

Untersuchungsergebnisse

Abflußmengen

Die Abflußmengen der einzelnen Probenahmestellen liegen — entsprechend den winterlichen Verhältnissen (größere Niederschlagsmengen, teilweise Schneeschmelze) — jeweils höher als im Sommer 1977.

Tabelle 1

Probenahmestelle	Abflußmenge l/sek	
	Winter 1978 (27. 12. 1978)	Sommer 1977 (28. 10. 1977)
10.6	10,6	5,8
11.1	5,1	2,4
10.5	16,0	10,9
10.4	20,0	15,3
10.3	31,3	28,6
20.1	43,7	28,4
10.2	75,0	57,0
10.1	79,3	60,1

Wassertemperatur

Die Messung der Wassertemperaturen erfolgte mit der fließenden Welle, zum Zeitpunkt der jeweiligen Probenahme wurden folgende Wassertemperaturen gemessen:

Tabelle 2

Probenahmestelle	Wassertemperatur (° C)
10.6	3,7
11.1	3,5
10.5	4,0
10.4	3,6
10.3	4,9
20.1	3,1
10.1	4,0
10.2	4,5

Die beobachteten Wassertemperaturen spiegeln die Intensität der bakteriellen Abbauvorgänge und stehen in guter Übereinstimmung mit den sonstigen physikalisch-chemischen Parametern.

Sauerstoffhaushalt

Zur Kennzeichnung des Sauerstoffhaushalts werden die Werte für gelösten Sauerstoff sowie der BSB₂ und BSB₅ aufgenommen (siehe Abb. 2 und 3).

Die Werte des gelösten Sauerstoffs sowie der Sauerstoffindex liegen — entsprechend den tiefen Temperaturen — deutlich höher als die entsprechenden

Tabelle 3

Probenahmestelle	O ₂ (mg/l)	O ₂ -Index	BSB ₂ (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)
10.6	12,9	101 %	0,24	—
11.1	12,8	99 %	0,35	—
10.5	11,95	99 %	0,56	0,77
10.4	12,41	100 %	0,26	0,58
10.3	8,9	75 %	2,22	5,13
20.1	10,95	88 %	0,25	1,79
10.2	10,12	85 %	1,32	6,10
10.1	10,47	87 %	1,81	5,61

aktueller Sauerstoff - O₂ Index

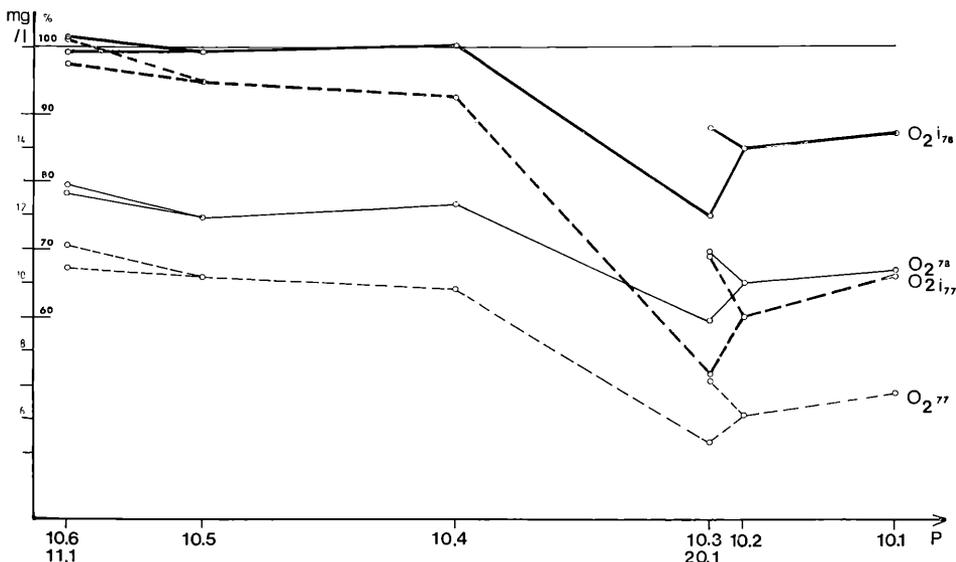


Abb. 2: Vergleich des Sauerstoffgehaltes bzw. des Sauerstoffindex 1977 und 1978

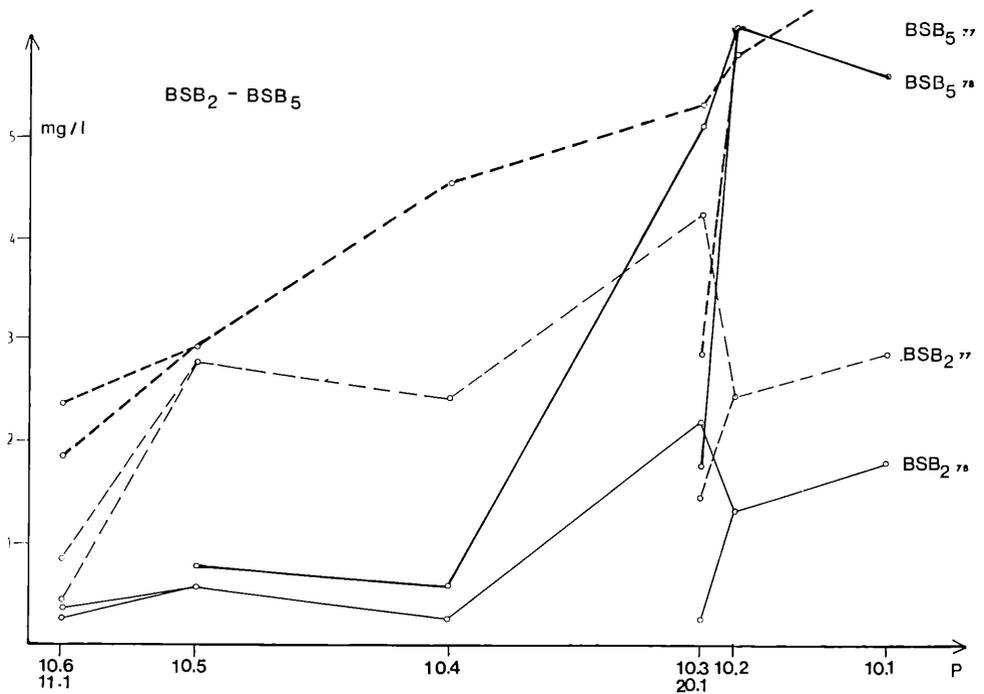


Abb. 3: Vergleich des BSB₂ und BSB₅ 1977 und 1978

Werte im Sommer bzw. Herbst 1977. Auch in dieser Untersuchung liegt das Maximum des Sauerstoff-Defizits bei Probenahmestelle 10.3.

Die Werte des BSB₂ liegen wesentlich unter den entsprechenden Werten des Jahres 1977. Auch dies fügt sich in das Bild der winterlichen Verhältnisse, da die aerobe und anaerobe Zersetzung organischer Substanzen durch bakterielle Prozesse ja ebenfalls temperaturabhängig ist und bei niederen Temperaturen wesentlich langsamer abläuft. Daher gelangen weniger Hydrolyseprodukte von Eiweißkörpern (faulendes Laub, Fäkalien) in das Wasser. Die meisten Abbauprodukte liegen noch in höhermolekularer Form vor und wirken nur wenig sauerstoffzehrend.

Der starke Anstieg der BSB₅-Werte bei Probenahmestelle 10.3 und 10.2 ist wohl auf den zusätzlichen Sauerstoffverbrauch der nitrifizierenden Bakterien zurückzuführen, die in diesem Abschnitt besonders deutlich hervortreten.

Physikalisch-chemische Analyse

Die physikalisch-chemischen Parameter entsprechen im großen und ganzen den Werten des Vorjahres. Allerdings erscheint die Probenahmestelle 10.5 wesentlich stärker belastet, als dies 1977 der Fall war. Gegenüber den vorjährigen Verhältnissen steigt der Phosphatwert um fast 300 %, der Nitritwert sogar um

400 % an. Übereinstimmend mit der Beobachtung im Jahr 1977 zeigt sich auch in dieser Untersuchung, daß die Verunreinigungsquelle knapp oberhalb der Probenahmestelle 10.5 liegen muß, da massenhaft unzersetzter Harnstoff nachgewiesen werden konnte.

In diesem Abschnitt ist eine starke Nitrifizierung festzustellen, die — zufolge des Überangebotes an löslichen Stickstoffverbindungen (Harnstoff usw.) — teilweise nur bis zur Stufe des Nitrits fortschreitet.

Bis zur Probenahmestelle 10.4 erhöht sich der Gehalt an gelöstem Stickstoff nur geringfügig. (Im Sommer 1977 kam es in diesem Bachabschnitt zu einer starken zusätzlichen Belastung durch Fäkalabwässer!)

Zwischen Probenahmestelle 10.4 und 10.3 wird auch heuer der Gersbach massiv durch Fäkalabwässer belastet. (Im Vergleich zu den Verhältnissen 1977 ist die Verunreinigung allerdings etwas geringer.) Der Sauerstoffgehalt, der auch in dieser Untersuchung hier sein Minimum erreicht, liegt zufolge der niedrigen Temperaturen höher als 1977. Dementsprechend erfolgt diesmal noch eine Nitrifizierung, die zu relativ hohen Nitratwerten führt. Das Überangebot an Stickstoff kann aber bei weitem nicht bewältigt werden, wie dies die an ein verdünntes Abwasser erinnernde Konzentration von 3,5 ppm NH_4 beweist. Der Aubach bringt verhältnismäßig sauerstoffreiches Wasser in den Gersbach. Der hohe Nitrat- und Urochromwert weist auf eine fäkale Verunreinigung im Oberlauf des Aubaches hin. Auch der Anteil an Reststickstoff (Eiweißabbauprodukte) ist verhältnismäßig hoch.

Auf der kurzen Fließstrecke bis zur Probenahmestelle 10.2 — ca. 80 m unterhalb der Einmündung des Aubaches — kommt es auch heuer zu starken Veränderungen im chemischen Milieu. Unter dem Einfluß des sauerstoffreicheren Wassers des Aubaches nimmt der Gehalt an Ammonium stark ab, aber auch die Konzentrationswerte des gesamten löslichen Stickstoffs sinken auf etwa die Hälfte der Werte bei Probenahmestelle 10.3. (Dies ist wahrscheinlich auf Komproportionierungen zurückzuführen, die auf die Bildung von elementarem Stickstoff hinauslaufen. Der gasförmige Stickstoff entweicht zum Teil in die Atmosphäre.) Ammonium wird zu N_2 oxidiert, teilweise fungiert auch Nitrat als Sauerstoffdonator. Während aber im Sommer 1977 zufolge der wesentlich stärkeren Belastung bei Probenahmestelle 10.3 und bei den damals herrschenden höheren Temperaturen hier eine sehr starke Nitritspitze (2,6 ppm NO_2 !) entsteht, verlaufen unter den winterlichen Verhältnissen die chemischen und mikrobiellen Prozesse diesmal weniger drastisch. Der Nitritwert liegt heuer bei 0,1 ppm! Andererseits liegen auch an dieser Probenahmestelle Eiweißabbauprodukte noch in ziemlich hochmolekularer Form vor, nur ein kleiner Teil ist zu niedrigeren Fragmenten abgebaut. Damit zeigen sich hier auch in chemischer Hinsicht etwas widersprüchliche Tendenzen: Einerseits kommt es unter dem Einfluß des erhöhten Redoxpotentials zu einer vehementen Nitrifikation, andererseits wird eine beträchtliche Menge leicht abbaubarer organischer Substanzen in den Gersbach eingebracht. (Diese widersprüchlichen Tendenzen zeigen sich auch im Bild der Biocönose!) Bis zur Mündung in die Salzach schreitet die Nitri-

fizierung weiter fort, der Nitritwert steigt auf 1,1 ppm und erreicht damit sein Maximum im gesamten Bachverlauf. Während also im Sommer 1977 diese Vorgänge — räumlich zusammengedrängt — zu einer drastischen Nitritspitze führen, verläuft die Nitrifikation im Winter langsamer und über eine längere Fließstrecke ausgedehnt.

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Frachtwerte bzw. Konzentrationen der einzelnen Stickstoffverbindungen sowie deren relativer Anteil am Gesamtstickstoff wiedergegeben. Die Zahlenwerte sind auf atomaren Stickstoff berechnet.

Tabelle 4

Frachtwerte der Stickstoffverbindungen (N atomar)

Probenahmestelle	ges. lösl. Stickstoff	ppb/sek			
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	Rest-N
10.5	93.832	3.733	1.972	14.200	73.926
10.4	117.352	12.445	2.227	19.774	82.906
10.3	195.245	85.206	1.647	56.408	51.982
20.1	232.146	23.792	1.330	69.083	137.940
10.2	220.386	14.000	7.075	98.882	100.428
10.1	234.378	8.635	27.584	67.874	130.285

N-gesamt (atom.) - Frachtwerte mg/sec

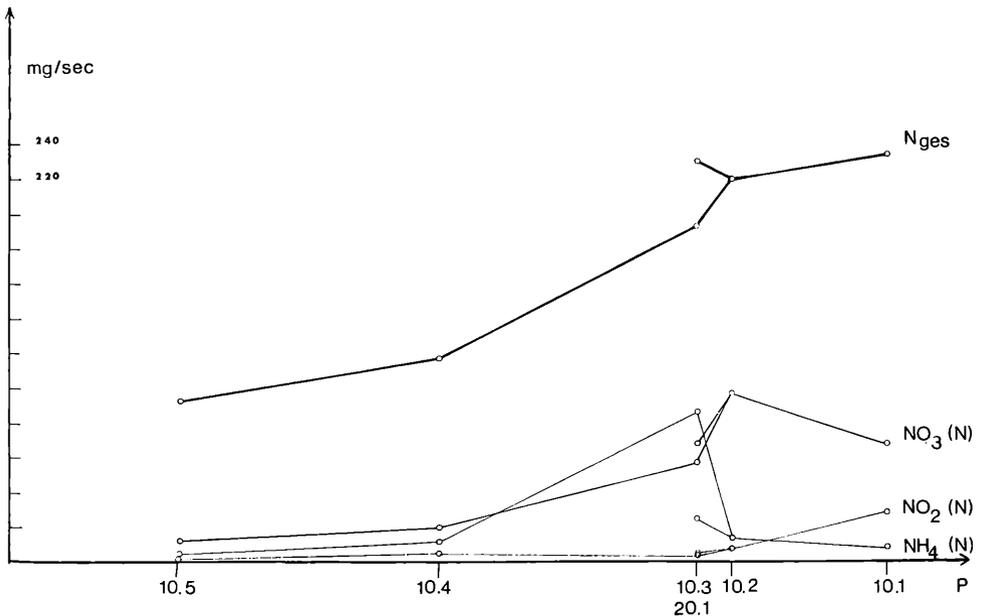


Abb. 4: Frachtwerte des Gesamtstickstoffs sowie von Ammonium, Nitrit und Nitrat (atomar berechnet)

Für das Vorkommen der einzelnen Arten bzw. die Zusammensetzung der einzelnen Biocönosen sind nicht so sehr die Frachtwerte als vielmehr die Konzentrationen der Gewässerinhaltsstoffe von Bedeutung.

Tabelle 5

Konzentration der Stickstoffverbindungen (auf N atomar berechnet)

Probenahmestelle	ges. lösl.	ppb				Rest-N
	Stickstoff	NH ₄	NO ₂	NO ₃		
10.5	5864	233	123	887	4621	
10.4	5867	622	111	989	4145	
10.3	6238	2722	53	1802	1661	
20.1	5312	545	30	1581	3157	
10.2	2938	187	94	1318	1339	
10.1	2956	109	348	856	1643	

Um das Überwiegen einer „Oxidationskraft“ bzw. „Reduktionskraft“ an den einzelnen Probenahmestellen abschätzen zu können, wurden die relativen Anteile der verschiedenen Oxidationsstufen der Stickstoffverbindungen in Prozent des Gesamtstickstoffs berechnet.

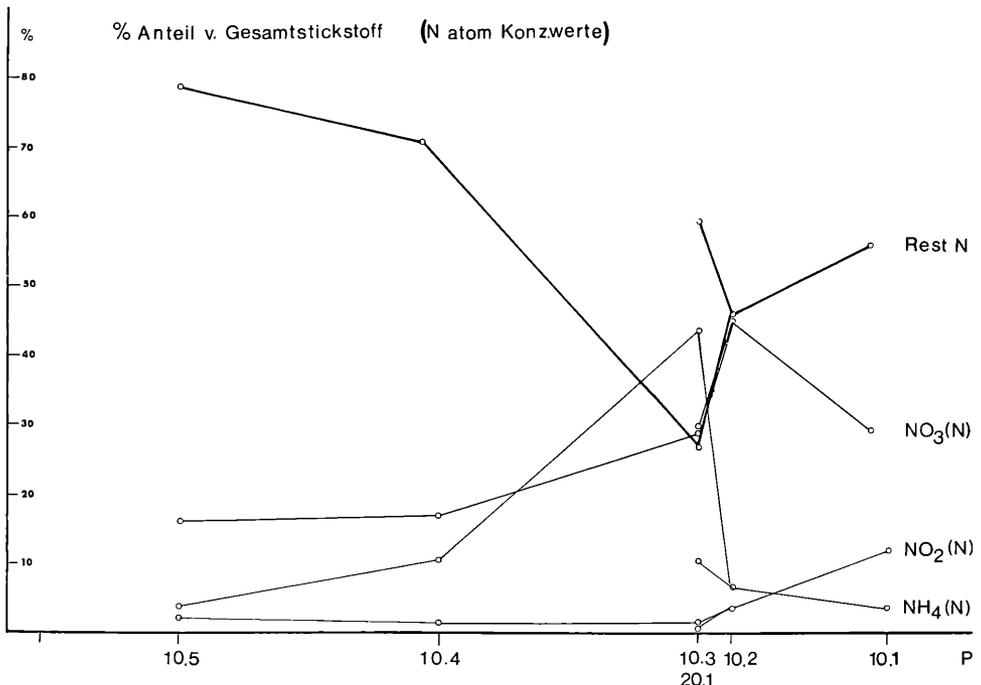


Abb. 5: Relativer Anteil des Rest-N sowie des Ammoniums, des Nitrits und des Nitrats am Gesamtstickstoff (Konzentrationswerte, N atomar berechnet)

Tabelle 6

Relativer Anteil des (atomaren) Stickstoffs in Prozent des Gesamtstickstoffs

Probenahmestelle	ges. lösl. Stickstoff ppb	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Rest-N
10.5	5864 = 100 %	3,97	2,1	15,13	78,8
10.4	5867 = 100 %	10,60	1,9	16,85	70,65
10.3	6238 = 100 %	43,64	0,84	28,89	26,63
20.1	5312 = 100 %	10,25	0,57	29,76	59,42
10.2	2938 = 100 %	6,35	3,21	44,87	45,57
10.1	2956 = 100 %	3,69	11,77	28,96	55,58

In Tabelle 7 werden die wichtigsten physikalisch-chemischen Parameter der einzelnen Probenahmestellen wiedergegeben.

Tabelle 7

Gersbach-Aubach 1978

Probenahmestelle	10.6	11.1	10.5	10.4	10.3	20.1	10.2	10.1
Uhrzeit	8.00	8.30	9.30	10.00	11.00	11.15	11.20	11.30
Wassertemperatur ° C	3,7	3,5	4,0	3,6	4,9	3,1	4,5	4,0
spez. el. Leitfähigkeit (µS/cm)	318	249	339	338	442	461	468	460
pH (bei 20° C)	8,19	8,27	8,05	8,11	7,59	7,80	7,69	7,88
Ammonium NH ₄ (ppm)	0,027	0,068	0,300	0,800	3,500	0,700	0,240	0,140
Nitrit NO ₂ ⁻ (ppm)	0,015	0,034	0,405	0,366	0,173	0,100	0,310	1,143
Nitrat NO ₃ ⁻ (ppm)	1,81	4,6	3,93	4,38	7,98	7,00	5,84	3,79
Total P (als PO ₄ ³⁻) (ppb)	121	42	1140	1550	5260	1160	3310	3140
lösl. o-Phosphat PO ₄ ³⁻ (ppb)	31	31	1140	1550	5260	1153	3310	3140
KMnO ₄ -Verbrauch (mg/l)	4	3	9	6	16	7	14	19

Biologische Aufnahme

Die Saprobien-Indices wurden für die floristische und faunistische Aufnahme getrennt berechnet. Wie schon in früheren Untersuchungen (J. HASLAUER, M. PUM und W. FOISSNER, 1979) zeigt sich auch hier, daß die floristisch gewonnenen Saprobien-Indices ein günstigeres Bild geben als die faunistisch berechneten. Trotzdem verlaufen die Kurvenzüge der floristischen und faunistischen Saprobien-Indices weitgehend parallel und ermöglichen eine gesicherte biologische Aussage.

Beschreibung der Probenahmestellen

Am Aussehen der einzelnen Probenahmestellen hat sich gegenüber der Aufnahme 1977 kaum etwas geändert.

Die Erdarbeiten (Wildbachverbauung) im Oberlauf des Gersbaches sind eingestellt, trotzdem konnte sich die Algenassoziation von den daraus resultierenden

Nachteilen noch nicht erholen. Bei Probenahmestelle 10.5 wurden vereinzelt *Assellus aquaticus* und Trichopterenköcher gefunden. An dieser Stelle ist starker Fäkalgeruch bemerkbar.

Bei Probenahmestelle 10.4 tritt *Cladophora glomerulata* häufiger auf, vereinzelt konnten Ephemeriden und Trichopterenköcher gefunden werden.

Probenahmestelle 10.3 ist ca. zu 40 % mit *Sphärotilus natans* bedeckt.

Probenahmestelle 20.1 (Aubach) ist nahezu ein stehendes Gewässer. Im Gegensatz zur letzten Untersuchung wurden einige Diatomeenformen gefunden, die (wie z. B. *Cymatopleura solea*) typisch für das nahezu stehende Gewässer sind, so daß man nun nicht annehmen kann, daß die meisten gefundenen Diatomeenarten verschlept sind.

Die Probenahmestellen 10.2 und 10.1 zeigen gegenüber 1977 keine wesentlichen Veränderungen.

Floristische Aufnahme — Saprobienindices

Probenahmestelle 10.6 (Gersbach Oberlauf)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	%	h
		x	o	b	a	p			
Kieselalgen									
<i>Achnanthes lanceolata</i>	I	5	3	2			2	0,4	1
<i>Achnanthes minutissima</i>	I/II	1	4	5			2	4,2	1
<i>Cymbella ventricosa</i>	II	2	4	3	1		1	7,5	1
<i>Cocconeis pediculus</i>	II		3	6	1		3	1,5	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	II	1	2	4	3		1	0,8	1
<i>Gomphonema olivaceum</i>	II			7	3		4	6,5	1
<i>Meridion circulare</i>	I/II	4	5	1			2	3,4	1
<i>Navicula cari</i>								0,8	1
<i>Navicula cryptocephala</i>	III			3	7		4	6,1	1
<i>Nitzschia acula</i>								0,8	1
<i>Nitzschia dissipata</i>	I/II		5	5			3	23,2	5
<i>Nitzschia hecfleriana</i>	I/II		4	6			3	15,2	3
<i>Nitzschia linearis</i>	I/II		5	5			3	12,2	3
<i>Nitzschia sublinearis</i>								9,1	1
<i>Surirella ovata</i>	II		3	5	2		2	5,3	1
<i>Synedra ulna</i>	II	1	2	4	3		1	3,0	1
Grünalgen									
<i>Microspora quadrata</i>	I								1

S = 2,0

GW (Gewässergüteklasse): II

Probenahmestelle 11.1 (Siebenbrunnenbach)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	‰	h
		x	o	b	a	p			
<i>Achnanthes lanceolata</i>	I	5	3	2			2	1,6	1
<i>Achnanthes minutissima</i>	I/II	1	4	5			2	22,5	5
<i>Cymbella ventricosa</i>	II	2	4	3	1		1	5,2	1
<i>Gomphonema olivaceum</i>	II			7	3		4	19,1	3
<i>Navicula cari</i>								8,1	3
<i>Navicula cryptocephala</i>	III			3	7		4	7,8	3
<i>Nitzschia dissipata</i>	I/II		5	5			3	4,2	1
<i>Nitzschia fonticola</i>	I/II		6	4			3	25,6	5
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	II		3	5	2		2	2,9	1
Blualgen									
<i>Phormidium boryanum</i> (Kütz)									1
S = 1,8									
GW: I/II									

Probenahmestelle 10.5 (Judenbergweg)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	‰	h
		x	o	b	a	p			
Kieselalgen									
<i>Achnanthes lanceolata</i>	I	5	3	2			2	0,7	1
<i>Achnanthes minutissima</i>	I/II	1	4	5			2	22,7	5
<i>Cocconeis pediculus</i>	II		3	6	1		3	2,4	1
<i>Cocconeis placentula</i>	II	2	4	3	1		1	3,6	1
<i>Cymbella ventricosa</i>	II	2	4	3	1		1	3,8	1
<i>Diatma vulgare</i>	II		3	5	2		2	11,2	3
<i>Gomphonema olivaceum</i>	II			7	3		4	12,6	3
<i>Navicula cari</i>								3,8	1
<i>Navicula cryptocephala</i>	III			3	7		4	15,5	3
<i>Nitzschia dissipata</i>	I/II		5	5			3	10,5	3
<i>Nitzschia fonticola</i>	I/II		6	4			3	3,1	1
<i>Nitzschia heufleriana</i>	I/II		4	6			3	0,7	1
<i>Nitzschia kützingiana</i>	III							3,3	1
<i>Nitzschia linearis</i>	I/II		5	5			3	0,5	1
<i>Nitzschia sublinearis</i>								2,1	1
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	II		3	5	2		2	0,7	1
<i>Surirella ovata</i>	II		3	5	2		2	2,6	1
Bakterien									
<i>Sphaerotilus natans</i>	II—IV				1	9	5		1
<i>Spirillum undulans</i>	IV—III					10	5		1
Grünalgen									
<i>Microspora quadrata</i>	I								1
S = 2,1									
GW: II/III									

Probenahmestelle 10.2 (Gersbach nach Einmündung Aubach)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	‰	h
		x	o	b	a	p			
Kieselalgen									
<i>Achnanthes lanceolata</i>	I	5	3	2			2	6,3	1
<i>Achnanthes minutissima</i>	I/II	1	4	5			2	12,3	3
<i>Cocconeis pediculus</i>	II		3	6	1		3	2,3	1
<i>Cocconeis placentula</i>	II	2	4	3	1		1	4,0	1
<i>Cymbella ventricosa</i>	II	2	4	3	1		1	2,6	1
<i>Diatoma vulgare</i>	II		3	5	2		2	1,3	1
<i>Diploneis spec.</i>								1,3	1
<i>Gomphonema olivaceum</i>	II			7	3		4	2,6	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	II	1	2	4	3		1	13,2	3
<i>Meridion circulare</i>	I/II	4	5	1			2	1,0	1
<i>Navicula cari</i>								6,0	1
<i>Navicula cryptocephala</i>	III			3	7		4	13,6	3
<i>Melosira varians</i>	II		3	5	2		2	4,0	1
<i>Nitzschia acula</i>								1,7	1
<i>Nitzschia dissipata</i>	I/II		5	5			3	3,6	1
<i>Nitzschia fonticola</i>	I/II		6	4			3	1,3	1
<i>Nitzschia kützingiana</i>	III							2,0	1
<i>Nitzschia linearis</i>	I/II		5	5			3	6,0	1
<i>Nitzschia palea</i>	III			3	6	1	3	1,3	1
<i>Nitzschia sublinearis</i>								2,6	1
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	II		1	8	1		4	0,7	1
<i>Surirella ovata</i>	II		3	5	2		2	11,3	3
<i>Synedra ulna</i>	II	1	2	4	3		1	1,3	1
Bakterien									
<i>Beggiatoa alba</i>	II—IV				1	9	5		3
<i>Nocardia opaca</i>									1
Flagellaten									
<i>Euglena spec.</i>									1
<i>Gongrosira debaryana</i>									1
S = 2,1									
GW: II/III									

Probenahmestelle 10.1 (Gersbach bei Mündung)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	‰	h
		x	o	b	a	p			
Kieselalgen									
<i>Achnanthes lanceolata</i>	I	5	3	2			2	6,4	3
<i>Achnanthes minutissima</i>	I/II	1	4	5			2	7,6	3
<i>Cocconeis pediculus</i>	II		3	6	1		3	1,4	1
<i>Cocconeis placentula</i>	II	2	4	3	1		1	1,6	1
<i>Cymatopleura solea</i>	II		1	5	4		2	0,5	1
<i>Diatoma vulgare</i>	II		3	5	2		2	1,1	1
<i>Gomphonema olivaceum</i>	II			7	3		4	1,6	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	III	1	2	4	3		1	26,6	5

Fortsetzung von Probenahmestelle 10.1 (Gersbach bei Mündung)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	%	h
		x	o	b	a	p			
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	I/II			8	2		4	0,2	1
<i>Melosira varians</i>	II		3	5	2		2	0,5	1
<i>Navicula cari</i>								2,3	1
<i>Navicula cryptocephala</i>	III			3	7		4	12,2	3
<i>Nitzschia fonticola</i>	I/II		6	4			3	3,4	1
<i>Nitzschia dissipata</i>	I/II		5	5			3	4,1	1
<i>Nitzschia kützingiana</i>	III							1,8	1
<i>Nitzschia linearis</i>	I/II		5	5			3	0,5	1
<i>Nitzschia sublinearis</i>								1,4	1
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	II		3	5	2		2	7,6	3
<i>Surirella ovata</i>	II		3	5	2		2	15,6	5
<i>Synedra vaucheria</i>								3,5	1
Bakterien									
<i>Beggiatoa alba</i>	II—IV				1	9	5		1
Grünalgen									
<i>Microthamnion kützingianum</i>	II								1

S = 2,1
GW: II/III

Faunistische Aufnahme — Saprobienindices

Probenahmestelle 10.6 (Gersbach Oberlauf)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	h
		x	o	b	a	p		
<i>Coleps hirtus</i>	b—a			5	5		3	1 a
<i>Pseudochilodonopsis</i>								1 a
<i>Uronema parduczi</i>	a				7	3	4	1 a
<i>Uroleptus spec.</i>								1 a
<i>Urostyla spec.</i>								1 a
<i>Acinertia incurvata</i>	p—i					10	5	1 a

Bei der geringen Zahl Arten und Individuen ist eine Berechnung des Saprobien-Index fraglich. Hier wäre der Saprobien-Index $S = 3,17$, was sicher nicht zutreffend ist. Es sei aber darauf hingewiesen, daß auch die faunistische Aufnahme im Herbst 1977 eine sehr arten- und individuenarme Biocönose ergeben hat (S war damals 3,1!).

Probenahmestelle 11.1 (Siebenbrunnenbach)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	h
		x	o	b	a	p		
<i>Tetrahymena corlissi</i>	o—b							1 a
<i>Cyclidium glaucoma</i>	a				9	1	5	1 a

In fünf genau durchgesehenen Objektträgern wurden nur diese zwei Arten in sehr geringer Abundanz gefunden.

Auch für diese Probenahmestelle gilt das oben gesagte. $S = 2,75$.

Probenahmestelle 10.5 (Judenbergweg)

Organismenbestand	L	x	Einstufung				G	h
			o	b	a	p		
<i>Euplotes affinis</i>	a—b			4	6		3	1 c
<i>Glaucoma scintillans</i>	p—i				2	8	4	3 a
<i>Colpidium colpoda</i>	p—i				3	7	4	3 b
<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	b—p		1	3	3	3	1	1 b
<i>Enchelydium spec.</i>								1 b
<i>Chilodonella uncinata</i>	a				10		5	1 a
<i>Amphileptus carchesii</i>	a							1 c
<i>Colpidium truncatum</i>	a							1 b
<i>Acineria incurvata</i>	p—i					10	5	1 b
<i>Colpidium campylum</i>	p—i				1	9	5	3 a
<i>Carchesium polypinum</i>	a			2	7	1	3	1 b
<i>Litonotus lamella</i>	b			8	2		4	1 b
<i>Urotricha spec.</i>								1 a
<i>Tachysoma pellationella</i>	a							3 a
<i>Paramecium caudatum</i>	a				7	3	4	1 a
<i>Vorticella campanula</i>	b		1	6	3		3	1 c
<i>Trochilia minuta</i>	a—b							1 c

Im wesentlichen als a-mesosaprob einzustufen.

$$S = 3,27$$

Probenahmestelle 10.4 (vor Westbahn)

Organismenbestand	L	x	Einstufung				G	h
			o	b	a	p		
<i>Acineria incurvata</i>	p—i					10	5	1 b
<i>Clamydonella spec.</i>								1 a
<i>Amphileptus carchesii</i>	a			2	8		4	1 b
<i>Glaucoma scintillans</i>	p—i				2	8	4	1 b
<i>Carchesium polypinum</i>	a			2	7	1	3	1 c
<i>Aspidisca lynceus</i>	a			1	9		5	1 b
<i>Urostyla spec.</i>								1 a
<i>Euplotes affinis</i>	a—b			4	6		3	1 a
<i>Vorticella convallaria</i>	a			1	9		5	1 a
<i>Trochilia minuta</i>	a—b							1 c
<i>Tachysoma pellationella</i>	a							1 c
<i>Oxytricha fallax</i>	a				10		5	1 a

Diese Besiedelung deutet im Verein mit den geringen Abundanzen auf ein Abklingen des a-mesosaprob Zustandes, etwa b—a mesosaprob.

$$S = 3,10$$

Probenahmestelle 10.3 (Gersbach nach Bürgleinstraße)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	h
		x	o	b	a	p		
<i>Aspidisca lynceus</i>	a		1	9			5	3 a
<i>Colpidium colpoda</i>	p—i			3	7		4	3 a
<i>Amphileptus carchesii</i>	a		2	8			4	3 b
<i>Chilodonella cucullulus</i>	a		1	9			5	3 b
<i>Glaucoma scintillans</i>	p—i			2	8		4	1 c
<i>Colpidium campylum</i>	p—i			1	9		5	1 a
<i>Euplotes affinis</i>	a—b		4	6			3	1 b
<i>Carchesium polypinum</i>	a		4	6			3	5 b
<i>Enchelydium spec.</i>								1 a
<i>Litonotus lamella</i>	b		8	2			4	1 c
<i>Paramecium trichium</i>	p—i			2	8		4	3 a
<i>Prorodon spec.</i>								1 c
<i>Tetrahymena corlissi</i>	o—b							1 c
<i>Tokophrya spec.</i>								1 c
<i>Paramecium aurelia</i>	b—a		5	5			3	1 a
<i>Urostyla spec.</i>								1 a
<i>Tachysoma pellionella</i>	a							3 a
<i>Trochilia minuta</i>	a—b							3 b

S = 3,10

Probenahmestelle 20.1 (Aubach vor Einmündung)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	h
		x	o	b	a	p		
<i>Cyclidium glaucoma</i>	a			9	1		5	1 a
<i>Uronema parduczi</i>	a			7	3		4	1 a
<i>Tachysoma pellionella</i>	a							1 a
<i>Stentor polymorphus</i>	b		1	6	3		3	1 a
<i>Uroleptus piscis</i>								1 a

vermutlich b-mesosaprob

S = 2,75

Probenahmestelle 10.2 (Gersbach nach Einmündung Aubach)

Organismenbestand	L	Einstufung					G	h
		x	o	b	a	p		
<i>Chilodonella cucullulus</i>	a			1	9		5	1 c
<i>Aspidisca lynceus</i>	a			1	9		5	1 c
<i>Colpidium colpoda</i>	p—i				3	7	4	1 c
<i>Glaucoma scintillans</i>	p—i				2	8	4	1 a
<i>Amphileptus carchesii</i>	a							1 c
<i>Aspidisca costata</i>	a			2	8		4	1 a
<i>Carchesium polypinum</i>	a			2	7	1	3	3 a

Fortsetzung von Probenahmestelle 10.2 (Gersbach nach Einmündung Aubach)

Organismenbestand	L	x	Einstufung				G	h
			o	b	a	p		
<i>Acineria incurvata</i>	p—i					10	5	1 a
<i>Prorodon spec.</i>								1 a
<i>Colpidium campylum</i>	p—i				1	9	5	1 a
<i>Euplotes affinis</i>	a—b			6	4		3	1 a
<i>Trochilia minuta</i>	a—b							3 a
<i>Tokophrya spec.</i>								1 a
<i>Paramecium trichium</i>	p—i				2	8	4	1 b
<i>Litonotus lamella</i>	b			8	2		4	1 a
<i>Tetrahymena corlissi</i>	o—b							1 a
<i>Stentor polymorphus</i>	b		1	6	3		3	1 b

alphamesosaprob mit geringer Neigung zur beta-Mesosaprobie.

S = 3,00

Probenahmestelle 10.1 (Gersbach bei Mündung)

Organismenbestand	L	x	Einstufung				G	h
			o	b	a	p		
<i>Aspidisca lynceus</i>	a			1	9		5	1 c
<i>Amphileptus carchesii</i>	a							1 a
<i>Glaucoma scintillans</i>	p—i				2	8	4	1 b
<i>Colpidium colpoda</i>	p—i					3	7	3 c
<i>Chilodonella cucullulus</i>	a		1	9			5	3 c
<i>Colpidium campylum</i>	p—i				1	9	5	1 a
<i>Acineria incurvata</i>	p—i						10	1 a
<i>Chilodonella uncinata</i>	a					10	5	1 a
<i>Euplotes affinis</i>	a—b			6	4		3	1 a
<i>Carchesium polypinum</i>	a			2	7	1	3	1 c
<i>Tachysoma pellionella</i>	a							1 c
<i>Uronema parduczi</i>	a				7	3	4	1 b
<i>Paramecium trichium</i>	p—i				2	8	4	3 c
<i>Litonotus lamella</i>	b			8	2		4	1 a
<i>Tetrahymena corlissi</i>	o—b							1 a
<i>Paramecium caudatum</i>	a				7	3	4	1 c
<i>Trochilia minuta</i>	a—b							3 a

polysaprob mit Neigung zur alpha-Mesosaprobie.

S = 3,22

Diskussion der biologischen Parameter

Probenahmestelle 10.6

Die Algenflora ist wesentlich vielfältiger als im Herbst 1977. Die häufigste Art ist wiederum *Nitzschia dissipata*, obwohl sie nicht mehr dominiert, wie in der letzten Untersuchung. Die Erdarbeiten oberhalb der Aufnahmeestelle sind eingestellt (die Hochwasserverbauung scheint fertig zu sein), die Algenvegetation

konnte sich aber von daraus resultierenden Schäden noch nicht vollkommen erholen.

Das Vorkommen von *Navicula cryptocephala* zeigt eine gewisse Belastung an.

Die faunistische Aufnahme zeigt nur wenig Ciliaten an. Keine stärkere anthropogene Belastung, geringe Depotreserven.

Probenahmestelle 11.1

Der Saprobiegrad beträgt (floristisch) 1,8. Die Gewässergüte ist mit I/II, mit deutlicher Neigung zur beta-Mesosaprobie, zu beurteilen.

Sehr häufig ist hier *Achnanthes minutissima*, die ein großes ökologisches Spektrum aufweist. Die häufigste Art hingegen, *Nitzschia fonticola*, hat ein wesentlich höheres Indikationsgewicht und ist ein Anzeiger für reine bis mäßig verschmutzte Bäche. Das hohe Vorkommen von *Gomphonema olivaceum* und das völlige Fehlen von *Gomphonema parvulum* weist auf die hohe Strömungsgeschwindigkeit hin, die hier ständig herrscht.

Die faunistische Aufnahme zeigt hier nur zwei Ciliatenarten in sehr geringer Abundanz. Dies deutet auf keine nennenswerten anthropogenen Einflüsse hin.

Probenahmestelle 10.5

Die Gewässergüte hat sich deutlich verschlechtert. Das starke Aufkommen von *Navicula cryptocephala* — sie ist die zweithäufigste Art an dieser Stelle — weist auf eine starke Belastung mit fäulnisfähigen, organischen Substanzen hin. Das Zurückgehen von *Gomphonema olivaceum* und das Aufkommen von *Diatoma vulgare* zeigt, daß die Strömungsgeschwindigkeit zurückgegangen ist. Obwohl sich die Gewässergüte verschlechtert hat, ist *Achnanthes minutissima* die häufigste Art. Dies beweist neuerlich die große ökologische Valenz dieser Art.

Die reichhaltige Ciliatenbiocönose deutet auf ein Überangebot leicht abbaubarer organischer Substanz hin. Die Probenahmestelle dürfte nicht weit unterhalb einer Einleitung häuslicher Abwässer liegen. (Dies steht in Übereinstimmung mit der chemischen Aufnahme!)

Die Gewässergüte ist im wesentlichen als alpha-mesosaprob, Gewässergüteklasse III (mit sehr geringer Neigung zur beta-Mesosaprobie) einzustufen.

Probenahmestelle 10.4

Die Gewässergüte hat sich gegenüber Probenahmestelle 10.5 gebessert. Auch im Vergleich zu den Verhältnissen 1977 ist eine Besserung festzustellen.

Achnanthes minutissima ist nun stark zurückgegangen. Neu ist das stärkere Vorkommen von *Cocconeis pediculus*, die mit 14,2 % die häufigste Art ist. Diese Art ist ein deutlicher Anzeiger für beta-Mesosaprobie. *Gomphonema olivaceum* ging weiter stark zurück.

Die faunistische Aufnahme zeigt ebenfalls ein Abklingen des alpha-mesosaprobien Zustandes an.

Die Gewässergüte ist hier mit II, mäßig verschmutzt, zu beurteilen.

Probenahmestelle 10.3

Der — floristisch berechnete — Saprobien-Index ist gegenüber Probenahmestelle 10.4 deutlich angestiegen. (Die Gewässergüte an dieser Stelle ist allerdings besser als 1977.)

Die Algenassoziation hat sich neuerlich stark verändert. Dominierend ist nun *Gomphonema parvulum*, die mit 43,9 % nahezu den gleichen Anteil ausmacht wie in der vorjährigen Untersuchung. Diese Art bevorzugt vor allem strömungsärmere und wärmere (?) Standorte. Ihr Indikationswert ist allerdings gering, da sie — ähnlich der *Achnanthes minutissima* — eine große ökologische Bandbreite besitzt. Die zweithäufigste Art ist hier *Navicula cryptocephala*, die eine starke organische Belastung anzeigt. Die typisch beta-mesosaprobien Arten, die noch an der vorhergehenden Probenahmestelle häufig vertreten waren, wie *Cocconeis pediculus*, *Diatoma vulgare* und *Surirella ovata*, sind hier stark zurückgegangen. Auch dies zeigt eine Verschlechterung der Gewässergüte an.

Das starke Auftreten von *Gomphonema parvulum* ergibt an dieser Stelle zwar insgesamt eine Zunahme der beta-mesosaprobien Formen. Dies ist aber wahrscheinlich auf andere als saprobielle Ursachen zurückzuführen und täuscht eine Neigung zur beta-Mesosaprobie vor, die an dieser Stelle gerade in Hinsicht auf die physikalisch-chemischen Parameter sicher nicht gegeben ist. In diesem Zusammenhang wird der Begriff der „saprobiellen Relevanz“ einer Art, das heißt ihrer Bedeutung für das Saprobien-System, eingeführt. So wurde z. B. in der Untersuchung 1977 bei Probenahmestelle 4 (= 10.4) ein häufiges Auftreten von *Rhoicosphenia curvata* (23,2 %) beobachtet. Diese Art ist eine der häufigsten Aufwuchsalgen. Ihr Auftreten an dieser Stelle ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß hier die Strömungsgeschwindigkeit schon geringer ist, andererseits noch genügend Sauerstoff vorhanden ist. Ob das starke Auftreten von *Gomphonema parvulum* bei Probenahmestelle 10.3 auf ein durchschnittlich hohes, aber stark wechselndes Stickstoffangebot (CHOLNOKY 1968) zurückzuführen ist, müßte durch Aufnahme von Tagesgängen geprüft werden.

Offensichtlich ist das gehäufte Auftreten bestimmter Arten durch Standortbedingungen begünstigt, die nichts oder nur wenig mit der Verschmutzung eines Gewässers zu tun haben. In diesen Fällen ist natürlich die „saprobielle Relevanz“ dieser Arten gering.

Auch die Ciliatenpopulation zeigt an dieser Probenahmestelle eine starke Belastung mit organischen, abbaufähigen Substanzen an.

Probenahmestelle 20.1

Ein Problem für die Beurteilung der Gewässergüte ist die geringe Individuenzahl, die hier, trotz relativ großer Artenanzahl, gefunden wurde. Im Gegensatz zur letzten Untersuchung wurden einige Formen gefunden, die typisch für das nahezu stehende Gewässer sind, so daß man nun nicht davon ausgehen kann, daß die meisten der gefundenen Diatomeen verschleppt sind. Am häufigsten tritt hier *Surirella ovata* auf, die eine größere ökologische Valenz aufweist, aber doch ein Anzeiger für beta-Mesosaprobie ist.

Auch die faunistische Aufnahme weist auf eine geringe anthropogene Belastung hin.

Bei aller Vorsicht kann deshalb auf einen Gütegrad von II, mäßig verschmutzt, geschlossen werden.

Probenahmestelle 10.2

Der Saprobiegrad ist etwas gesunken. An dieser Stelle konnte die größte Vielfalt an Diatomeen gefunden werden. *Gomphonema parvulum* ist hier stark zurückgegangen, obwohl sie weiterhin eine der häufigsten Arten ist. (Dieser Rückgang war auch bei der Untersuchung 1977 festzustellen. Eine Erklärung für dieses Verhalten kann derzeit nicht gegeben werden.) *Navicula cryptocephala* ist hier eine der häufigsten Arten. Das stärkere Auftreten von *Achnanthes minutissima* weist auf eine gewisse Besserung der Sauerstoffverhältnisse hin. Erstmals findet sich hier, wenn auch in geringer Anzahl, *Nitzschia palea*, die einen hohen Indikationswert für alpha-Mesosaprobie hat.

Auch die faunistische Aufnahme weist auf eine starke Belastung hin.

Die Gewässergüteklasse wird hier mit II/III: mäßig bis stark verschmutzt, angegeben.

Probenahmestelle 10.1

In diesem Bereich zeigen die biologischen Verhältnisse (besonders die Ciliaten-cönose) eine gewisse Verschlechterung an.

Ähnlich wie 1977 ist *Gomphonema parvulum* hier die häufigste Art. *Gomphonema olivaceum* kann aus irgendwelchen Gründen diese Art, trotz hoher Strömungsgeschwindigkeit, nicht verdrängen. *Navicula cryptocephala* bleibt weiterhin eine häufige Art, was darauf hinweist, daß der Gersbach bis zu seiner Mündung kaum mehr imstande ist, einen Selbstreinigungsprozeß durchzuführen.

Die faunistische Aufnahme zeigt gegenüber Probenahmestelle 10.2 eine deutliche Verschlechterung an. Die relativen Häufigkeiten der einzelnen Saprobitätsstufen zeigen ein deutliches Zunehmen der polysaproben Formen an.

Die Gewässergüte wird daher an dieser Stelle mit III, stark verschmutzt, beurteilt.

In Tabelle 8 werden die Saprobien-Indices noch einmal zusammengestellt und mit den entsprechenden Werten der vorjährigen Untersuchung verglichen.

Die faunistischen Saprobien-Indices wurden einmal in der herkömmlichen Art berechnet, wobei alle vorkommenden Arten berücksichtigt werden. Nach UHLMANN (1975) werden zur Ermittlung der Saprobien-Indices nur jene Arten herangezogen, die ein Indikationsgewicht von mindestens 3 besitzen.

Die Angabe der Saprobien-Indices erfolgt auf zwei Dezimalstellen, wobei allerdingst nur die erste Dezimalstelle signifikant ist, jede weitere Dezimalstelle liegt im Fehlerbereich der Methode.

Tabelle 8

Probenahmestelle	Saprobien-Indices			Mittelwerte	
	S_{flor}	S_{faun}			
		$g \geq 1$	$g \geq 3$		
10.6	2,0	3,17	3,17	2,58	2,58
11.1	1,8	2,75	2,75	2,27	2,27
10.5	2,1	3,27	3,42	2,68	2,76
10.4	2,0	3,10	3,22	2,55	2,61
10.3	2,4	3,10	3,22	2,75	2,81
20.1	2,1	2,75	2,70	2,42	2,40
10.2	2,1	3,00	3,20	2,55	2,65
10.1	2,1	3,22	3,41	2,66	2,75

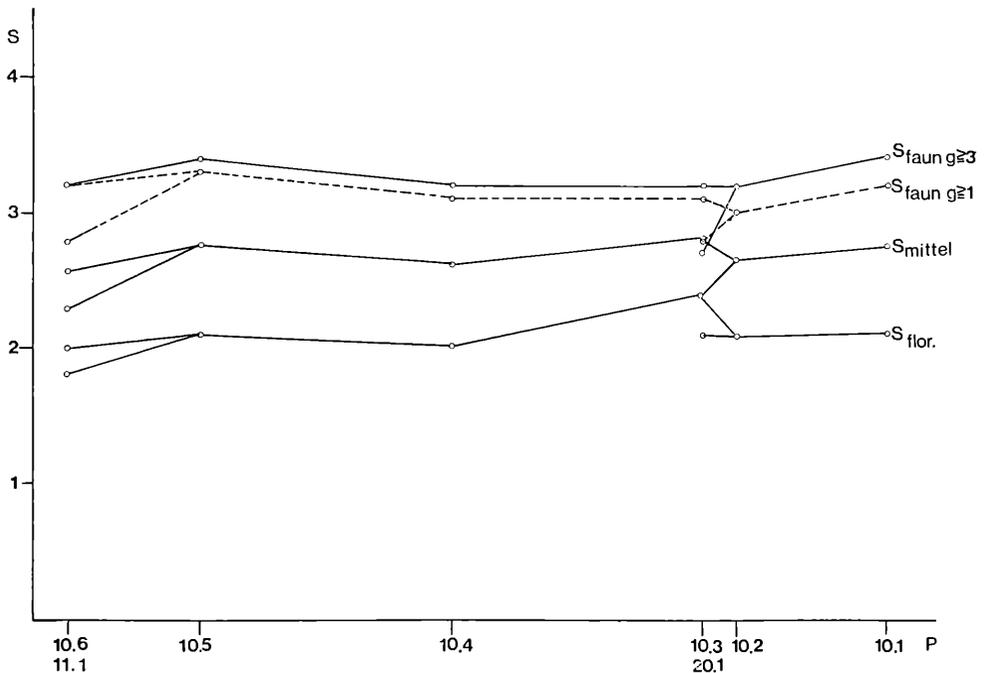


Abb. 6: Saprobian-Indices: $S_{\text{faun } g \geq 1}$: Sapr.-Indices auf Grund der faunistischen Aufnahme, unter Berücksichtigung aller vorkommenden Arten. $S_{\text{faun } g \geq 3}$: Sapr.-Indices auf Grund der faunistischen Aufnahme, unter Berücksichtigung der Arten mit einem Indikationswert $g \geq 3$, S_{flor} : Sapr.-Indices auf Grund der floristischen Aufnahme, unter Berücksichtigung aller aufgefundenen Arten, einschließlich der Bakterien und Pilze

Beurteilung der Gewässergüte

Auch in dieser Untersuchung zeigt sich, daß die sichere Beurteilung der Gewässergüte eines Fließgewässers nur unter Berücksichtigung sowohl der biologischen Situation als auch des Sauerstoffregimes und der sonstigen physikalisch-chemischen Parameter erfolgen kann.

Die nunmehr auch unter winterlichen Verhältnissen durchgeführte physikalisch-chemische und biologisch-ökologische Aufnahme des Gersbachs ermöglicht eine sichere Beurteilung der einzelnen Fließstrecken dieses Gewässers und ihrer Belastung durch kommunale Abwässer.

Auf Grund dieser relativ genauen Kenntnis der biologischen und chemischen Situation können die verschiedenen, in der Literatur angegebenen Methoden zur Auswertung und Darstellung der Ergebnisse auf ihre Signifikanz und Aussagefähigkeit untersucht werden.

Zu den ökologischen Methoden der Bewertung eines abwasserbelasteten Gewässers zählen — neben der Bestimmung des Artenfehlbetrages nach KOTHE (1962) — vor allem Verfahren, die nach Saprobien-Systemen arbeiten.

Das System von KOLKWITZ und MARSSON (1902, 1908, 1909) umfaßt vier Saprobitätsstufen:

polysaprob	sehr stark verunreinigt
alpha-mesosaprob	stark verunreinigt
beta-mesosaprob	mäßig verunreinigt
oligosaprob	kaum verunreinigt

FJERDINGSTAD (1964) teilt die vier Zonen des klassischen Systems weiter auf und benutzt einzelne Gesellschaften von Bakterien und Algen als Indikatoren.

SLADECEK und SRAMEK-HUSEK (1956) dehnen das klassische System auf intensive Verunreinigungen aus und beziehen auch toxische und radioaktive Verunreinigungen ein.

Zur Auswertung und Darstellung der Ergebnisse werden in dieser Untersuchung die schon erwähnten Methoden von PANTLE und BUCK (1955), die Methode von ZELINKA und MARVAN (1961) sowie eigene Verfahren (Relative Häufigkeit, Relative Gewichtung) herangezogen.

Vergleich der Saprobien-Indices mit den physikalisch-chemischen Parametern

Probenahmestelle 10.6 und 11.1

Die Berechnung des Saprobien-Indexes auf Grund der faunistischen Aufnahme erscheint hier fragwürdig. Es liegt eine sehr arten- und individuenarme Biocönose vor. Der berechnete Saprobien-Index von 3,17 für Probenahmestelle 10.6 scheint sicher zu hoch. Der Mittelwert aus faunistischer und floristischer Aufnahme beträgt 2,58. Allerdings zeigt auch die floristische Aufnahme eine — wenigstens zeitweilige — Belastung des Gersbachs in seinem Oberlauf

(Vorkommen von *Navicula cryptocephala*!). Die chemische Analyse zeigt zum Zeitpunkt der Aufnahme nur geringste Mengen von fäulnisfähigen Stoffen.

Probenahmestelle 10.5

Hier zeigt sowohl der faunistisch als auch der floristisch berechnete Saprobien-Index eine starke Belastung an. Der Mittelwert des Saprobien-Indexes von 2,7 liegt bereits im alpha-mesosaprobien Bereich. Dies steht in guter Übereinstimmung mit der chemischen Aufnahme. (Belastung durch wenig geklärte Fäkalabwässer!) Auch die Sauerstoffzehrung nimmt stark zu, ebenso der KMnO_4 -Verbrauch.

Probenahmestelle 10.4

Die Saprobien-Indices sinken ab, der mittlere Saprobien-Index beträgt 2,6. Dies spiegelt die auch in der chemischen Analyse aufscheinende Besserung der Gewässergüte an dieser Stelle.

Probenahmestelle 10.3:

Die faunistisch und floristisch gewonnenen Saprobien-Indices zeigen hier ein etwas verschiedenes Verhalten. Die faunistisch berechneten Saprobien-Indices (mit $g \geq 1$ und $g \geq 3$) zeigen gegenüber Probenahmestelle 10.4 kaum eine Veränderung der Gewässergüte an. Dagegen weisen die floristisch gewonnenen Saprobien-Indices — vor allem unter Berücksichtigung der Bakterien und des Abwasserpilzes — eine deutliche Verschlechterung an dieser Probenahmestelle aus.

Die in der mathematischen Berechnung nur geringfügige Veränderung des faunistischen Saprobien-Indexes erscheint hier nur wenig korreliert mit der physikalisch-chemischen Aufnahme.

Probenahmestelle 20.1

Der Aubach weist hier einen niedrigeren Saprobien-Index auf als der Gersbach bei Probenahmestelle 10.3. Dies entspricht den in der physikalisch-chemischen Analyse aufgenommenen Werten. Der Sauerstoffgehalt des Aubachs ist höher, die Sauerstoffzehrung deutlich geringer als die des Gersbachs. Die Frachtwerte für den Rest-Stickstoff liegen allerdings im Aubach etwa doppelt so hoch wie im Gersbach, was auf eine Belastung mit mehr oder weniger unzersetzten N-Verbindungen hinweist.

Probenahmestelle 10.2:

Die Saprobien-Indices sinken etwas ab (besonders deutlich ist das Absinken der floristisch berechneten Indices). Dies steht insofern mit der chemischen Aufnahme in Übereinstimmung, als sich hier der Einfluß des sauerstoffreicheren Wassers des Aubaches in einer Zunahme der Reinwasserformen bemerkbar macht. Die gleichzeitige Zunahme der poly- bzw. alpha-mesosaprobien Arten weist allerdings darauf hin, daß daneben noch eine Belastung mit organischen Substanzen vorliegt.

Der Saprobien-Index als „Mittelwert“ der beobachteten Häufigkeiten ist natürlich nicht geeignet, differenzierte Aussagen über diese widersprüchlichen Tendenzen zu ermöglichen.

Probenahmestelle 10.1

Hier steigt der Saprobien-Index wieder an. (Deutlicher der faunistische, weniger deutlich der floristisch berechnete!) Dies steht in Übereinstimmung mit den physikalisch-chemischen Parametern. Durch die fortschreitende Nitrifizierung erreicht hier der Nitritwert mit 1,1 ppm sein Maximum in der gesamten Fließstrecke. Auch die Menge des gesamten löslichen Stickstoffs sowie der KMnO_4 -Verbrauch nimmt etwas zu.

Relative Häufigkeit der einzelnen Saprobitätsstufen in Prozent der Gesamtabundanz

Die Saprobien-Indices repräsentieren einen mathematischen Durchschnitt der Verhältnisse an den einzelnen Probenahmestellen. Die Schwankungen der Werte bleiben häufig im Bereich der ersten Dezimalstelle. Zwar stehen die Saprobien-Indices im allgemeinen in guter Übereinstimmung mit den physikalisch-chemischen Parametern, sie ermöglichen aber als Mittelwerte keine differenziertere Aussage über die ökophysiologischen Standortbedingungen.

Um eine genauere Diskussion der synökologischen Befunde zu ermöglichen, wurde auch in dieser Untersuchung die schon früher vom Autor (HASLAUER, PUM, FOISSNER 1979) angewandte Methode der Bestimmung der „Relativen Häufigkeit“ der einzelnen Saprobitätsstufen in Prozent der Gesamtabundanz herangezogen. Diese Methode kann allerdings nur auf einzellige und zahlreich auftretende Organismen (Ciliaten, Diatomeen) angewandt werden. (Eine Erweiterung dieser Methode etwa unter Berücksichtigung des Bedeckungsgrades oder der Biomasse wäre denkbar, würde aber einen beträchtlich höheren Zeitaufwand erfordern.)

Zur Bestimmung der Relativen Häufigkeit der einzelnen Saprobitätsstufen werden nur Arten mit einem Indikationsgewicht $g \geq 2$ herangezogen. Arten mit einem Indikationsgewicht $g = 1$ werden ebenso wie Arten, bei denen kein Indikationswert angegeben ist oder deren Zuordnung zu einem bestimmten Saprobitätsgrad unbekannt ist, mit ihren Häufigkeiten gezählt. Die Summe aller Häufigkeiten ergibt die Gesamtabundanz:

$$\Sigma o + \Sigma b + \Sigma a + \Sigma p + \Sigma u = 100 \%$$

(Σu = Häufigkeit der unbestimmten Arten)

Die Darstellung der Relativen Häufigkeit (siehe Abb. 7 und 8) zeigt wesentlich deutlicher die Änderung der ökophysiologischen Situation an den einzelnen Probenahmestellen, als dies durch die Saprobien-Indices zum Ausdruck kommt.

In Abb. 7 ist der Gang der Relativen Häufigkeiten für die faunistische Aufnahme wiedergegeben. Die aus den chemischen Verschmutzungsparametern hervorgehende starke Belastung bei Probenahmestelle 10.5 kommt in der Zu-

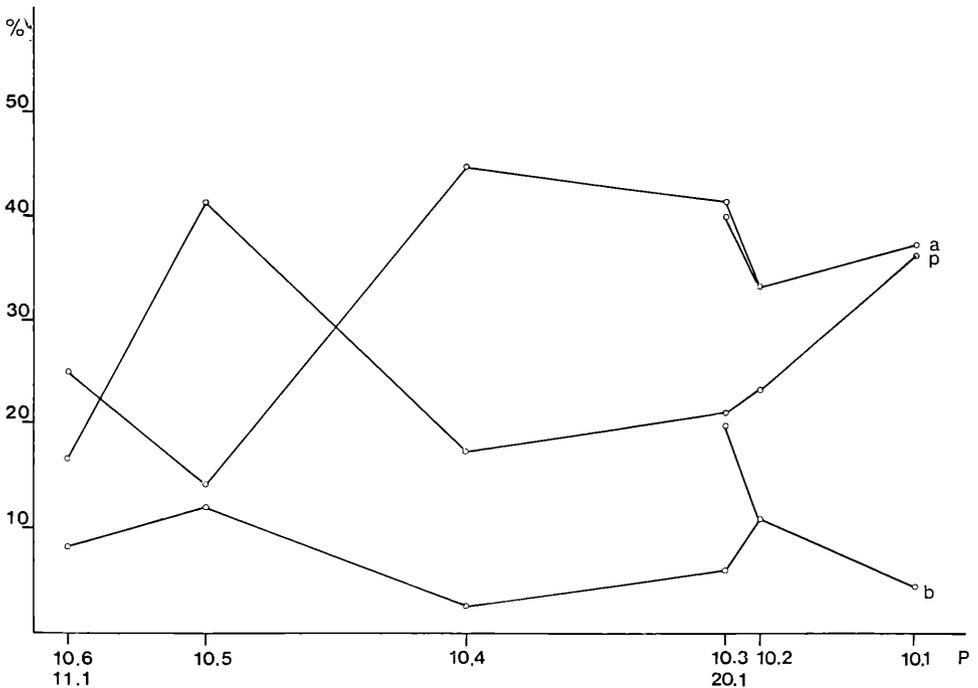


Abb. 7: Relative Häufigkeit der einzelnen Saprobitätsstufen (Ciliatenpopulationen) in Prozent der Gesamtabundanz

nahme der polysaprobien Arten bzw. in der Abnahme der alpha-mesosaprobien Arten deutlich zum Ausdruck. Die etwas weniger belastete Probenahmestelle 10.4 zeigt umgekehrt eine Zunahme der alpha-mesosaprobien und eine entsprechende Abnahme der polysaprobien Formen. Gleichzeitig nehmen allerdings auch die beta-mesosaprobien Arten ab. (Es zeigt sich hier, daß das Auftreten der Reinwasserformen bzw. der eine geringere Belastung anzeigenden Formen von anderen ökophysiologischen Bedingungen beeinflusst wird, als das Auftreten der Schmutzwasserformen. So können gegensinnige Veränderungen nebeneinander erfolgen: Die Abnahme der Schmutzwasserformen zeigt eine Besserung der Gewässergüte an, gleichzeitig nehmen die Reinwasserformen ab.)

Bei Probenahmestelle 10.3 — mit ihrer starken fäkalen Belastung — kommt es wieder zu einem Ansteigen der polysaprobien und einer Abnahme der alpha-mesosaprobien Formen. Dies zeigt die Verschlechterung der Gewässergüte an. (In der Berechnung der faunistischen Saprobien-Indices kommt dies nicht zum Ausdruck!) Der Aubach weist bei Probenahmestelle 20.1 einen verhältnismäßig hohen Anteil an beta-mesosaprobien Formen auf. Auf der kurzen Fließstrecke bis zur Probenahmestelle 10.2 kommt es zu einer deutlichen Änderung der Relativen Häufigkeiten. Auch hier zeigt sich ein gegensinniges Verhalten: Einerseits nehmen die Reinwasserformen signifikant zu, was auf die Besserung der Sauer-

stoffverhältnisse zurückzuführen ist, andererseits kommt es aber gleichzeitig zu einer Verschiebung in Richtung Polysaprobie. (Ob dies auf eine Zunahme der Bakterien-Biomasse und damit zu vermehrtem Nahrungsangebot für die bakteriophagen Ciliaten zurückzuführen ist, oder ob die immer noch beträchtliche Menge an organischen Substanzen die polysaproben Formen begünstigt, kann hier nicht abgeklärt werden.) Die Saprobien-Indices zeigen hier als Mittelwerte eine Besserung der Gewässergüte an, was sicher nur teilweise zutrifft. Bis zur Einmündung des Gersbaches in die Salzach zeigt sich bei Probenahmestelle 10.1 ein unterschiedliches Verhalten der Ciliaten- und Diatomeenpopulation. Während die Diatomeen-Assoziation eine Verschiebung in Richtung beta-Mesosaprobie anzeigt, kommt es bei den Ciliaten zu einem Anstieg der polysaproben und einem Absinken der beta-mesosaproben Formen.

Die in Abb. 8 wiedergegebenen Relativen Häufigkeiten der floristischen Aufnahme zeigen einen im wesentlichen ähnlichen Verlauf wie die der faunistischen Aufnahme. Auch hier kommt die Belastung der Probenahmestelle 10.5 in einer Zunahme der alpha-mesosaproben und Abnahme der oligosaproben Arten zum Ausdruck. Die Probenahmestelle 10.4 zeigt eine Verschiebung zur beta-Mesosaprobie. Bei Probenahmestelle 10.3 ist zu beachten, daß hier *Gomphonema parvulum* mit 43,9 % der Gesamtabundanz die weitaus häufigste Art dieser Asso-

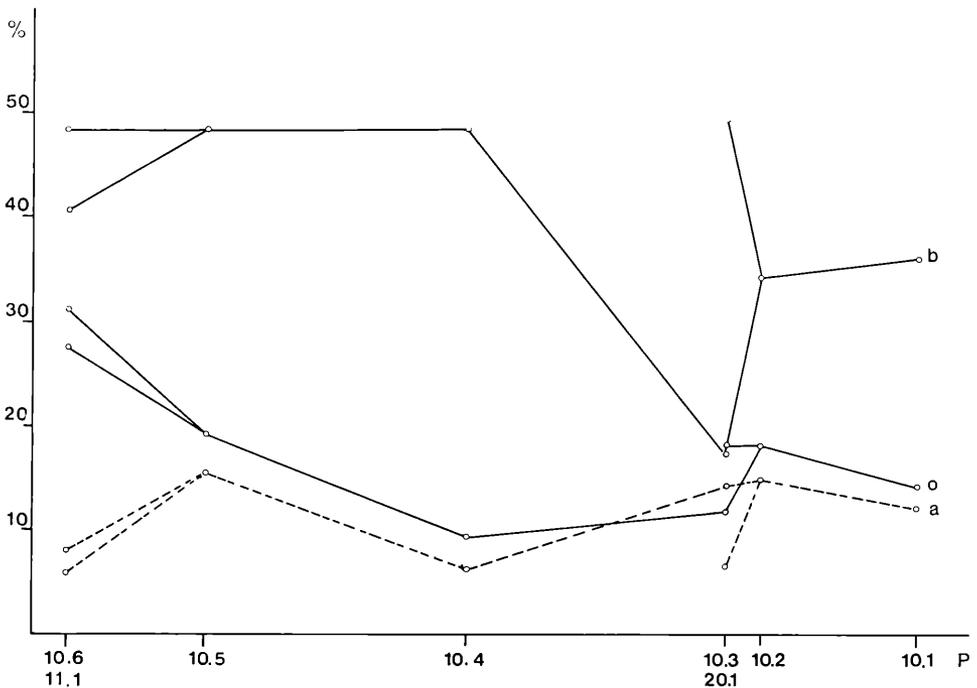


Abb. 8: Relative Häufigkeit der einzelnen Saprobitätsstufen (Diatomeenpopulationen) in Prozent der Gesamtabundanz

ziation darstellt. Ihr Indikationsgewicht ist allerdings gering ($g = 1$). Sie ist in ihrer Schwerpunktverteilung am ehesten den beta-mesosaprobien Formen zuzuordnen. (Nach B. J. CHOLNOKY 1968, ist die Art *Gomphonema parvulum* fakultativ stickstoff-heterotroph. Die Häufigkeit dieser Art in den Assoziationen ist ein Indikator für Verunreinigungen.) Andererseits gehen hier gerade die typischen beta-mesosaprobien Arten, wie *Cocconeis pediculus*, *Diatoma vulgare* und *Surirella ovata*, stark zurück. Für die Probenahmestelle 10.3 wurde die Relative Häufigkeit der beta-mesosaprobien Arten einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung der Art *Gomphonema parvulum* berechnet. In beiden Fällen zeigt sich eine Verschiebung zur alpha-Mesosaprobie, was der tatsächlichen Belastung entspricht. Bei Probenahmestelle 10.2 zeigt sich — analog zu den Verhältnissen der Ciliatenpopulation — eine Zunahme sowohl der Schmutzwasser als auch der Reinwasserformen, was auf die schon besprochenen widersprüchlichen Tendenzen im Chemismus dieser Fließstrecke zurückgeführt werden kann.

Relative Gewichtung der einzelnen Saprobitätsstufen in Prozent der Gesamtabundanz

Um den verschiedenen Indikationswert der einzelnen Arten für die Beurteilung der Gewässergüte zu berücksichtigen, werden die Relativen Häufigkeiten

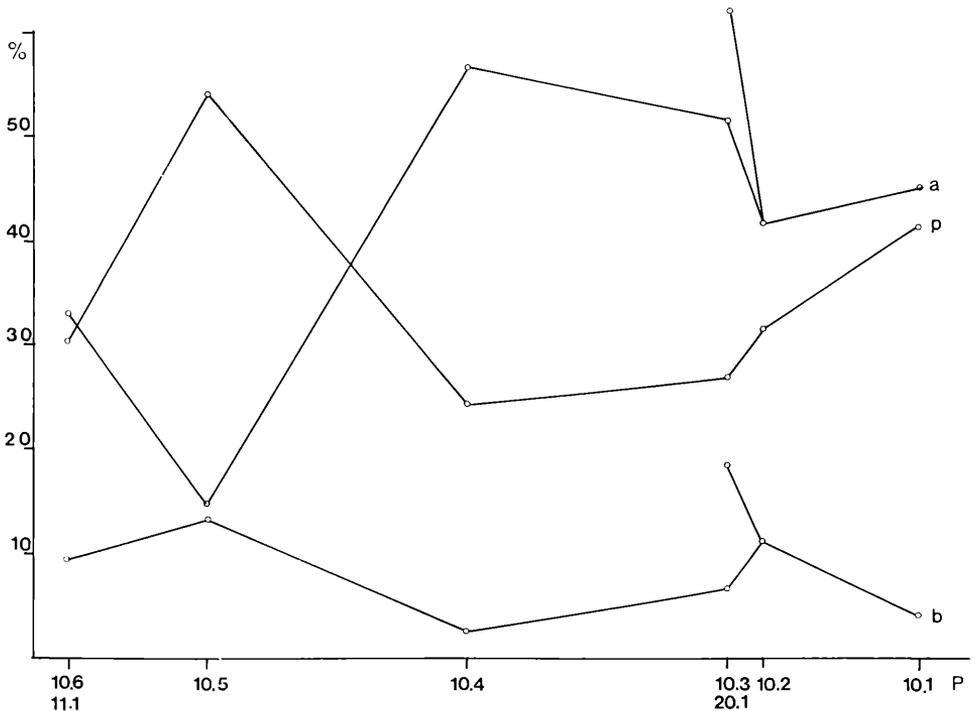


Abb. 9: Relative Gewichtung der einzelnen Saprobitätsstufen (Ciliatenpopulationen) in Prozent der Gesamtabundanz

der einzelnen Arten mit ihrem Indikationsgewicht multipliziert und die Summen dieser „Relativen Gewichtung“ für die einzelnen Saprobitätsstufen in Prozent der Gesamtabundanz berechnet. (Die Relativen Häufigkeiten der Arten, denen in der Literatur kein Indikationswert zugeordnet wird bzw. deren Zugehörigkeit zu einer bestimmten Saprobitätsstufe nicht bekannt ist, werden mit einem angenommenen Indikationswert von 1,5 multipliziert. Dies entspricht der Annahme, daß diese Arten sicher kein ausgeprägtes Schwerpunktverhalten zeigen.)

$$\Sigma h \cdot g_o + \Sigma h \cdot g_b + \Sigma h \cdot g_a + \Sigma h \cdot g_p + \Sigma h \cdot g_u = 100 \%$$

In der Tabelle 9 sowie in Abb. 9 und 10 sind die Relativen Gewichtungen für die Ciliaten- und Diatomeenpopulationen dargestellt.

Die Relative Gewichtung der einzelnen Saprobitätsstufen entspricht weitgehend der Relativen Häufigkeit. Allgemein zeigt die Relative Gewichtung eine stärkere Betonung der Schmutzwasserformen. Dies ist zu erwarten, da die Arten, die sich speziell an die Bedingungen belasteter Standorte angepaßt haben, meist stenök sind und dementsprechend ein hohes Indikationsgewicht aufweisen.

Tabelle 9

Relative Gewichtung der Diatomeen-Assoziationen

Probenahmestelle	$\Sigma g \cdot h$ in Prozent der Gesamtabundanz		
	oligosaprob	betamesosaprob	alphamesosaprob
10.6	32,23	44,62	8,98
11.1	25,98	55,13	11,51
10.5	21,05	51,28	22,64
10.4	9,80	57,52	10,53
10.3	14,50	23,00	24,47
20.1	13,20	55,02	11,03
10.2	17,44	34,98	25,13
10.1	16,34	38,16	24,31

Relative Gewichtung der Ciliaten-Assoziationen

Probenahmestelle	$\Sigma g \cdot h$ in Prozent der Gesamtabundanz		
	betamesosaprob	alphamesosaprob	polysaprob
10.6	9,52	32,90	30,30
11.1	—	76,92	—
10.5	13,25	14,83	54,20
10.4	2,70	56,76	24,33
10.3	6,84	51,60	26,91
20.1	18,75	62,50	—
10.2	11,34	41,70	31,69
10.1	4,22	45,22	41,55

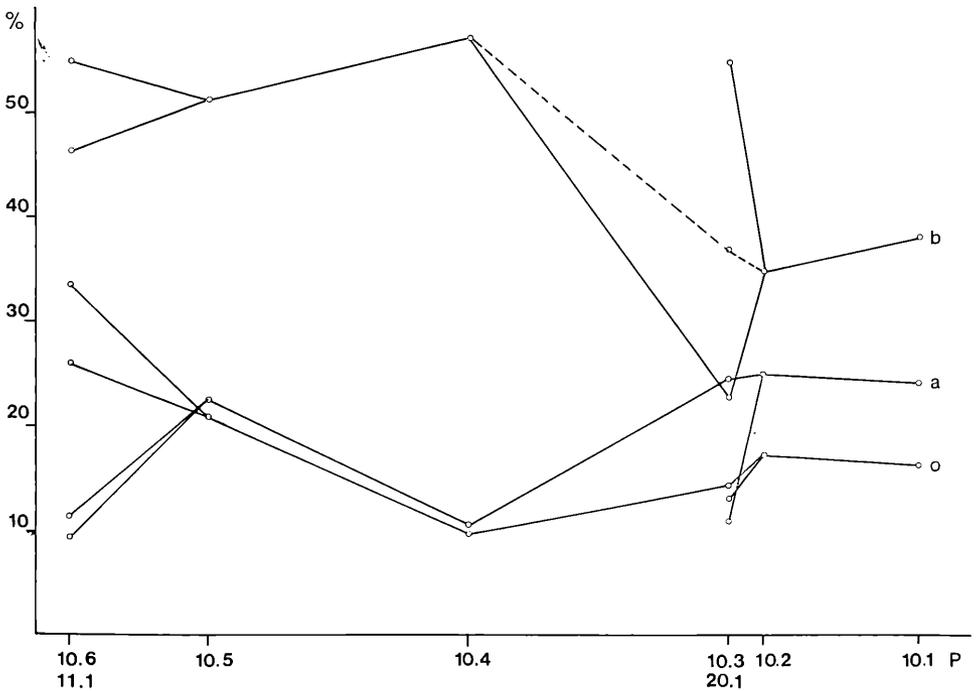


Abb. 10: Relative Gewichtung der einzelnen Saprobitätsstufen (Diatomeenpopulationen) in Prozent der Gesamtabundanz

Methode von ZELINKA und MARVAN (1961)

Die Berechnung des Saprobitätsgrades geschieht nach den Formeln

$$X = \frac{\sum x \cdot h \cdot g}{h \cdot g}, \quad O = \frac{\sum o \cdot h \cdot g}{h \cdot g}, \quad B = \frac{\sum b \cdot h \cdot g}{h \cdot g} \text{ usw.}$$

(Der oligosaprobe Zone ist hier noch eine xenosaprobe = unbedingt saubere Zone vorangestellt.)

Die Lage des höchsten Mittelwertes bestimmt die endgültige Saprobitätsstufe jeder Untersuchungsstelle.

Bei dieser Methode werden die Häufigkeiten und Indikationsgewichte der einzelnen Arten mit ihren „saprobiellen Valenzen“ multipliziert und durch die Summe von $h \cdot g$ dividiert.

Die Summe der saprobiellen Valenzen jeder Art = 10. Deshalb ist auch die Summe aller „gewogenen“ Mittelwerte gleich 10. Die saprobielle Valenz entspricht nicht der Häufigkeit der Arten in den Saprobitätsstufen, sondern ist der Ausdruck einer (in einer bestimmten Situation) beobachteten Schwerpunktverteilung. Das zahlenmäßige Verhältnis der einzelnen „Mittelwerte“ wird auch hier in Prozent der Gesamtabundanz berechnet, da der relative Anteil der einzelnen Saprobitätsstufen natürlich nur unter Berücksichtigung der Häufigkeit

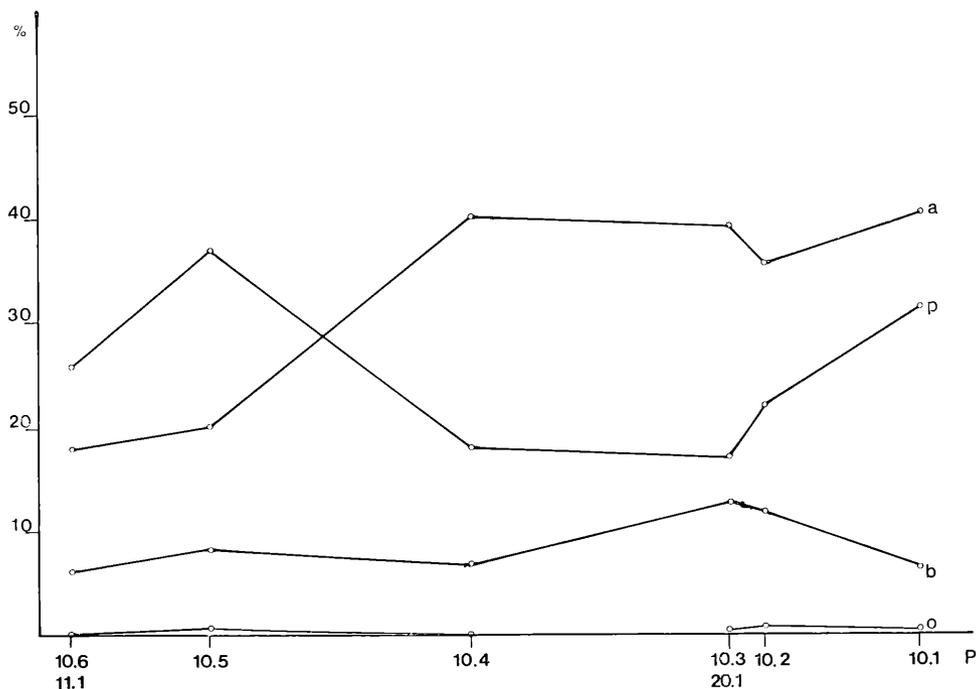


Abb. 11: Mittelwerte der einzelnen Saprobitätsstufen nach ZELINKA und MARVAN (Ciliatenpopulationen), in Prozent der Gesamtabundanz

der unbestimmten Arten angegeben werden kann (das heißt jener Arten, für die keine „saprobiellen Valenzen“ bekannt sind bzw. die in der Literatur keiner Saprobitätsstufe zugeordnet werden).

In Abb. 11 sind die nach der Methode von ZELINKA und MARVAN (faunistisch) berechneten Mittelwerte der einzelnen Saprobitätsstufen in Prozent der Gesamtabundanz dargestellt.

Im allgemeinen verlaufen die Kurvenzüge dieser Mittelwerte ähnlich wie die Kurvenzüge der Relativen Häufigkeit bzw. Relativen Gewichtung der einzelnen Saprobitätsstufen. Nur bei Probenahmestelle 10.3 ergeben sich Unterschiede. Hier zeigen die nach der Methode von ZELINKA und MARVAN berechneten Mittelwerte eine Abnahme der polysaprobien und eine verhältnismäßig starke Zunahme der beta-mesosaprobien Formen. Dies würde auf eine Besserung der Gewässergüte an dieser Stelle hindeuten. Das steht aber nicht in Übereinstimmung mit der durch die chemische Analyse angezeigten starken Belastung. Vielleicht ist dies darauf zurückzuführen, daß die in den „saprobiellen Valenzen“ niedergelegte Schwerpunktverteilung unter mittleren Bedingungen aufgenommen wurde. In extremen ökophysiologischen Situationen könnte sich diese Schwerpunktverteilung in Richtung der höheren Saprobitätsstufen verschieben.

Kritik der zur Darstellung der Ergebnisse angewandten Methoden

Die Beurteilung der Gewässergüte auf Grund der biologisch-ökologischen Situation geht von der Annahme aus, daß sich eine bestimmte Belastung eines Gewässers in der Zusammensetzung der einzelnen Biocönosen widerspiegelt. Gegen das Saprobiensystem wurde der Einwand erhoben, daß die darin aufgeführten Organismen hinsichtlich ihrer ökophysiologischen Ansprüche und Toleranzgrenzen nicht genügend untersucht sind, und man daher nicht weiß, was sie als Indikatororganismen eigentlich anzeigen. Dem ist entgegenzuhalten, daß die Autökologie vieler verwendeter Arten hinreichend bekannt ist und die Gewässergüte ohnehin nicht nach dem Auftreten und der Häufigkeit einer einzelnen Art, sondern nach der Zusammensetzung der jeweiligen Artenassoziationen beurteilt wird. Eine mathematisch-statistische Auswertung der vorgefundenen biologischen Situation erscheint schon aus dem Grund notwendig und wünschenswert, weil nur dadurch eine Objektivierung der Ergebnisse möglich ist und ein Vergleich verschiedener Gewässer unabhängig von der subjektiven Erfahrung des Untersuchers durchgeführt werden kann.

In der vorliegenden Untersuchung zeigt sich, daß die Gütebeurteilung des Gersbaches an Hand der Saprobien-Indices im allgemeinen mit der Beurteilung auf Grund der chemischen Aufnahme übereinstimmt. Die Schwankungsbreite der Saprobien-Indices (Mittelwerte) beträgt aber in dieser Untersuchung zwischen dem verhältnismäßig sauberen Oberlauf und der am schwersten belasteten Probenahmestelle 10.3 nur 0,5 Einheiten, das sind 12,5 % des maximalen Wertes. Außerdem ermöglichen die Saprobien-Indices als „Mittelwerte“ keine differenzierten Aussagen über Verschiebungen innerhalb der einzelnen Saprobitätsstufen. Dagegen stellt die Berechnung der „Relativen Häufigkeiten“ bzw. „Relativen Gewichtungen“ der einzelnen Saprobitätsstufen in Prozent der Gesamt-abundanz eine aussagefähigere Methode zur Beurteilung der Gewässergüte dar. Hier kommt die Verschiebung in Richtung einer bestimmten Saprobitätsstufe signifikant zum Ausdruck. Die Relativen Häufigkeiten bzw. Gewichtungen stehen in allen Probenahmestellen in guter Übereinstimmung mit den physikalisch-chemischen Parametern der einzelnen Fließstrecken und ermöglichen Rückschlüsse auf ökophysiologische Bedingungen des betreffenden Standortes.

Auch die nach der Methode von ZELINKA und MARVAN berechneten Mittelwerte der einzelnen Saprobitätsstufen sind im allgemeinen gut korreliert mit der chemischen Analyse. In stark belasteten Gewässerabschnitten führt jedoch die in den „saprobiellen Valenzen“ festgelegte Schwerpunktverteilung zu Ergebnissen, die wenig mit der tatsächlichen Belastung übereinstimmen.

Literatur

- CHOLNOKY, B. J.: Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. Verlag J. Cramer, 1968.
- FJERDINGSTAD, E.: Pollution of streams estimated by benthonic phytomicroorganisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. *Int. Rev. Hydrobiol.* 49, 63—131, 1964.

- HASLAUER, J., M. PUM und W. FOISSNER: Zur Hydrobiologie eines städtischen Fließgewässers (Alterbach-System 1976). Ber. Nat.-Med. Ver. Salzburg, 3./4. Band, 13—44, 1979.
- HASLAUER, J. jr. und W. PICHLER: Ein Beitrag zur Biologie und Hydrochemie eines stark belasteten Fließgewässers (Gersbach 1977). Ber. Nat.-Med. Ver. Salzburg, 3./4. Band, 51—81, 1979.
- KOLKWITZ, R. und MARSSON, M.: Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. K. Prüfanst. Wasserversorg. Abwasserbes. Berlin-Dahlem, 1, 33, 1902.
- KOLKWITZ, R. und MARSSON, M.: Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. dt. bot. Ges. 26 a, 505—519, 1908.
- KOLKWITZ, R. und MARSSON, M.: Ökologie der tierischen Saprobien. Int. Rev. Hydrobiol. 2, 126—152, 1909.
- KOTHE, P.: Der Artenfehlbetrag, ein einfaches Gütekriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorflutuntersuchungen. Dt. Gewässerkd. Mitt. 6, 60—65, 1962.
- PANTLE, R. und BUCK, H.: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. gwf 96, 604, 1955.
- SLÁDECEK, V.: Zur biologischen Gliederung der höheren Saprobitätsstufen. Arch. Hydrobiol. 58, 103—121, 1961.
- SLÁDECEK, V.: System of Water Quality from the Biological Point of View. Arch. Hydrobiol., Beiheft 7: Ergebnisse der Limnologie, 1973.
- SRAMEK-HUSEK, R.: Zur Charakteristik der höheren Saprobitätsstufen. Arch. Hydrobiol. 51, 376—390, 1956.
- UHLMANN, D.: Hydrobiologie. VEB G. Fischer Verl., Jena 1975.
- ZELINKA, M. und P. MARVAN: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. Arch. Hydrobiol. 57, 389—407, 1961.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. OStR Dr. J. HASLAUER,
Paracelsus-Forschungsinstitut,
A-5020 Salzburg, Schopperstraße 13

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Haslauer Johann jr.

Artikel/Article: [ZUR GÜTEBEURTEILUNG EINES STÄDTISCHEN FLIESSGEWÄSSERS. 19-51](#)