

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Göttingen 1976.

AUSWIRKUNG DER ABWASSERBELASTUNG AUF DIE FLORA UND FAUNA IM RAUM SIEGEN

E. JUNGK, E. KILIAN, L. STEUBING & R. UEBERS

Abstract

Along the river system of Fernbach and Sieg water samples have been taken at 40 test points. Large quantities of domestic sewage and from metal works flow into the river. The water samples taken have been analysed chemically with regard to the most important elements and other criteria which characterize the water condition. Other water samples taken at the same time serve for the determination of the flora and fauna. The aim of the study was to find out the correlations between the chemical and biological evaluation of the water quality. The agreement between the chemical and the faunistic analyses and the resulting conclusion were about 75% and between chemical and floristic conclusions about 85%. The total identity between floristic and faunistic water classification was 65%.

1972 trat das Chemische Untersuchungsamt Siegen mit dem Ersuchen an uns heran, parallel zu einer von ihrer Seite durchzuführenden einmaligen Serie chemischer Analysen von Wasserproben an Ferndorf und Sieg eine floristische und faunistische Bestandsaufnahme durchzuführen. Bei allem Bedenken gegen den Wert einer solchen „Momentaufnahme“ haben wir uns dann doch daran beteiligt. Wir konnten davon ausgehen, daß die Arten der Gewässerbiozönose, die wir im Plankton, besonders aber im Sediment sowie im Aufwuchs auf organischem und anorganischem Material antreffen, keine Indikatoren für die momentane, sondern für die integrale Wirkung längerfristiger Belastungen sind. Es interessierte uns, wieweit sich Korrelationen zwischen chemischen und biologischen Befunden ergäben, und welcher Grad der Übereinstimmung zwischen botanischen und zoologischen Indikatorarten und der daraus resultierenden Einstufung der Gewässerqualität erreicht würde.

Lage der Meßstellen

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) umfaßt den Oberlauf der Sieg mit dem Zufluß Ferndorf und den wichtigsten Nebenbächen im Landkreis Siegen. Sieg und Ferndorf sind weitgehend begradigt und nehmen mehr oder minder unaufbereitete Abwässer der eisenverarbeitenden zahlreichen Klein- und Mittelbetriebe auf, ebenso die Abwässer aus den Haushaltungen eines relativ dicht besiedelten Gebietes von etwas mehr als 200 Einwohnern pro km². Von den insgesamt 40 untersuchten Meßstellen sei detailliert nur auf 5 an der Ferndorf gelegene Probeentnahmestellen eingegangen, zumal dort entlang einer relativ kurzen Fließstrecke die größten Gegensätze hinsichtlich der Wasserqualität bestehen.

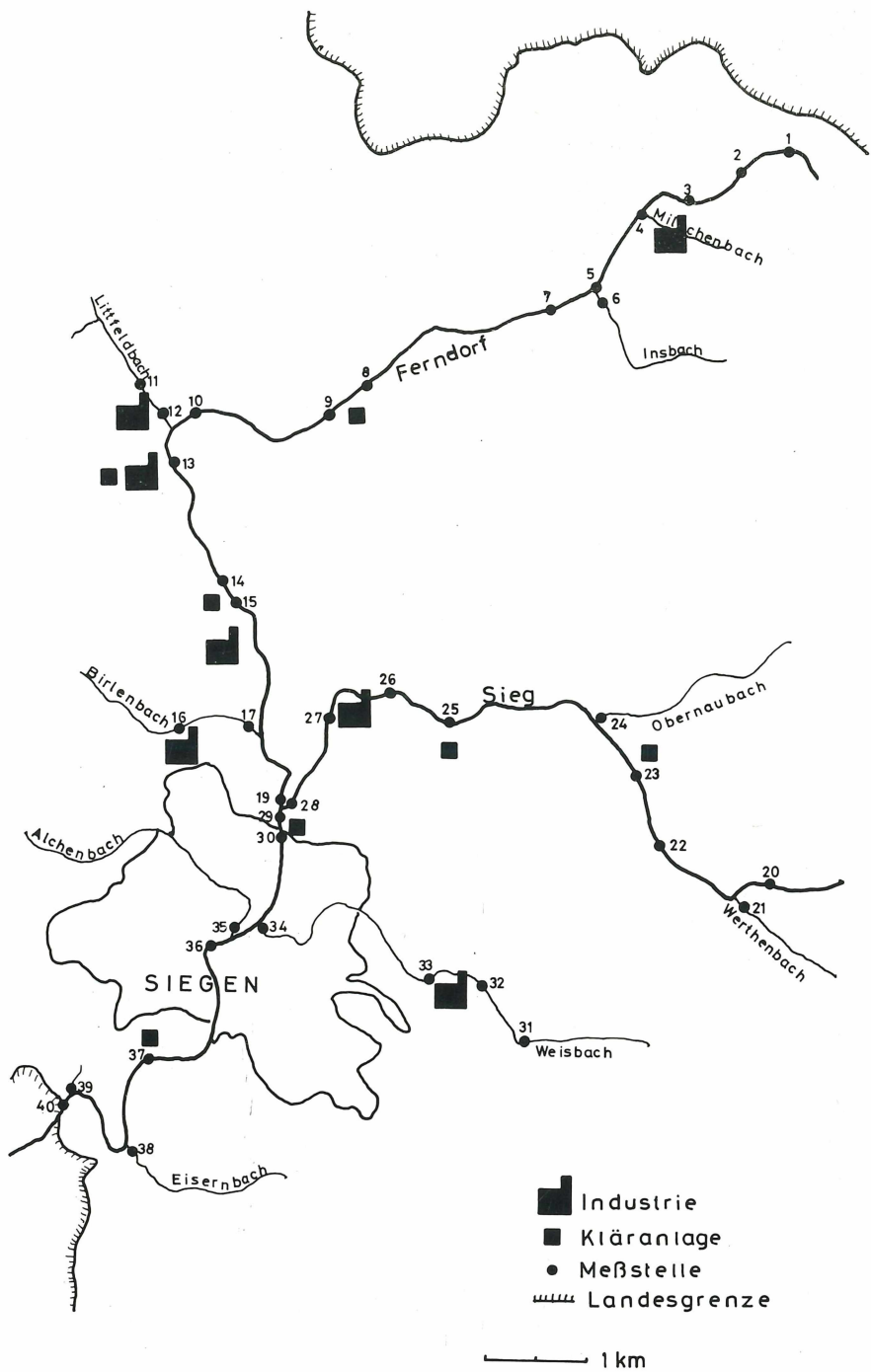


Abb. 1. Lage der Meßstellen im Untersuchungsgebiet.

Tabelle 1. Chemische Analysenwerte von Wasserproben entlang der Ferndorf.

Analyse	Meßstelle	Nov. 1972	Aug. (Fr) 1976	Sept. (Di) 1976
Cu ²⁺ mg/l	1	—		
	4	218,0		
	9	—		
	10	—		
	18	—		
Zn ²⁺ mg/l	1	—		
	4	0,6		
	9	—		
	10	—		
	18	—		
Fe ³⁺ mg/l	1	0,1		
	4	3,2	0,1	0,3
	9	13,5	0,5	1,5
	10	1,2		0,3
	18	1,1		
CN ⁻ mb/l	1	—		
	4	102,0		
	9	—		
	10	—		
	18	—		
BSB ₂	1	1,3		
	4	—		
	9	4,1		
	10	6,5		
	18	—		
KMnO ₄ cm ³	1	1,0		
	4	65,0		
	9	313,0		
	10	25,0		
	18	52,0		
Cl ⁻ mg/l	1	6,4		
	4	823,0		
	9	745,0		
	10	77,3		
	18	29,4		
O ₂ mg/l	1	9,9	12,2	9,8
	4	4,1	9,2	10,5
	9	—	—	2,8
	10	—	0,5	5,8
	18	—	6,2	4,3
PO ₄ ³⁻ mg/l	1	0,1	—	—
	4	1,4	2,0	3,2
	9	1,8	8,0	10,0
	10	0,5	1,5	4,0
	18	0,3	0,8	8,1

Tabelle 1. Chemische Analysenwerte von Wasserproben entlang der Ferndorf.

Analyse	Meßstelle	Nov. 1972	Aug. (Fr) 1976	Sept. (Di) 1976
NH ₄ ⁺ mg/l	1	—	—	—
	4	18,4	5,0	4,1
	9	55,1	12,0	15,0
	10	7,0	9,2	7,0
	18	1,1	4,6	8,2
NO ₂ ⁻ mg/l	1	—	—	—
	4	—	0,5	0,4
	9	—	—	0,3
	10	—	0,3	0,7
	18	—	—	18,0
pH	1	7,0	6,7	6,8
	4	8,6	6,7	8,2
	9	6,6	8,2	8,1
	10	7,2	7,3	7,3
	18	7,1	7,1	7,1
Leitfähigkeit 20° C μS/cm	1	102	136	141
	4	3550	203	1677
	9	2340	3000	3904
	10	552	2315	681
	18	800	1070	853

Meßstelle 1 liegt etwa 200 m von dem Quellenaustritt der Ferndorf aus dem Wald entfernt, ca. 100 m oberhalb der ersten Häuser; der Bach ist an der Probenentnahmestelle etwa 1 m breit, seine Böschungen sind von einzeln stehenden Gehölzen bewachsen. An Meßstelle 4 ist die Ferndorf von einer Backsteinmauer eingefaßt. Das Wasser wies z.Zt. der Probenahme schwache Schaumbildung auf, und ein aus Schwefelwasserstoff und Cyanidbeimengungen bedingter Geruch wurde wahrgenommen. An Abfällen waren neben Laub, Papier und Plastik vor allem kleine Metalldrehspäne im Wasser zu finden. Meßstelle 9 befindet sich unmittelbar unterhalb des Zulaufes des 1972 noch nicht in Betrieb genommenen Klärwerkes Kredenbach. Eine milchig-graue Abwasserfahne deutet darauf hin, daß die Abwässer noch ungeklärt in die Ferndorf entlassen werden. Auf Meßstelle 10 trifft man ca. 3,5 km unterhalb des Klärwerkes Kredenbach. Das Wasser war bei der Probenahme ebenfalls milchig-braun, leicht schaumig und das steinige Flußbett von schwarzem Faulschlamm mit langen Sphaerotilusfahnen bedeckt. Meßstelle 18 liegt unterhalb der Einmündung des Birlenbachs in die Ferndorf. Auch hier deuten Sphaerotilusbewuchs, Faulschlamm und H₂S-Geruch auf eine Gewässerbelastung.

Ergebnisse

Für das untersuchte Flußsystem sind große Schwankungen der industriellen Abwasserlast typisch, d.h. es kommt zu einer stoßweisen Belastung, die sich in sehr wechselnden chemischen Werten widerspiegelt. Bei einmaliger Analyse von Wasserproben ergeben sich somit Zufallswerte, bei deren Interpretation Vorsicht geboten ist. Neben den eigentlichen Produktionsbedingungen spielen Tageszeit, Arbeitsrhythmus und Wetter eine große Rolle. Diese Fakten gehen aus Tabelle 1 hervor, in der die wichtigsten Parameter, die vom chemischen Untersuchungsamt Siegen (Dr. Kliffmüller) gemessen wurden, eingetragen sind, ferner einige Werte, die wir 1976 zu zwei verschiedenen Terminen und verschiedenen Wochentagen ermitteln konnten. Aus der Tabelle ist aber auch ersichtlich, daß an Meßstation 1 keine chemische Belastung vorlag. Darauf deuten der hohe Sauerstoffgehalt hin, der pH-Wert und die geringe Leitfähigkeit (letztere beträgt bei unbelasteten Gewässern bis zu 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und pH um ± 7 , Höll 1968). In krassem Gegensatz hierzu stehen vor allem die Daten für Meßstellen 4 und 9. Erstere fiel durch den hohen Gehalt an Schwermetallen und Cyanid auf (Hinweis auf metallverarbeitende Betriebe). Station 9 zeichnete sich gleichermaßen durch hohe Leitfähigkeitswerte aus, die – hinsichtlich der Schwermetalle – durch Eisenionen bedingt waren, sonst aber mehr auf die hohen Konzentrationen an Ammonium (extrem erhöht), Phosphat und Chlorid beruhen dürften (Zulauf zur Kläranlage).

Die zur Ermittlung der biologischen Gewässereinstufung dienenden Daten beruhen auf Auswertung der aufgefundenen 114 botanischen Taxa, von denen 80% bis zur Art bestimmt und auf 61 zoologischen Taxa, von denen 55% bis zur Art diagnostiziert werden konnten. Bei letzteren waren es hauptsächlich wasserlebende Insektenlarven, Crustaceen und Mollusken, bei den Pflanzen vorzugsweise Aufwuchsformen von Bacteriophyta, Cyanophyta, Bacillariophyceae, Chlorophyceae und Conjugatophyceae.

Wenngleich die Zahl der Gattungen oder Arten (Tabelle 2) allein keine schließliche Aussage über den Verschmutzungsgrad eines Gewässers zuläßt, so vermag sie als erste Orientierung zu dienen. Nach Schwoerbel (1971) verändert sich die Artenzahl beim Einleiten von Abwässern, obwohl die Biomasse konstant bleibt. Nach Höll (1968) deutet ein KMnO_4 -Verbrauch von mehr als 30 ppm auf eine starke Gewässerverschmutzung.

Tabelle 2. Zahl der Gattungen, KMnO_4 -Verbrauch und Saprobitätsstufe von Wasserproben entlang der Ferndorf.

Meßstelle	KMnO_4 ppm F_1 (Flor.)	Gattungs- zahl	Saprob.- stufe	Gattungs- zahl' F_2 (Faun.)	Saprob.- stufe
1	1	29	os	25	os
4	65	5	bms-ams	0	azoisch
9	313	6	ps	6	ps
10	59	10	bms-ams	5	ams
18	52	6	ps	3	ps

Flora und Fauna wiesen die höchste Zahl an Gattungen an Meßstelle 1 auf, die sich nach Berechnung der Saprobienindecas als oligosaprob herausstellte (Abb.2). An Probenahmestelle 4 wirkten offenbar Schwermetalle, und vor allem Cyanid, tödlich auf die tierischen Organismen, während für die Flora zwar ein starker Rückgang, jedoch nicht totale Verödung verzeichnet wurde. Bei den Meßstellen 9, 10 und 18 ließ sich gleichermaßen für Flora und Fauna eine beachtliche Reduktion der Gattungszahl gegenüber Standort 1 konstatieren. Nach dem Saprobienindex, — nach Pantle & Buck (1955) unter Verwendung der Saprobitätsklassen nach Liebmann (1959) und modifiziert durch Ergänzungen nach Sládeček (1973) berechnet — handelte es sich um stark bis übermäßig stark

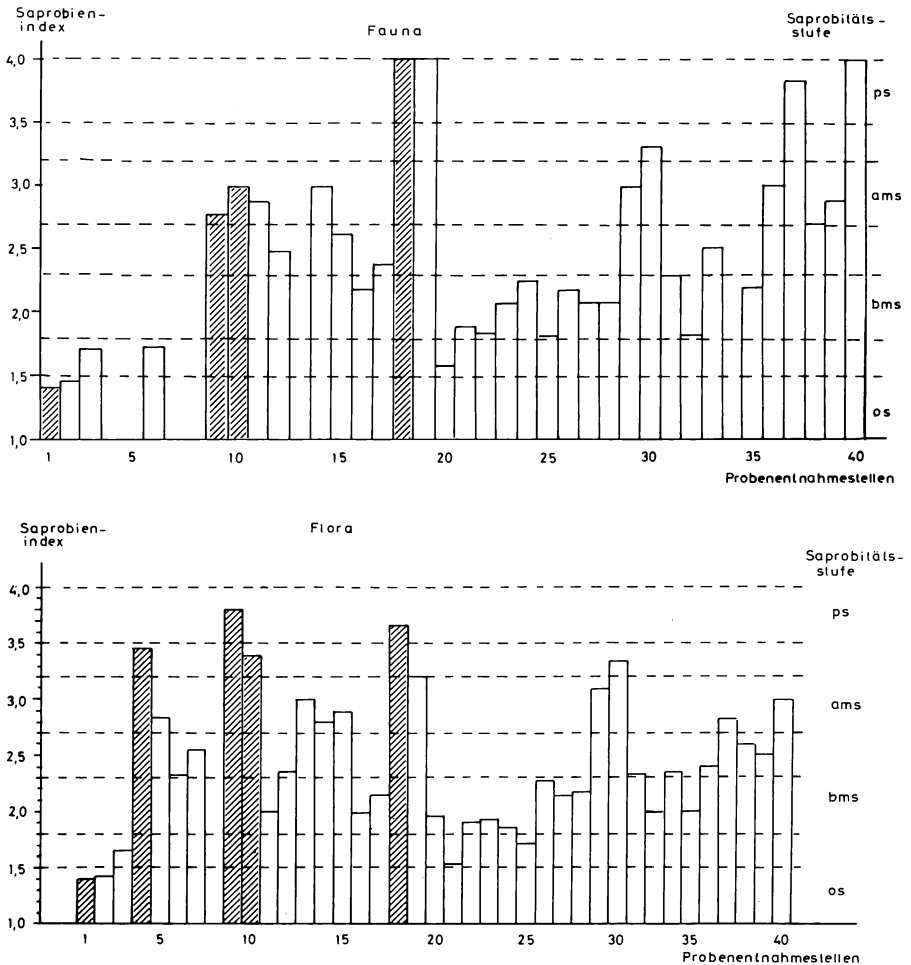


Abb. 2. Saprobienindex für Flora und Fauna.

Table 3. Kennzahlen zur Besiedlungsdichte (os-ps), relativen Belastung (J = 0%: sämtliche Leitformen kommen nur in sauberem Wasser vor; J = 100%: sämtliche Leitformen sind stark bis übermäßig stark verschmutztem Wasser zuzurechnen), Saprobienindex (S = 1-1,5: os d.h. Wasser unbelastet; S = 3,5-4: ps d.h. Wasser übermäßig verschmutzt).

Meßstelle	Σos	Σbms	Σoms	Σps	$\Sigma gesamt$	J	S	Gewässer Güteklasse
1	Flora	17	2	1	59	5,1	1,4	I
	Fauna	29,5	18	0,5	48	1,04	1,4	I
	gesamt	68,5	35	2,5	107	3,3	1,4	I
4	Flora	0	1,83	3,83	8,33	86,85	3,46	III-IV
	Fauna	0	0	0	0	-	-	-
	gesamt	0	1,83	3,83	8,33	86,9	3,46	III-IV
9	Flora	0	1	1	16	93,75	3,81	IV
	Fauna	0	1	3	4	75	2,75	III
	gesamt	0	2	4	20	90	3,6	IV
10	Flora	0	4	5	22	81,8	3,4	III-IV
	Fauna	0	0	6	6	100	3,0	III
	gesamt	0	4	11	28	85,7	3,32	III-IV
18	Flora	0	0	6,5	19	100	3,66	IV
	Fauna	0	0	0	3	100	4,0	IV
	gesamt	0	0	6,5	22	100	3,7	IV

verschmutzte Probenahmestellen. Zu diesen kamen noch 10 weitere an Ferndorf und Sieg hinzu. Lediglich der Oberlauf der Sieg war im Bereich der Probestellen 20-28 weniger belastet (Abb. 2).

Knöpp (1965) führte den Begriff der „relativen Belastung“ (J) ein. Die Berechnung hierfür basiert auf den Häufigkeitsstufen der verschiedenen Indikatororganismen. In Tabelle 3 sind die Kennzahlen für die Besiedlungsdichte, die Belastungs- und Saprobienindexwerte und die hieraus resultierende Gewässergüteklasse angegeben. Es zeigt sich bei einem Vergleich der verschiedenen Daten für die floristischen und faunistischen Befunde eine weitgehende Übereinstimmung. Werden nun die erhaltenen Werte für die chemische Belastung – gekennzeichnet durch den Permanganatverbrauch – und die Angaben für die relative Belastung der Organismen an allen untersuchten Probestellen miteinander verglichen, so ergibt sich für die Flora eine Übereinstimmung von 85%, für die Fauna von 75%.

Abbildung 3 stellt den biologischen Gütelängsschnitt der abkartierten Fließgewässer dar. Bei der graphischen Auswertung wurde für jede Probestelle die Summe der bms- und os-Indikatororganismen auf der positiven y-Achse, die Summe der ams- und ps-Vertreter auf der negativen Seite der y-Achse aufgetragen. Somit läßt sich die mengenmäßige Verteilung der verschiedenen einzu-stufenden Bioindikatoren besser ermitteln.

Als empfindliche Indikatoren für Wasserverschmutzung erwiesen sich für die Flora *Vaucheria spec*, *Cladophora spec*, *Audouinella violacea*, *Philotis fontana*, *Fontinalis antipyretica*, *Callitriche obtusangula* und *Ranunculus fluitans*. Als unempfindlich und damit als Indikator ungeeignet zeigten sich *Diatoma vulgare*, *Melosira varians*, *Scenedesmus quadricauda*, *Stigeoclonium tenue*, *Closterium ehrenbergii* und *Closterium acerosum*. Trichopteren, Ephemeropteren und Plecopteren-larven waren tierische Indikatoren für sauberes oder Schwach verunreinigtes Wasser, während an stark verschmutzten Meßstellen Hirudineen, verschiedene Dipterenlarven und besonders Ascellus aquaticus dominierten. Nach Abb. 3 war auffällig, daß – wenn auch in sehr wechselnder Artenzahl – pflanzliche Organismen der ps-Stufe an allen untersuchten Meßstellen gefunden wurden. Die floristische Besiedlungsdichte war bei fast allen Meßstellen höher als die faunistische. Insgesamt aber stimmt die Gewässerklassifizierung auf floristischer und faunistischer Basis größenordnungsmäßig weitgehend überein, wenn auch mit der Einschränkung, daß pflanzliche Indikatoren einen teilweise um 1/2 Stufe geringeren Belastungswert als die tierischen Indikatoren anzeigen. Die totale Übereinstimmung der floristischen und faunistischen Daten lag bei 65%.

Zusammenfassung

An insgesamt 40 Meßstellen wurden an Ferndorf und Sieg Wasserproben entnommen, chemisch analysiert, biologisch ausgewertet und danach die Gewässergüteklasse bestimmt. Bei einem Vergleich der Bewertung der Wasserqualität nach chemischen Daten und pflanzlichen Bioindikatoren ergab sich eine Übereinstimmung von 85%, bei Verwendung tierischer Indikatoren eine solche von 75%.

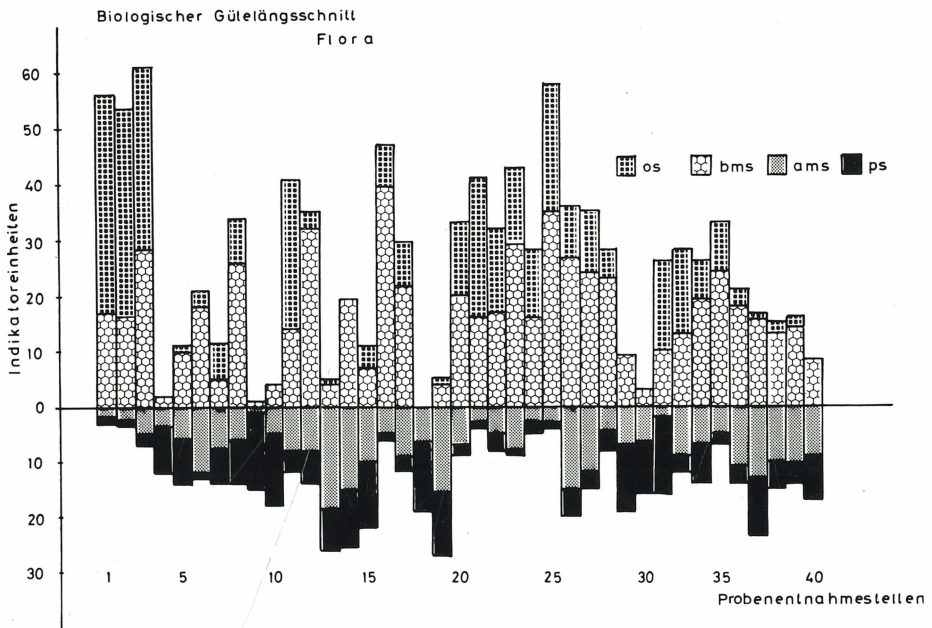
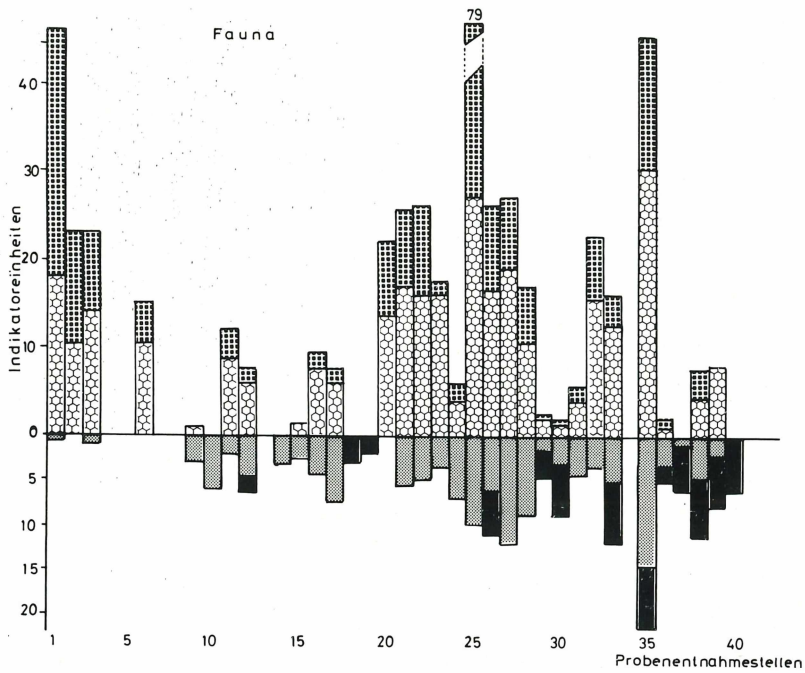


Abb. 3. Biologischer Gütelängsschnitt des abkartierten Flußsystems Ferndorf – Sieg.

Die biologisch-ökologische Einstufung der Wasserproben hinsichtlich ihres Verschmutzungsgrades konnte zwischen Flora und Fauna um 1/2 Stufe differieren: sie war deckungsgleich bei 65% aller untersuchten Meßstellen.

Literatur

- Höll, K. (1968): Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser. Bln.
Knöpp, H. (1965): Grundsätzliches zur Frage biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Mains. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 22: 363–368.
Liebmann, H. (1959): Methodik und Auswertung der biologischen Wassergütekartierung. *Beitr. Abwasser-, Fischerei- und Flußbiol.* 6: 142–156.
Pantle, R. & H. Buck (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung ihrer Ergebnisse. *guf* 96: 604.
Schwoerbel, J. (1971): Einführung in die Limnologie. *UTB* 31, Stuttgart.
Sláděck, V. (1973): System of water quality from the biological point of view. *Ergeb. d. Limnologie* 7.

Anschrift der Verfasser:

St.R. E. Jungk, Hinter den Höfen 10, 345 Holzminden
Prof. Dr. E.F. Kilian, Inst. f. Allgem. u. Spez. Zoologie,
Heinrich Buff-Ring 29, 63 Giessen,
Prof. Dr. L. Steubing,
Inst. f. Pflanzenökologie, Heinrich Buff-Ring 38, 63 Giessen-
St.R. R. Uebers, Busestr. 76, 28 Bremen.