

ABHANDLUNGEN

aus dem Landesmuseum für Naturkunde
zu Münster in Westfalen

herausgegeben von

Dr. L. FRANZISKET

Direktor des Landesmuseums für Naturkunde, Münster (Westf.)

27. JAHRGANG 1965, HEFT 4

Floristische und ökologische
Untersuchungen an Algen in Fließgewässern
des nördlichen Münsterlandes

Von ERNST SCHNIEDER

Burgsteinfurt

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG	3
II. GEOGRAPHISCHE UND GEOLOGISCHE EINORDNUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS	4
III. METHODIK	
1. Auswahl der Untersuchungsstellen	6
2. Frequenz der Probenahmen	6
3. Die Präparation und mikroskopische Untersuchung der Algen	7
4. Verfahren zur Untersuchung des Wassers	7
IV. HYDROGRAPHIE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS	
1. Wasserführung	8
2. Temperatur	10
3. Die hydrochemischen Verhältnisse in den einzelnen Bach- und Flußstrecken	10
V. DIE ALGENFLORA DER EINZELNEN UNTERSUCHUNGS- STELLEN	
1. Die Quelle	14
2. Der Quellsbach	16
3. Der leicht eutrophierte Quellsbach	17
4. Der mäßig verunreinigte Bach	18
5. Der begradigte und „besteinigte“ Bach	20
6. Der industriell verunreinigte Bach	20
7. Der durch Industrieabwässer stark verunreinigte Fluß	21
8. Der durch industrielle und städtische Abwässer stark verun- reinigte Fluß	23
VI. ÜBERSICHT: HÄUFIGKEIT UND VERBREITUNG DER WICHTIGSTEN DIATOMEENARTEN	24
VII. ARTEN- UND STANDORTVERZEICHNIS MIT ANGABE DER ÖKOLOGISCHEN VALENZEN	25
VIII. ERGÄNZENDE AUTÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN DIATOMEEN DER QUELLREGION ZUM PROBLEM DER ENTWICKLUNGSMAXIMA	47
IX. ÖKOLOGISCHE SYNOPSIS	50
X. ZUSAMMENFASSUNG	59
XI. LITERATURVERZEICHNIS	60
XII. PHOTOGRAPHISCHE ABBILDUNGEN DER HÄUFIGER AUFTRETENDEN UND SICHER BESTIMMTEN DIATO- MEENARTEN	32—41
XIII. ANHANG (im hinteren Einbanddeckel) Graphische Darstellung; Gegenüberstellung der gemessenen hydro- graphischen Werte und der Algenvorkommen.	

Floristische und ökologische Untersuchungen an Algen in Fließgewässern des nördlichen Münsterlandes

Von ERNST SCHNIEDER, Burgsteinfurt

I. EINLEITUNG

Die Biologie des fließenden Wassers (Potamobiologie) ist ein nur wenig ausgebauter Zweig der Hydrobiologie. Nur ein kleiner Teil des limnologischen Schrifttums beschäftigt sich ausdrücklich mit Organismen in Biotopen des fließenden Wassers. Auch die zusammenfassenden Publikationen u. a. von STEINECKE (1940) und THIEMANN (1955, 1956) haben bisher nur zu einer Seetypenlehre geführt, während eine Fluß- oder gar Bachtypenlehre über Ansätze nicht hinausgekommen ist (vgl. BUDDE 1928, ENGELHARDT 1955, ELSTER 1962).

Auf botanischem Gebiet darf man den Beginn der Erforschung von Fließwasserorganismen vielleicht in den Arbeiten von CARTER (1864) und SIRODOT (1884) über Rhodophyceen des Süßwassers sehen. Die Arbeitsweise ist hier zunächst deskriptiv und erfolgt unter dem Gesichtspunkt der Systematik. Später wird dann vermehrt die geographische Verbreitung berücksichtigt, wie sich deutlich zeigt, wenn man die Arbeiten über Rhodophyceen des Süßwassers bis in die neuere Zeit verfolgt (BRAND 1896/97, KOPPE 1923, BUDDE 1927, JAAG 1932, SKUJA 1934, KANN 1941, ISRAELSON 1942, LUTHER 1954).

Auf der Grundlage der floristisch-systematischen und der pflanzengeographischen Betrachtungsweise entwickelt sich die soziologische, deren Anliegen es ist, die Vergesellschaftung von Algenformen in den jeweiligen Biotopen zu erfassen. Die früheste mir bekannte Darstellung der Algenflora einer Flußstrecke, also eines Biotops im weiteren Sinne, ist die von LIMANOWSKA (1912). Auch in JAAGs „Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins“ (1937) werden vorwiegend die Algen berücksichtigt. In dieser Arbeit ist bereits eine stärkere Betonung ökologischer Gesichtspunkte, d. h. der Versuch, die beobachteten Algenformen mit den im Gewässer wirksamen Umweltfaktoren in einen kausalen Zusammenhang zu bringen, erkennbar. Wesentliche Voraussetzung für ein erfolgreiches Arbeiten in dieser Richtung ist die Anwendung quantitativ-messender Verfahren zur Erfassung sowohl der Algenmengen als auch der Standorteigenschaften. Bahnbrechend auf diesem Gebiet hat BUDDE (1927, 1928, 1930, 1932, 1942) gewirkt. Die von ihm empfohlenen Methoden haben die Algenökologie der Fließgewässer nachhaltig beeinflusst.

Herrn Prof. Dr. W. Baumeister möchte ich an dieser Stelle Dank sagen für das stete Interesse, das er meiner Arbeit entgegengebracht hat und für seine Hinweise und Ratschläge, die mir bei der Bewältigung des umfangreichen Materials eine wertvolle Hilfe waren.

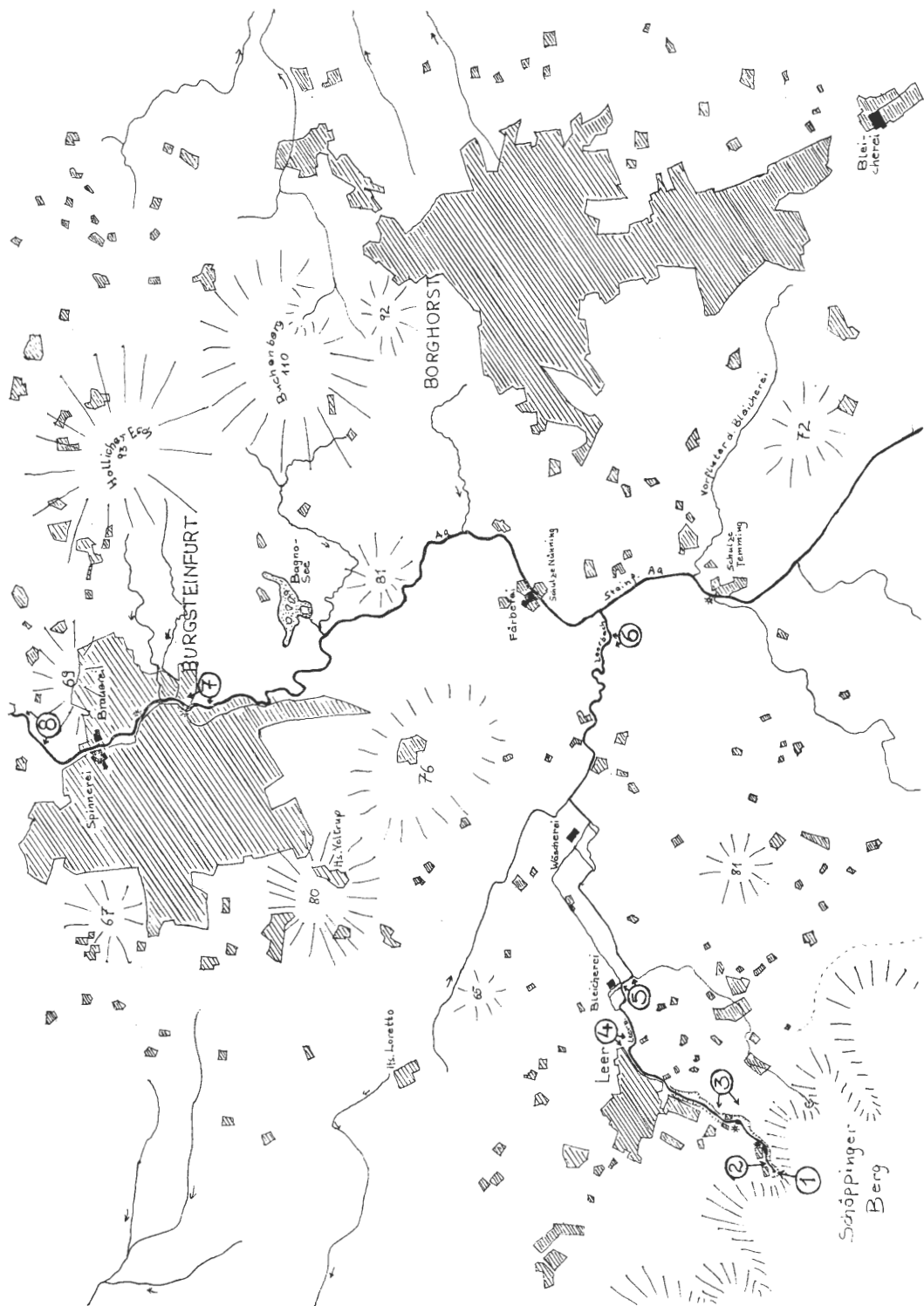
JÜRGENSEN (1935) untersuchte die Algen des Mains bei Würzburg. SCHRÖDER (1939) gab eine Darstellung der vorwiegend aus Diatomeen bestehenden Algenflora der Mulde. Beide studieren dabei auch den Einfluß städtischer und industrieller Abwässer auf die Algenverbreitung. WEHRLE (1942) vergleicht die Algenvegetation zweier Bäche des südlichen Schwarzwaldes. Auch ihm liegt es vor allem an einer Entwicklung der Algenökologie, deren Fragestellungen er in einer mit BEHRE gemeinsam verfaßten Arbeit (1944) genauer zu umreißen sucht.

Wie sich schon in den Untersuchungen von SCHRÖDER (1939) und WEHRLE (1942) zeigte, bieten für ökologische Fragestellungen bei der Untersuchung von Fließgewässern die Diatomeen die besten Ansatzpunkte. So beziehen sich die neueren Arbeiten auf diesem Gebiet (FOGED 1947/48, FJERDINGSTAD 1950, RAABE 1951, SCHEELE 1952, HORNUNG 1959) vorwiegend auf diese Algengruppe. Dieses mag auch damit zusammenhängen, daß die Systematik der Kieselalgen — dank HUSTEDT — so durchgearbeitet worden ist, daß eine sichere Bestimmung anhand der zur Verfügung stehenden Literatur fast immer erreicht werden kann. Dieses trifft leider nicht zu für die Cyanophyceen, die gerade in kalkreichen Fließgewässern eine starke Verbreitung zeigen. Die bisher bekannte Literatur über Cyanophyceen in Bächen und Flüssen (z. B. GEITLER 1925, KANN 1943, FRITSCH 1929, 1943, 1946, 1949, 1950; LUTHER 1954) befaßt sich daher im wesentlichen mit taxonomischen Problemen.

Algenkundliche Untersuchungen an Fließgewässern des westfälischen Raumes hat vor allem BUDDE (1930, 1932) durchgeführt. Dieser berücksichtigte jedoch nur die Wasserläufe des Berglandes sowie die Lippe und die Ruhr. Bezüglich der Bäche und Flüsse des Münsterlandes im engeren Sinne liegt bisher nur eine Arbeit von SCHNIEDER (1958) vor. Die hier vorliegende Abhandlung schließt sich sachlich und zeitlich an diese Untersuchung an.

II. GEOGRAPHISCHE UND GEOLOGISCHE EINORDNUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS

Es handelt sich bei dem untersuchten Flußlauf um die Steinfurter Aa und einen ihrer Hauptzuflüsse aus den Baumbergen, den Leerbach. Die Steinfurter Aa gehört zum Stromgebiet der „Zuflüsse zum Ijsselmeer im deutschen Grenzgebiet zwischen Ems und Rhein“ (SPERLING, 1957). Diese werden von der Vechte und der Ijssel gesammelt und dem Ketelmeer zugeführt, einem Meerbusen, der dem Ijsselmeer als Vorfluter dient. Das Gebiet fällt in flacher Neigung nach Norden und Westen ab. Von den Flüssen des nördlichen Münsterlandes gehören zu diesem Stromsystem außer der Vechte und der Steinfurter Aa noch die Dinkel, die Ahauser Aa und die Berkel. Auf münsterländischem Gebiet fließen die drei letztgenannten vorwiegend west- und nordwestwärts, während Vechte und Steinfurter Aa in allgemein nördlicher Richtung verlaufen. Alle stimmen in wesentlichen Grundzügen überein: Ihre Quellen liegen in den Randzonen des Baumberger Kreidemassivs, wie sich zeigte, fast immer in einer Höhe von ca. 90 m über NN. Die Bäche treten von da in die zumeist aus der Saale-(Riß-) Eiszeit stammende Moränendecke ein, die in relativ dünner Schicht der westfälischen Kreideplatte aufliegt. Sie werden in ihrem Verlauf immer wieder von Kiessandrücken begleitet bzw. abgelenkt und schneiden wiederholt höher hinaufreichendes Kreidestein an.



Die Steinfurter Aa hat ihren Ursprung in verschiedenen Quellen der Baumberge östlich Billerbeck. Der Fluß verläuft weitgehend parallel zur Wasserscheide zwischen Ems und Vechte. Bei Burgsteinfurt nähert er sich dieser Grenze bis auf weniger als 1 km, behält aber die nordnordwestliche Richtung bei und mündet bei dem Dorfe Bilk (Krs. Bentheim) in die Vechte. — Zum Studium der Bachregion wurde aus arbeitstechnischen Gründen der Leerbach gewählt (s. Karte S. 5). Dieser entspringt am Nordrande des Schöppinger Bergs, dem nördlichsten Ausläufer der Baumberge. Auch hier liegen die oben angedeuteten geologischen Verhältnisse vor: Die Leerbachquelle liegt in der Zone, in der das wasserdurchlässige Obersenon und die wasserstauenden Tonmergel des Untersenons anstehen. Es handelt sich um eine Überlaufquelle des limnokrenen Typus im Sinne RUTTNERs. Der Quellbach durchschneidet zunächst auf einer Länge von etwas über 1 km die dem Schöppinger Bergrücken vorgelagerten Geschiebemergel. Das Bachbett ist steinig und verläuft direkt auf dem Kreidestein. Der Höhenunterschied auf dieser Bachstrecke beträgt etwa 11 m = 0,9 ‰. Eine mehrfache Aufstauung durch Wehre bringt es mit sich, daß das Gefälle hier effektiv nur etwa 0,3 ‰ beträgt. — Etwa vom Dorfe Leer ab besteht das Bachbett aus diluvialen und alluvialen Sanden. Damit ist die Einflußnahme der Kreidekalke jedoch nicht beendet. Im Mittel- und Unterlauf des Leerbachs wie auch im Unterlauf der Steinfurter Aa werden wiederholt ausstreichende Kreideformationen angeschnitten. — Der Leerbach mündet bei Borghorst—Nünningsmühle in die Steinfurter Aa.

III. METHODIK

1. Auswahl der Untersuchungsstellen

Für die regelmäßigen Probenahmen wurden die aus der Karte ersichtlichen Bach- und Flußabschnitte ausgewählt. So waren auf einer Strecke von etwa 10 km 8 deutlich unterscheidbare Fließgewässertypen verteilt, und es wurden zeitraubende Anfahrtswege zwischen den einzelnen Stationen vermieden.

Die Stationen sind (siehe Karte)

1. die Quelle,
2. der Quellbach in „natürlichem“ Zustand;
3. der durch Aufstauungen und Einleitung von Abwasser einzelner Gehöfte leicht eutrophierte Quellbach,
4. der Bach, mäßig verunreinigt durch häusliche Abwässer,
5. der begradigte und „besteинigte“ Bach,
6. der Bach, beeinflusst durch industrielle Abwässer,
7. der Fluß nach sehr starker Verunreinigung durch Abwässer der Textilindustrie,
8. der Fluß unter gleichzeitiger Einwirkung städtischer und industrieller Abwässer.

2. Frequenz der Probenahmen

Den in dieser Arbeit aufgeführten Algenvorkommen des Leerbachs und der Steinfurter Aa liegen vor allem Beobachtungen in der Zeit von Januar 1962 bis Juni 1963 zugrunde. Aus dieser Zeit liegt ein lückenloser 4wöchiger Begehungsturnus vor, ergänzt durch Beobachtungen, die an manchen Stationen in

kürzeren Zeitabständen, oft sogar täglich gemacht wurden. Auch die Ergebnisse früherer Untersuchungen (SCHNIEDER, 1958) wurden berücksichtigt, sodaß sich der Beobachtungszeitraum insgesamt auf 9 bis 10 Jahre erstreckt.

3. Die Präparation und mikroskopische Untersuchung der Algen

Die entnommenen Proben wurden mit Formol fixiert, die darin vorkommenden Algenformen nach Möglichkeit bestimmt und registriert. Die Bestimmung der Diatomeen war in der Regel erst nach entsprechender Präparation möglich. Diese erfolgte gewöhnlich nach dem Schwefelsäureverfahren unter Vorbehandlung mit Salzsäure zur Entfernung der Kalkinkrusten. Nach jeder Wässerung wurden die Präparate 5 min bei 2000 U/min zentrifugiert, damit auch bei den zarten Formen eine mengenmäßige Schätzung möglich war. Als Einbettungsmedium kam hauptsächlich das WEINZIERLsche Mittel (Kunstharz mit Monobromnaphthalin) zur Anwendung. Im Gegensatz zu HORNING (1959), der nach Einbettung in Realgar „auch zarte Formen sicher zu identifizieren“ vermochte, konnte ich bei gewissen kleinen *Nitzschia*-Formen — in der Literatur gemeinhin als *Nitzschia palea* bezeichnet — mit dem nach den Vorschriften von HUSTEDT (1923) hergestellten Realgar-Medium (Schmelze aus 2 Teilen Realgar, 2 Teilen Arstribromid und 1 Teil Schwefel) keine Auflösung der Feinstruktur erreichen. Daher wurde auch hier die Sammelbezeichnung „*Nitzschia palea*“ beibehalten. — Der Anteil der einzelnen Kieselalgenarten in den Proben wurde geschätzt unter Verwendung der bereits von SCHEELE (1952), HORNING (1959) und anderen benutzten Häufigkeitskategorien. Auch die Häufigkeitsindizes wurden in Anlehnung an die genannten Autoren errechnet und tabellarisch zusammengestellt (s. S. 24).

Als Mikroskop diente ein Zeiß-Forschungsmikroskop GFL mit Phasenkontrasteinrichtung unter zusätzlicher Verwendung eines Fluoritsystems (n. A. 1,30) für die Auflösung sehr feiner Strukturen. Der Phasenkontrast erwies sich als vorteilhaft bei der mikrophotographischen Wiedergabe sehr kontrastarmer Formen. Für den gleichen Zweck wurde zur Aufnahme der kontrastreich arbeitende Agepe-Film (Agfa) benutzt.

4. Verfahren zur Untersuchung des Wassers

Beim turnusmäßigen Begehen der Bachstrecken wurden regelmäßig je Standort 3 Wasserproben entnommen: eine für die Sauerstoffbestimmung in einer volumetrisch geeichten Winklerflasche unter Zusatz von NaOH und Mangan-II-chlorid, eine weitere für die Nitratbestimmung unter Zusatz von Chloroform und eine dritte Probe von 500 cm³ zur Ermittlung der übrigen Daten. Bei der großen Zahl von Einzelbestimmungen kamen nur Feldmethoden oder schnell durchzuführende Verfahren in Frage. Diese wurden teils dem sehr empfehlenswerten Werk von CZENSNY (1961), teils den deutschen „Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ (1960) entnommen. Sie waren zum Teil kolorimetrisch (pH, NO₃⁻, NH₄⁺, Fe⁺⁺⁺, Phosphate), zum Teil titrimetrisch (Sauerstoffgehalt, Permanganatverbrauch, Gesamthärte und Alkalität). Für die kolorimetrischen Verfahren erwiesen sich die von CZENSNY entwickelten Teststufen als zuverlässig und hinreichend genau. Später benutzte ich die leicht transportablen Kolorimeterblöcke dieser Art, die von der Firma Bergmann KG, Berlin fertig geliefert werden. — Schwierigkeiten ergaben sich bei der Bestimmung der Nitrate. Die von CZENSNY angegebene Feldmethode mit Diphenylaminschwefelsäure (nach TILLMANN und SUDHOFF 1911) ergab keine haltbaren und vergleichbaren Färbungen. Die Bestimmung mit Natriumsalicylat unter

Verwendung von Hühnerzylindern war dagegen zuverlässig und genau, dafür aber wesentlich zeitraubender. — Die Eisenbestimmung erfolgte nach Oxydation mit H_2O_2 , die Werte geben also den Gesamteisengehalt an. Bei den Phosphaten ist dagegen nur der anorganische Anteil erfaßt (mit Sulfomolybdänsäure und Zinn). Folgende Bestimmungen wurden regelmäßig durchgeführt:

pH-Wert (nach CZENSNY 1961)
Sauerstoffgehalt (Deutsche Einheitsverfahren 1960, G 2)
Permanganatverbrauch (nach CZENSNY 1961)
Gesamthärte (Komplexverfahren mit Titriplexlösungen Merck)
Säurebindungsvermögen (nach CZENSNY 1961)
Eisengehalt (nach CZENSNY 1961, mit Rhodanid)
Ammoniakgehalt (nach CZENSNY 1961, mit NESSLERs Reagens)
Chloridgehalt (Deutsche Einheitsverfahren 1960, D 1)
Phosphatgehalt (nach CZENSNY 1961)
Nitratgehalt (nach CZENSNY 1961)

Die weiter unten aufgeführten Daten sind die Extremwerte. Die einzelnen Monatswerte sind der graphischen Darstellung im Anhang zu entnehmen.

IV. Hydrographie des Untersuchungsgebiets

1. Wasserführung

Infolge des verhältnismäßig homogenen geologischen Unterbaus sind die Fließgewässer des Münsterlandes in ihren hydrographischen Eigenschaften nicht sehr vielgestaltig. Unterschiede in der Wasserführung ergeben sich größtenteils aus der Niederschlagsverteilung, die im Berichtszeitraum sehr schwankte und vom 60jährigen Mittel oft erheblich abwich. Die graphische Darstellung in der Abb. 1 zeigt die von der Wetterwarte Münster registrierten monatlichen Niederschlagsmengen von Januar 1962 bis Dezember 1963. Die eingetragenen Zahlenwerte bezeichnen den Prozentanteil an den aus den Messungen seit 1864 ermittelten Durchschnittswerten.

Ein Vergleich der Niederschlagsmengen mit den Pegelständen bei Temmingsmühle und Wetringen (Abb. 2) zeigt vom Herbst bis zum Frühjahr eine direkte monatliche Entsprechung. In unserem kultur- und wasserbaulich sehr fortgeschrittenen Gebiet wird ein Großteil des Regenwassers als Oberflächenwasser direkt abgeleitet und führt unmittelbar nach den Regenfällen zu einem starken Anstieg der Pegelwerte. Im Sommer macht sich der ausgleichende Einfluß der Vegetation und der Sonneneinstrahlung (Transpiration und Verdunstung) bemerkbar.

Anders liegen die Verhältnisse in der Quelle und der quellenahen Bachregion. Die Schüttung der Leerquelle ist mit durchschnittlich etwa 30 l/sec gering, doch ist auch nach langen Trockenperioden nie ein Trockenfallen beobachtet worden. Andererseits führen selbst stärkste Regenfälle hier und in der oberen Bachregion niemals direkt zu einer erhöhten Wasserführung. Nach WUNDT (1953) ist zwar der Grundwasserstand abhängig vom Niederschlag, doch ist der Grundwasseranstieg und damit die Zunahme der Quellschüttung gegenüber den Niederschlägen verspätet. Eine Relation ergibt sich dann, wenn man die Wasserführung eines Monats mit den Regenhöhen des Vormonats in Beziehung setzt. Beim Leerbach entsprachen den Niederschlagsminima im Juni, Oktober und Dezember 1962 deutlich geringere Quellschüttungswerte und schwächere Wasserzuführung in der oberen Bachregion Anfang August, Anfang Dezember und Anfang Februar.

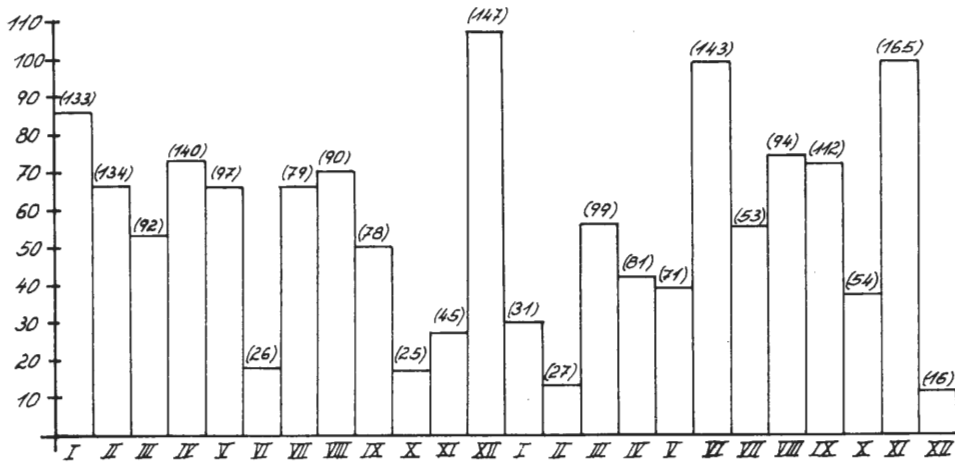


Abb. 1: Monatliche Niederschlagsmengen 1962/63, Wetterwarte Münster.

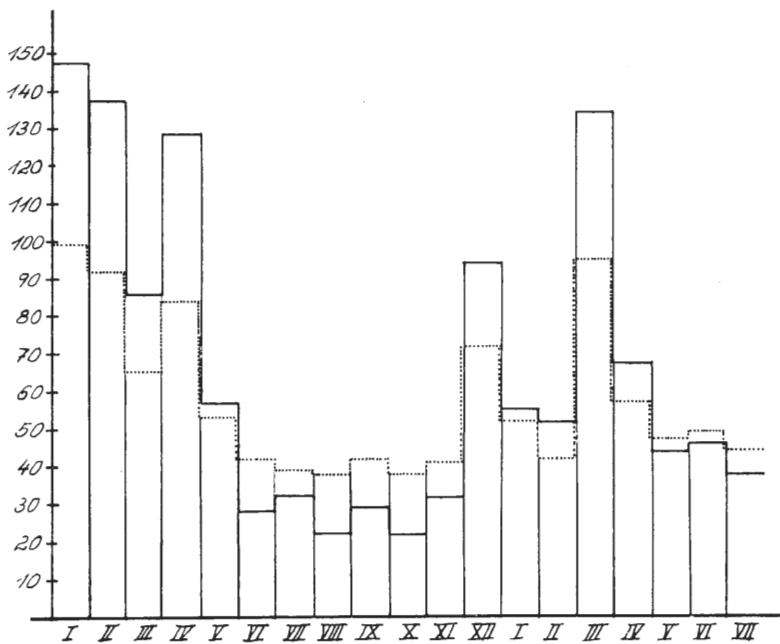


Abb. 2: Mittlere monatliche Wasserführung der Steinfurter Aa an den Pegeln Temmingsmühle (pkt.) und Wettringen (schwarz) von Januar 1962 bis Juli 1963.

Mit zunehmender Entfernung von der Quelle nimmt die direkte Abhängigkeit der Wasserführung von den Niederschlagsmengen immer mehr zu. — Ein weiterer Faktor, der im Flachland eine erhebliche Rolle spielt, sind die eingebauten Wehre, deren Öffnen und Schließen erhebliche Schwankungen in der Wasserführung und im Chemismus des Wassers hervorrufen können.

2. Temperatur

Bei jeder Probenahme wurden die Wassertemperaturen mit Hilfe eines auf $1/10$ C° geeichten Thermometers gemessen. Die Werte sind w. u. zusammen mit den hydrochemischen Daten aufgeführt. Während die Quelle und der Quellbach konstante Temperaturen zeigten, wirkt sich bachabwärts zunehmend der Einfluß der Außentemperaturen aus. Bei den kaltstenothenen Bächen des Berglandes (vgl. THIENEMANN 1912, BUDDE 1928, WEHRLE 1942, HORNING 1959) herrschen infolge des wiederholten Zuflusses aus kalten Quellen und wegen der geringeren Sonnenexposition über weite Strecken hinweg gleichmäßig niedrige Temperaturen. Bei den Bächen und Flüssen des Flachlandes dagegen lassen sich im Laufe des Jahres 4 charakteristische Zustände erkennen, die den thermischen Verhältnissen in einem See gewissermaßen analog sind. Beim Vergleich der Temperaturen von der Quelle bis zur Mündung ergibt sich

1. ein Anstieg der Temperatur im Sommer,
2. der Zustand der Isothermie im Herbst,
3. Der Abfall der Temperatur im Winter und
4. der Zustand der Isothermie im Frühjahr.

In beiden Jahren fiel die Frühjahrsisothermie in den April und hielt bis in den Mai hinein an. Die Herbstisothermie lag 1962 früher (September), war aber eher beendet als 1963 (Oktober/November).

Im Sommer sind die tageszeitlichen Schwankungen bei sonnigem Wetter mitunter erheblich. Dabei spielen Aufstauungen (Strömungsgeschwindigkeit), Wasserführung und Untergrund eine Rolle. Ein besonders ausgeprägter tageszeitlicher Temperaturwechsel trat auf an der Untersuchungsstelle 5 (begradigter Bach), wo der Bach ein ausgedehntes Wiesengelände durchläuft und sich in mehrere kleine Läufe aufteilt. In einem Falle stieg hier die Temperatur innerhalb 70 Minuten um $4,7$ C°. Die Amplitude betrug an diesem Tage $7,2$ C°.

HORNING (1959) stellte fest, daß die Einleitung von Abwässern temperatursteigernd wirkt. Im vorliegenden Fall waren die Messungen nicht eindeutig. In manchen Monaten (Oktober, Dezember) zeigten die stärker Abwasserführenden Strecken einen deutlichen Anstieg, in anderen ergab sich kein Unterschied oder gar ein Abfall.

3. Die hydrochemischen Verhältnisse in den einzelnen Bach- und Flußstrecken

Die Quelle und der Quellbach

Temperatur	9,5	—	9,9
Sauerstoffgehalt, mg/l	9,3	—	10,9
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	81,0	—	95,0
Permanganatverbrauch, mg/l	2,9	—	6,6
Wasserstoffionenkonz., pH	7,2	—	7,5
Gesamthärte, d°	16,4	—	22,4
Karbonathärte, d°	14,6	—	16,2
Gesamteisen, mg/l	0,0	—	0,1
Phosphate (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,0	—	0,2
Nitrate, mg/l	0,05	—	0,71
Chloride, mg/l	2,3	—	3,1

Das Wasser tritt aus Spalten im Kreidegestein hervor und ist sehr reich an gelösten Karbonaten. Die Temperatur ist bei einer Schwankungsbreite von 0,4 C° praktisch konstant.

Der Sauerstoffgehalt lag in allen Fällen unter dem Sättigungswert. Das Defizit ist für Quellwasser verhältnismäßig gering. — Der Permanganatverbrauch ist ebenfalls niedrig, ein leichter Anstieg im Herbst ist zurückzuführen auf die erheblichen Laubmengen, die sich im Quelltümpel absetzen und langsam zerfallen. Im Herbst ist auch der Gehalt an den übrigen Mineralstoffen (Eisen, Ammoniak, Phosphate, Nitrate, Chloride) leicht erhöht.

Für den Quellbach wurden getrennt Wasserproben entnommen und den gleichen Untersuchungsverfahren unterworfen. Bei sehr niedrigen Außentemperaturen war der Sauerstoffgehalt leicht erhöht, die Härte etwas geringer. Sonst ergaben sich keine Unterschiede.

Der leicht eutrophierte Quellbach.

Temperatur, ° C	4,2	—	12,3
Sauerstoffgehalt, mg/l	10,2	—	13,3
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	91,0	—	103,0
Permanganatverbrauch, mg/l	6,9	—	9,8
Wasserstoffionenkonz., pH	7,6	—	8,0
Gesamthärte, d°	17,6	—	18,5
Karbonathärte, d°	13,4	—	15,2
Eisen, mg/l	0,05	—	0,2
Ammoniak, mg/l	0,1	—	1,5
Phosphate (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,1	—	0,35
Nitrate, mg/l	0,4	—	1,05
Chloride, mg/l	2,4	—	2,8

Die oberhalb gelegenen Stauweiher haben je eine Fläche von etwa 300 m² und sind stark verkrautet. So steht das Wasser unter dem verstärkten Einfluß der täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen von Außentemperatur und Sonneneinstrahlung. Der Permanganatverbrauch ist im Spätsommer und Herbst erhöht, bleibt aber innerhalb der für Quellwasser typischen Werte. — Der pH-Wert ist gegenüber der Quelle stark erhöht, weil sich nunmehr das normale Gleichgewicht zwischen Ca(HCO₃)₂ einerseits und CaCO₃ und CO₂ andererseits eingestellt hat, sodaß nun der pH-Wert der Alkalität entspricht. Im Sommer, wenn durch die assimilatorische Tätigkeit der höheren Wasserpflanzen dem Wasser weiteres CO₂ entzogen wird, steigt der pH-Wert bis auf 8,0 an. An sonnigen Tagen zeigt das Wasser der Stauweiher dann eine milchig-graue Trübung durch fein verteiltes CaCO₃. — Wie beim Quellteich sind die Eisen-, Ammoniak-, Phosphat- und Nitratwerte im Spätherbst erhöht. Auch hier liegt die Ursache in den nach dem Laubfall und dem Absterben der höheren Pflanzenwelt einsetzenden Abbauprozessen.

Der Bach, mäßig verunreinigt durch häusliche Abwässer.

Temperatur, ° C	0,1	—	16,2
Sauerstoffgehalt, mg/l	4,9	—	15,4
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	43,0	—	106,0
Permanganatverbrauch, mg/l	11,4	—	16,4
Wasserstoffionenkonz., pH	7,8	—	8,4
Gesamthärte, d°	17,4	—	19,6
Karbonathärte, d°	13,7	—	15,0
Eisen, mg/l	0,1	—	0,2
Ammoniak, mg/l	0,4	—	1,0
Phosphat (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,3	—	0,9
Nitrate, mg/l	0,32	—	0,82
Chloride, mg/l	2,8	—	3,6

Das Gefälle ist hier sehr gering, das Wasser fließt in dem sandigen Bachbett ruhig dahin. Demgemäß ist die Temperaturamplitude hoch. Ein Teil der Abwässer des Dorfes Leer führt dem Bach erhebliche Mengen an organischer Substanz zu. Der Sauerstoffgehalt kann daher bei geringer Wasserführung und höherer Temperatur stark absinken. Die Härte ausgenommen, zeigen alle übrigen Werte einen kräftigen Anstieg, wobei die Maxima in den Sommermonaten liegen. Der hohe Phosphatgehalt und das hohe pH dürften zurückzuführen sein auf die modernen pyrophosphathaltigen Waschmittel.

Der begradigte und „besteinigte“ Bach mit geringer Wasserführung.

Temperatur, ° C	0,3	—	17,9
Sauerstoffgehalt, mg/l	5,8	—	13,3
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	47,0	—	120,0
Permanganatverbrauch, mg/l	14,8	—	20,4
Wasserstoffionenkonz., pH	8,2	—	8,6
Gesamthärte, d°	14,6	—	19,0
Karbonathärte, d°	13,2	—	14,8
Eisen, mg/l	0,1	—	0,25
Ammoniak, mg/l	0,2	—	1,0
Phosphat (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,2	—	1,0
Nitrate, mg/l	0,45	—	1,30
Chloride, mg/l	2,8	—	4,2

Neben der hohen Temperaturamplitude fällt der erhöhte Permanganatverbrauch auf. Abgesehen vom Herbst ist jedoch die Sauerstoffbilanz bemerkenswert positiv. Der hohe Nitratgehalt ist vermutlich auf künstliche Düngemittel zurückzuführen, die dem Bach durch Drainageröhren zugeführt werden. Die weitere Verstärkung der alkalischen Reaktion des Wassers läßt darauf schließen, daß von einer kurz oberhalb gelegenen, kleinen Bleicherei Alkalien in den Bach gelangen, andernfalls würde inzwischen durch die Pufferwirkung der Karbonate eine Normalisierung eingetreten sein.

Der Bach unter stärkerem Einfluß industrieller Abwässer

Temperatur, ° C	0,2	—	16,8
Sauerstoffgehalt, mg/l	5,2	—	13,4
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	43,0	—	112,0
Permanganatverbrauch, mg/l	21,4	—	42,3
Wasserstoffionenkonz., pH	7,4	—	8,5
Gesamthärte, d°	14,0	—	19,1
Säurebindungsvermögen ml	3,4	—	6,5
Eisen, mg/l	0,3	—	0,6
Ammoniak, mg/l	0,7	—	1,5
Phosphate (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,15	—	0,25
Nitrate, mg/l	0,3	—	0,4
Chloride, mg/l	3,3	—	5,5

Durch Zusammenfließen der oben erwähnten Einzelbäche und durch andere Zuflüsse hat die Wasserführung wieder zugenommen. Bei Regulierungsarbeiten wurden mehrere Kleinwehre eingebaut, die bei dem ohnehin geringen Gefälle die Strömung auf lange Strecken minimal werden lassen. Abwässer von der oben genannten Bleicherei, von einer Lappenwäscherei und von einem Arbeitslager tragen zur Verschmutzung bei. Die Einleitung erfolgt stoßweise. Der Permanganatverbrauch erreicht zeitweise die Grenze zur polysaprogenen Verunreinigungsstufe (50 mg/l). Das Säurebindungsvermögen, das sich wegen der störenden chemischen Einflüsse nicht mehr zur Berechnung der Karbonathärte verwenden läßt, sowie das pH zeigen schwankende Werte, je nach Beschaffenheit der in den genannten Betrieben verwendeten Chemikalien. — Die in den oberen Bachstrecken beobachtete Kalkinkrustation an Steinen und Algen war nicht mehr festzustellen. Der biogene Entkalkungsprozeß scheint hier zum Stillstand gekommen zu sein. — Die erhöhte Belastung mit organischen Stoffen und Faulschlammabildung auf dem Bachgrund führen zu einem verstärkten Sauerstoffdefizit.

Die Flußregion unter starkem Einfluß von Abwässern der Textilindustrie.

Temperatur, ° C	0,6	—	16,0
Sauerstoffgehalt, mg/l	2,0	—	9,9
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	17,0	—	99,0
Permanganatverbrauch, mg/l	32,9	—	205,0
Wasserstoffionenkonz., pH	7,3	—	9,0
Gesamthärte, d°	13,4	—	16,2
Säurebindungsvermögen ml	3,6	—	10,5
Eisen, mg/l	0,05	—	0,9
Ammoniak, mg/l	1,0	—	3,5
Phosphate (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,5	—	2,0
Nitrate, mg/l	0,03	—	0,06
Chloride, mg/l	3,2	—	8,7

Die als typisch für diese Region ausgewählten Untersuchungsstellen liegen oberhalb und unterhalb des Mühlenwehres bei Schloß Burgsteinfurt. 5—6 km oberhalb gelangen die „geklärten“ Abwässer einer Färberei und einer sehr großen Bleicherei in den Fluß. Im Vergleich zu meinen Befunden im Sommer 1954 (SCHNIEDER 1958) hat sich der Abwässereinfluß hier erheblich verstärkt. Nach SCHERB (1961) enthalten derartige Abwässer neben den Chemikalien (Säuren, Laugen, anorganischen und organischen Salzen, Fetten, Dextrinen, Detergentien und Farbstoffen) auch Pektine und wachähnliche Begleitstoffe, die beim Reinigen der Roh-textilien ausgewaschen werden. Dabei ist die Beschaffenheit der Abwässer selbst innerhalb einer Fabrik wechselhaft, je nach der Art der angewandten Verfahren.

Bei den Bleichereien sind es vor allem die Kocherlaugen, hochkonzentrierte, heiße Abwässer, die im Gegensatz zu den Spülwässern stoßweise abfließen und eine starke Erhöhung des pH-Werts und des Permanganatverbrauchs zur Folge haben. Meine Bestimmungen an der Einmündung des Vorfluters in Wilmsberg am 18. 8. 1963 ergaben ein pH von 11,0 (!) und einen Permanganatverbrauch von 436 mg/l. Das Säurebindungsvermögen betrug 268 ml n/10 HCl auf 100 ml Wasserprobe. Der Flußgrund war 500 m weit flußabwärts bedeckt von einem weißen Niederschlag ausgefällter Kalksalze und frei von jeglicher Bakterien- und Algenvegetation. Härte und Ammoniakgehalt waren nicht nachzuweisen. — Daß diese extremen Werte sich 5 km unterhalb bereits wieder so weit „normalisiert“ haben, spricht für die große Widerstandskraft des Flusses.

Die Wäschereien, fast immer mit einer Bleicherei oder einer Färberei in einem Betrieb vereinigt, verwenden neben Soda und Seife heute verstärkt Polyphosphate und die zum Teil sauer reagierenden Detergentien des Sulfat- und Sulfonattyps. Dadurch erklären sich die erhöhten Phosphatgehalte sowie das Schwanken des pH-Werts. Die bekannte Schaumbildung als Folge der im Wasser enthaltenen Netzmittel konnte immer wieder beobachtet werden.

Auch Färbereiabwässer können durch saure oder basische Farbstoffe eine plötzliche Veränderung des pH-Werts bewirken. Je nach Art der Farbstoffe, die der Mode entsprechend wechselten, traten an dieser Untersuchungsstelle die verschiedensten Färbungen des Wassers auf. Auch der Chloridgehalt wechselte unabhängig von der Jahreszeit, ohne allerdings höhere Werte zu erreichen. Ebenso schwankte der Eisengehalt. Die Prüfung auf Nitrate ergab gleichbleibend sehr niedrige Werte, entsprechend der bekannten Erscheinung, daß in Abwässern Nitrate zu Ammoniak reduziert werden. Der hohe Ammoniakgehalt stimmt damit gut überein.

Der Fluß unter gleichzeitiger Einwirkung städtischer und industrieller Abwässer

Temperatur, °C	0,2	—	16,4
Sauerstoffgehalt, mg/l	0,37	—	10,5
Sauerstoffgehalt in ‰ d. S.	2,7	—	97,0
Permanganatverbrauch, mg/l	36,5	—	110,0
Wasserstoffionenkonz., pH	6,2	—	9,0
Gesamthärte, d°	10,6	—	17,2
Karbonathärte, d°	3,6	—	7,3
Eisen, mg/l	0,4	—	2,6
Ammoniak, mg/l	0,7	—	4,5
Phosphate (anorg.), mg/l P ₂ O ₅	0,7	—	1,4
Nitrate, mg/l	0,0	—	0,05
Chloride, mg/l	3,4	—	7,9

Für die Untersuchungsstelle unterhalb Burgsteinfurts gilt Ähnliches wie für die vorgenannte. Nur kommt es jetzt in verstärktem Maße zur Verunreinigung mit organischen Stoffen, einmal von seiten einer Brauerei, dann durch Einleiten eines Teils der Burgsteinfurter Kanalisation. Bei geringer Wasserführung liegt hier ein fast völliger Sauerstoffschwund vor. Das Gewässer ist dann polysaprob und die Lebensprozesse verlaufen weitgehend anaerob. Eine Meßserie zur Ermittlung der Tagesschwankungen ergab am Sonnabend/Sonntag, dem 18./19. August 1963 ein relativ ausgeglichenes Bild:

Uhrzeit	6.30	9.00	12.00	15.00	19.00	6.30
Permanganatverbrauch	59,4	56,9	51,8	56,2	50,6	50,6
Ammoniak	1,5	3,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Phosphat	1,8	3,0	3,0	1,8	1,5	3,0
Eisen	1,3	2,6	2,6	1,3	1,7	1,2
Chloride	6,9	7,5	7,2	6,7	6,1	5,5
Gesamthärte	11,6	12,3	11,6	11,8	11,0	11,8
pH	7,5	7,8	7,8	7,8	7,5	7,8

Ein deutliches Maximum am Sonnabendvormittag zeigen Ammoniak-, Eisen- und Phosphatgehalt. Dieses steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit einer Reinigungswelle in den Fabriken am Sonnabendvormittag. Das abermalige Ansteigen des Phosphatgehalts am frühen Sonntagmorgen ist wohl zurückzuführen auf einen entsprechenden Prozeß in den Haushaltungen am Sonnabendabend.

Es muß ferner berücksichtigt werden, daß es beim Öffnen und Schließen eines Wehres in der Flußstrecke unterhalb ebenfalls zu erheblichen Schwankungen im Wasserchemismus kommen kann. Neben einem „Chemikalienstau“ bewirkt ein Wehr auch immer einen Temperaturstau.

V. Die Algenflora der einzelnen Untersuchungsstellen

In der nun folgenden Beschreibung der Algenvegetation an den auf S. 6 angegebenen Standorten kann es sich angesichts der Vielfalt der Erscheinungen und der Fülle von Einzelbefunden nur um eine gedrängte Übersicht handeln. Auf manche Fragen, die einzelne Diatomeen betreffen, dürfte die Zusammenstellung der errechneten Häufigkeitsindizes (S. 24) und das Arten- und Standortverzeichnis auf S. 25 ff. eine Antwort geben.

Alle aufgeführten Algen wurden in Biotopen des fließenden Wassers gefunden. Im Unterschied zu HORNUNG (1959), der zwar die aerischen Standorte ausschließt, aber die lenitischen Biotope in seine Untersuchung ausdrücklich einbezieht, habe ich versucht, Stillwasserbereiche, wie sie in einem Fließgewässer des Flachlandes in Gestalt von kleinen Buchten, Stauweihern, Vieheintrittsstellen und Mühlenkolken häufig auftreten können, auszuklammern. Dafür sprechen methodische und sachliche Gründe. Einmal wird so die an sich schon komplexe Biologie eines Baches oder Flusses nicht noch undurchsichtiger. Zum anderen dürften die ökologischen Faktoren der lenitischen Biotope von denen der lotischen sehr verschieden sein; die Übertragung etwa der hydrochemischen Daten des Fließwassers auf die Stillwasserbereiche derselben Bach- oder Flußstrecke kann leicht zu falschen Schlüssen führen.

1. Die Quelle

Die Leerbachquelle ist eine Limnokrene. An der Austrittsstelle des Wassers entsteht zunächst ein kleiner Teich, dessen Überlauf dann den Quellbach bildet. Der Quellteich, von rundlicher Form, etwa 8 m im Durchmesser und 10 bis 40 cm tief, liegt in einer nach Nordosten geöffneten, kleinen Schlucht und ist mit Rotbuchen umstanden, sodaß vorwiegend diffuses Tageslicht Zutritt hat, das darüber hinaus im Sommer durch die Belaubung der Bäume stark gemindert wird. Die steilen Ufer bestehen teils aus festem Kalkgestein, teils (an abgeflachten Stellen) aus Kalkgeröll und teils aus Tonmergel. Letzterer ist an und über der Wassergrenze dicht mit *Marchantia polymorpha*, die glatten Gesteinswände dagegen locker mit *Brachythecium rivulare* überzogen. Die Unterwassertriebe von *Brachythecium rivulare* sind an den Gesteinsspalten, aus denen das Wasser hervortritt, dick mit Kalk inkrustiert. Ferner wächst hier *Oscillatoria amphibia* Ag.. Sie bildete im August 1963 und im Januar/Februar 1964 sehr auffällige, dicke Polster von schwarzblauer Farbe, die zum Teil untermischt waren mit einer *Phormidium*-Art unsicherer Bestimmung (vielleicht *Ph. favosum* (Bory) Gom.). Auf Moosblättchen und anderen Substraten bildete *Chamaesiphon (polymorphus* Geitler?) große Sporangien aus. Die für diesen Standort typische

Diatomeenform ist *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve mit var. *oblongella* (Naeg.) Cleve. Andere häufig vertretene Arten waren *Meridion circulare* Ag., *Amphora ovalis* var. *pediculus* Kütz., *Nitzschia dubia* W. Smith und *Navicula gracilis* Ehr.. Vereinzelt traten auf: *Achnanthes affinis* Grun., *Achnanthes lanceolata* Breb., *Achnanthes clevei* Grun., *Gomphonema angustatum* Grun., *Navicula subhamulata* Grun., *Caloneis alpestris* Cleve und *Caloneis bacillum* (Grun) Mereschk.. Ein deutliches Maximum zeigen *Diploneis ovalis* im April und Mai sowie *Amphora ovalis* und *Navicula gracilis* im Januar.

Eine anders geartete Algengesellschaft findet sich auf dem Grunde des Quellteichs. Dieser besteht aus Kalksand und Kalkschlamm mit darunterliegenden tonigen Bestandteilen. Ein Teil des Grundes ist bedeckt mit einer lockeren, dunkelbraunen Schicht langsam verwesender Blätter und kleinen Blatteilchen, die alljährlich durch den Laubfall regeneriert wird. Während der Blattmulm nur vereinzelte, größtenteils verschleppte Diatomeenformen aufwies, trat auf dem Kalkschlamm in schwacher Strömung *Navicula peregrina* (Ehr.) Kütz. massenhaft in Erscheinung. Auch *Amphora ovalis* Kütz., *Nitzschia dubia*, *Navicula menisculus* Schumann, *Surirella ovata* Kütz. und *Cocconeis diminuta* Pant. erreichten einen hohen Häufigkeitsgrad. Ferner traten auf *Achnanthes clevei*, *Cymatopleura solea* W. Smith, *Gyrosigma acuminatum* Rabh., *Navicula hungarica* Grun., *Stauroneis smithii* Grun., *Fragilaria harrissonii* W. Smith, *Surirella robusta* Ehr., *Cymatopleura elliptica* Kütz., *Navicula binodis* Ehr., *Surirella angustata* Kütz. und *Campylodiscus noricus* var. *hibernica* (Ehr.) Grun.. Von diesen zeigte *Navicula peregrina* ein sehr ausgeprägtes Maximum im Januar 1962, war bis Anfang April noch häufig vertreten und im Mai bis auf geringe Reste verschwunden. 1963 und 1964 erstreckte sich das Maximum über die gleiche Jahreszeit, war aber viel schwächer als 1962. — Auch bei *Nitzschia dubia* lag ein Wintermaximum vor, doch schwächer und mit einer noch längeren Anlaufzeit. *N. dubia* besitzt eine sehr starke Eigenbeweglichkeit und daher eine große Vagilität. Sie war in geringer Zahl sowohl auf den Moosrasen am Quellteichrand wie auf dem Blattmulm und sogar auf dem Kalkgeröll unmittelbar vor dem Wasseraustritt, wo sonst keinerlei Algenwuchs festzustellen war, zu finden. Andererseits zeigte die Art selbst innerhalb eines homogenen Kleinbiotops eine sehr ungleichmäßige Verteilung: Versuchsweise wurden im März 1962 auf einer etwa 2 m² großen, im Hinblick auf Licht, Strömung und Substrat einheitlichen Fläche Kalksandes im Quellteich 20 auf diese Fläche gleichmäßig verteilte Proben entnommen und diese auf den Algengehalt hin untersucht. Während die dominante Form, *Navicula peregrina*, in allen Proben gleichmäßig häufig war, schwankte der Häufigkeitsgrad von *Nitzschia dubia* zwischen den Häufigkeitsstufen 2 und 6 („selten“ und „häufig“). Auch bei den weniger häufigen Arten ergaben sich Differenzen, nicht nur in der Häufigkeit, sondern auch im Lebenszustand. *Cocconeis diminuta* zum Beispiel war in manchen Proben sehr häufig, in anderen, nur 20 cm davon entfernt entnommenen restlos abgestorben. Daraus ist ersichtlich, wie sehr die herkömmlichen Methoden der Probenahme zu Zufallsergebnissen führen können.

Cocconeis diminuta wurde immer nur mit *Achnanthes clevei* zusammen auf Sandkörnern haftend gefunden. Die Art ist auf diesem Substrat nur bei sehr kräftiger mikroskopischer Beleuchtung erkennbar und leicht zu übersehen. Sie wuchs das ganze Jahr hindurch, war aber im Februar besonders zahlreich vertreten. *Achnanthes clevei*, *Cymatopleura solea*, *Cymatopleura elliptica*, *Fragilaria harrissonii*, *Navicula menisculus*, *Stauroneis smithii* und *Surirella robusta* blieben auf den Spätwinter und das Frühjahr beschränkt. *Gyrosigma acuminatum* und *Navicula hungarica* zeigten eine regellose Streuung über das ganze Jahr.

2. Der Quellbach

Wie oben erläutert, kann man diesem Quellbach wie auch den übrigen Quellbächen der Baumberge im Hinblick auf Gefälle und Strömung keinen ausgeprägten montanen Charakter zusprechen. Die Strömung beträgt konstant 55 cm/sec. Das Bachbett ist flach, der Wasserlauf etwa 1,5 m breit. Der Untergrund ist in den mittleren Bereichen steinig, am Rande, in der schwächeren Strömung, sandigtonig. Auf dem Kalkschlamm dieser Randzone kommt eine Diatomeenassoziation zur Entwicklung, die in ihrer Artenzusammensetzung zwar der des Quellteiches entspricht, jedoch Verschiebungen in der Mengenverteilung erkennen läßt. *Surirella ovata* tritt von Januar bis August stark hervor, begleitet von *Amphora ovalis*, *Amphora ovalis* var. *pediculus* und *Nitzschia dubia*. Ein deutliches Maximum war bei keiner dieser drei Arten festzustellen. Wiederholt zu finden waren ferner *Gyrosigma acuminatum* und *Cocconeis diminuta*, erstere hauptsächlich im Frühjahr, *Cocconeis* im Herbst und Winter. Selbst während ihres Wintermaximums im Quellteich war *Navicula peregrina* im Quellbach nur schwach vertreten. Die folgenden Formen kamen nur vereinzelt vor: *Achnanthes clevei*, *Navicula menisculus*, *Achnanthes lanceolata*, *Surirella angustata*, *Cymatopleura solea*, *Gomphonema angustatum*, *Navicula hungarica*, *Neidium dubium* (Ehr.) Cleve, *Nitzschia hungarica* Grun., *Stauroneis smithii* Grun., *Caloneis amphibiaena* (Bory) Cleve, *Achnanthes affinis*, *Caloneis alpestris*.

In den steinigen, strömungsstärkeren Bachbezirken war dagegen nie eine Diatomeenvegetation zu verzeichnen. Die Steine wiesen immer nur einen sehr fest haftenden Krustenbewuchs von *Chamaesiphon* (*polymorphus* Geitl.), *Chantransia chalybea* (Lyngb.) Fries, *Phormidium spec.* und *Protoderma viride* Kütz. auf. Die Spezieszugehörigkeit der hier gefundenen Cyanophyceen mußte selbst nach dem Studium der Arbeiten von GEITLER (1925), FRITSCH (1949), KANN (1943 und LUTHER (1954) unsicher bleiben. —

Chantransia bildet vor allem im Winter und Frühjahr kleine schwarzbraune Pusteln auf Steinen und mit Vorliebe auch auf sehr glatten Substraten, wie z. B. Glasscherben.

Erstaunliche Befunde ergaben sich nach dem Einbringen von Plastikstreifen, die 4 Wochen lang im Wasser flutend belassen und dann einer mikroskopischen Untersuchung unterzogen wurden. Während die Steine des Bachgrundes weitgehend frei von Diatomeen waren, bildete sich auf den Plastikstreifen eine artenarme, aber sehr individuenreiche Vegetation von *Achnanthes affinis* Grun., *Achnanthes lanceolata* Bréb., *Meridion circulare* Ag. und *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabh. aus, durchsetzt von *Chamaesiphon*-Nestern und grünen Sternchen von *Protoderma viride* Kütz.. Im August 1963 bildete *Chamaesiphon* bereits nach einwöchiger Besiedlungszeit kräftige Gonidangien aus.

Interessante Beobachtungen ermöglichte dieses Verfahren bei der Chlorophyceen *Protoderma viride*. Die Entwicklung dieser Form ließ sich auf den Plastikstreifen ohne besondere, die Beurteilung erschwerende präparative Eingriffe verfolgen: Es entwickeln sich zunächst aus einzelligen Zoosporen nach 8—10 Tagen kleine Zellkomplexe von rundlichem Umriss, die allmählich an den Rändern, unter Ausbildung länglicher Zellen, in mehr oder weniger fädige Ausläufer übergehen. Mehrere solcher benachbarter Sternchen verschmelzen schließlich zu einer Fläche. Derartige grüne Lager überziehen auch einen großen Teil der Steine im Bachbett. In dieser Form hatte ich sie früher als *Chlorococcum humicolum* Rabh. bestimmt. Auf Plastikstreifen in den unteren Bachregionen

fanden sich jedoch die gleichen grünen Sternchen. Diese trieben im Sommer, nach 2- bis 3monatiger Entwicklungszeit, Wassersprosse und gaben sich dann als *Stigeoclonium tenue* Kütz. zu erkennen. Es liegt somit der Schluß nahe, daß diese Alge in der kaltstenohermen Bachregion lediglich eine „forma incrustans“ ausbildet, analog den Verhältnissen bei *Batrachospermum* bzw. *Chantransia*.

3. Der leicht eutrophierte Quellbach

Auf die Veränderungen, die der Wasserchemismus durch die verstärkte Exposition erfährt, wurde bereits hingewiesen (S. 11). Auch die Algenvegetation weist Aspekte auf, die von denen des vorher beschriebenen Bachabschnittes sehr verschieden sind. Im März kommt es zur Massenvegetation von *Vaucheria*, vorwiegend *Vaucheria sessilis* f. *repens* Hansgirg und *V. sessilis* f. *genuina* Hansgirg, zuweilen untermischt mit *Vaucheria ornithocephala* f. *typica* Heering. Diese bildeten in strömendem Wasser schwammartige Kissen, oft von 30 bis 40 cm Durchmesser und bis zu 15 cm Höhe. An Stellen schwächerer Belichtung hielt diese Massenentwicklung bis Juli an, dann gingen die Kissen in flächige Rasen über, um im Herbst ganz zu verschwinden. In besonnten Bachabschnitten wurden die Polster bereits im April grau und hielten sich den Sommer über in geringen Resten.

Die *Vaucheriakissen* sowie die Moospolster, hauptsächlich von *Brachythecium rivulare*, boten einer Reihe von Diatomeen gute Entwicklungsmöglichkeiten. Die häufigsten waren *Achnanthes affinis* Grun., *Navicula gracilis* Ehr., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Meridion circulare* Ag., *Gomphonema angustatum* Grun., *Amphora ovalis* var. *pediculus* Kütz., *Melosira varians* Ag., *Gomphonema constrictum* Ehr., *Achnanthes lanceolata* Bréb., *Cocconeis placentula* Ehr. und *Cymbella ventricosa* Kütz.. *Meridion circulare* bildet hier, im Schutz der Stillwasserräume, große Sektoren aus, während sie weiter oberhalb immer nur einzeln oder in Büscheln von relativ langen Einzelzellen vorkam. *Melosira varians* befand sich im April und Mai in Massenentwicklung und zeigte im November reichlich Auxosporenbildung. *Synedra ulna* hatte ein Maximum im Juni und Juli, *Gomphonema angustatum* und *Achnanthes lanceolata* im April.

Bei den seltener gefundenen Arten dürfte es sich zum Teil um eingeschleppte lakustrische Formen handeln: *Surirella ovata* Kütz., *Amphora ovalis* Kütz., *Fragilaria harrissonii* W. Smith, *Nitzschia dubia* W. Smith, *Nitzschia amphibia* Grun., *Rhoicosphena curvata* (Kütz.) Grun., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Fragilaria intermedia* Grun., *Cymbella affinis* Kütz., *Surirella angustata* Kütz., *Cyclotella striata* (Kütz.) Grun., *Diatoma vulgare* Bory, *Eunotia pectinalis* (Kütz.) Rabh., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz. u. a.

Auf den überfluteten Steinen in der Bachmitte kommt es im April/Mai zu einer massenhaften Entwicklung von Diatomeen, die dann großflächige, oft millimeterdicke Gallertlager bilden. Hauptvertreter dieser Assoziation sind *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Surirella ovata*, *Nitzschia spec.* und *Navicula gracilis*. Im Juni ist diese Entwicklung abgeklungen, lediglich *Navicula gracilis* kommt hier im Spätherbst nochmals zu einer kräftigen Entfaltung. — Eine gewisse, wenn auch nur schwach ausgeprägte Vermehrungstendenz zeigten an dieser Stelle *Nitzschia acicularis* W. Smith, *Cymbella ventricosa*, *Gomphonema angustatum*, *Achnanthes affinis*, *Amphora ovalis* var. *pediculus*, *Navicula radiosa* Kütz. und *Navicula cryptocephala* Kütz.. Sporadisch traten auf

Achnanthes lanceolata, *Navicula menisculus* Schumann, *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh., *Navicula peregrina* (Ehr.) Kütz., *Navicula reinhardti* Grun., *Amphora ovalis*, *Navicula viridula* Kütz., *Navicula oblonga* Kütz., *Nitzschia sigmoidea* W. Smith, *Pinnularia viridis* Ehr., *Surirella robusta* Ehr. und andere.

Ab Januar flutet in dieser Bachzone an Stellen mit kräftiger Strömung *Batrachospermum moniliforme* Kylin. Die Rotalge zeigte sich lokal begrenzt bis zum März noch in Massenentwicklung, wurde dann aber in ihrem Vorkommen geringer. Den Sommer über bevorzugte sie Stellen mit temporärer Besonnung, war im August und September dicht mit Karposporophyten besetzt und verschwand dann völlig.

Neben *Chantransia chalybea* Fries wurde auch wiederholt *Chantransia pygmaea* Kütz. gefunden. An markierten Stellen eines Mühlrades, die im Spätsommer zahlreiche Polster von *Chantransia pygmaea* aufwiesen, war im Dezember nur *Chantransia chalybea* zu finden. Es erscheint daher möglich, daß zwischen beiden und damit zwischen diesen und *Batrachospermum moniliforme* ein entwicklungsgeschichtlicher Zusammenhang besteht. (Vgl. WEHRLE 1942).

Außer *Chamaesiphon spec.* und *Phormidium spec.* ist *Protoderma viride* Kütz. das ganze Jahr vertreten. *Ulothrix zonata* Kütz. kam dagegen nur im April zur Entwicklung und wurde dann von *Oscillatoria spec. (nigra?)* verdrängt.

4. Der mäßig verunreinigte Bach

Das Bachbett besteht nunmehr aus diluvialen und alluvialen Sanden. Es ist bis zu 3 m breit bei einer Wassertiefe von 10 bis 50 cm. Die Strömung beträgt etwa 0,25 m/sec. und bleibt immer auf einen schmalen, ständig wechselnden Streifen beschränkt. Die Randbezirke des Bachbettes sind dicht bewachsen mit *Nasturtium officinale* und *Epilobium hirsutum*. An tiefer ausgewaschenen Stellen fluten große Büsche von *Callitriche verna*. In den nicht von höheren Sumpf- und Wasserpflanzen bewachsenen Bezirken ist der helle Sand des Bachgrundes teilweise bedeckt von dunklem Detritus. — Schwankungen in der Wasserführung ergeben sich nicht nur aus der von den Niederschlägen abhängigen Schüttung der Quelle, sondern auch durch den Betrieb einer oberhalb gelegenen Mühle, die noch mit Wasserkraft arbeitet. Ferner macht sich — besonders bei geringer Wasserführung — der Einfluß der Abwässer bemerkbar, die von einer Wohnsiedlung und von mehreren Gehöften eingeleitet werden. (Vgl. S. 11).

Wechselhaft wie die ökologischen Faktoren sind auch die Algenvorkommen. Hier wurde der ausgeprägteste Fall einer plötzlichen, ohne erkennbare auslösende Ursachen erfolgenden Massenentwicklung von Diatomeen beobachtet: Diese trat Mitte April 1962 auf dem sandigen Bachgrunde in Erscheinung und bestand hauptsächlich aus *Navicula integra* (W. Smith) Ralfs, die begleitet wurde von *Navicula reinhardti* Grun. und *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve. Schon 5 Tage später war trotz gleichbleibender Witterung von dieser Assoziation nichts mehr vorhanden. Dieser Befund ist um so erstaunlicher, als die dominante Form, *Navicula integra*, in entsprechenden Arbeiten, wie FOGED 1947/48, RAABE 1951, SCHEELE 1952, HORNING 1959, nicht genannt wird. HUSTEDT (1930) bezeichnet sie als halophil.

An sandigen Stellen schwächerer Strömung sowie auf dem dort abgelagerten Detritus ist *Surirella ovata* Kütz. in großen, kräftigen Exemplaren neben

Nitzschia spec. (palea?) die beherrschende Form. Ebenso sind hier *Nitzschia acicularis* W. Smith, *Navicula reinhardti*, *Nitzschia dubia* W. Smith, *Navicula cryptocephala* Kütz., *Navicula gracilis* Ehr., *Nitzschia sigmoidea* W. Smith und *Cymatopleura solea* W. Smith durchgängig vertreten. *Surirella ovata*, *Navicula gracilis* und *Navicula reinhardti* zeigten ein deutliches Frühjahrsmaximum, dagegen waren *Nitzschia spec.* und *Nitzschia acicularis* während des ganzen Jahres in kräftiger Entwicklung zu finden. Vor allem *Nitzschia spec. (palea?)* war in ihrem Massenauftreten von der Jahreszeit völlig unabhängig. Ihr Massenauftreten war immer von kurzer Dauer und wurde auf Detritus wie auf Sand, auf Wasserpflanzen wie auf ausgehängten Plastikstreifen, in schwacher wie in kräftiger Strömung gleichermaßen beobachtet. Ob längere Trübwetterperioden begünstigend auf das Wachstum dieser Alge wirken oder gar ihr Massenauftreten auslösen, war nicht eindeutig zu erkennen, ließ sich aber auch nicht ausschließen.

Die Besatzformen auf *Nasturtium officinale* und *Callitriche verna* sind *Cocconeis placentula* Ehr. und *Achnanthes lanceolata* Bréb. sowie — deutlich schwächer — *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabh. und *Achnanthes affinis* Grun., vergesellschaftet mit *Chamaesiphon spec.*. *Cocconeis placentula* hat im Spätsommer ein starkes Maximum.

Die im folgenden aufgeführten selteneren Diatomeen wurden zumeist auf Detritus gefunden und dürften wiederum zum Teil allochthon sein. Es handelt sich in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit um: *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Amphora ovalis* var. *pediculus* Kütz., *Navicula muralis* Grun., *Navicula menisculus* Schumann, *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Amphora ovalis* Kütz., *Caloneis silicula* Cleve, *Neidium iridis* (Ehr.) Cleve, *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh., *Cymbella ventricosa* Kütz., *Gomphonema constrictum* Ehr., *Navicula hungarica* Grun., *Navicula radiosa* Kütz., *Neidium dubium* (Ehr.) Cleve, *Navicula gregaria* Donkin, *Nitzschia romana* Grun., *Navicula viridula* Kütz., *Stauroneis phoenicenteron* Ehr., *Surirella angustata* Kütz., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *Surirella robusta* Ehr., *Cymbella cuspidata* Kütz., *Fragilaria harrissonii* W. Smith, *Navicula cuspidata* Kütz., *Meridion circulare* Ag., *Frustulia vulgaris* Thwaites und *Neidium productum* (W. Smith) Cleve.

An den rascher fließenden Stellen, wie an ausgebauten Brückenübergängen und Schnellstrecken mit steinigem Untergrund, fluten von Januar bis April *Batrachospermum moniliforme* Kylin und im Sommer *Stigeoclonium tenue* Kütz., *Vaucheria sessilis* f. *genuina* Hansgirg und *Hormidium rivulare* Kütz.. Inkrusten auf den Steinen enthalten vorwiegend *Schizothrix spec.* Auf glatteren Substraten wachsen *Chamaesiphon*-Arten und im Frühsommer schleimige Überzüge von *Phormidium spec.* Hier bildet auch *Chantransia chalybea* Fries im Winter sehr fest haftende braune Köpfchen aus.

Auf Steinen wie auf Sand entwickeln sich in den Sommermonaten olivgrüne Nester von *Oscillatoria spec. (limosa?)*, die neben Desmidiaceen, wie *Closterium moniliferum* Ehr. und *Cosmarium subundulatum* Wille, einige Protococcalen der Species *Scenedesmus quadricauda* Bréb., *Scenedesmus bijugatus* Kütz., *Pediastrum boryanum* Men. und *Pediastrum tetras* Ralfs aufweisen. Hier wie auch auf und im Detritus sind regelmäßig *Euglena viridis* Ehr., *Euglena ehrenbergii* Klebs, *Euglena acus* Ehr., *Euglena spirogyra* Ehr. sowie andere Euglenen und Eugleninen, die sich nach der erreichbaren Bestimmungsliteratur nicht sicher einordnen ließen, zu finden.

Wie sich auf ausgehängten Polyäthylenstreifen besonders gut verfolgen ließ, nimmt bei geringer Wasserführung und demzufolge erhöhtem Gehalt des Wassers an organischer Substanz das Wachstum der Bakterien stark zu. Neben überlangen Spirillenformen treten rötliche Kugelhäufchen von *Thiosarcina* und dünne Rasen von Chlamydo bacteriales besonders hervor.

5. Der begradigte und „besteinigte“ Bach

Im Vergleich zu den bisher beschriebenen Standorten wirkte diese Bachstrecke in ihrer Algenvegetation recht monoton. Der Bachgrund besteht aus künstlich eingebrachten Steinen und hat nur die Breite eines Grabens mittlerer Größe. Zudem wird die freie Wasserfläche in den Sommermonaten durch die Randvegetation eingeengt und ist im Juli von hochgewachsenen Gräsern (*Festuca gigantea* und *Dactylis glomerata*) ganz überwachsen. Im Anschluß an regenarme Wochen sinkt die Strömung auf minimale Werte, sodaß sich in den Steinlücken und am Rande zentimeterdicke Detritusschichten absetzen können. Schon bei leichtem Frost bildet sich eine zusammenhängende Eisdecke. —

Dauervertreter und aspektbestimmende Algenform ist *Schizothrix spec.* auf allen vom Wasser überfluteten Steinen, wo sie kräftige Inkrusten gebildet hat. Diese Cyanophyceen hält sich ohne Schaden auch unter dem Detritus und Faulschlamm. Sie zeigte im Winter 1962/63 nach der monatelangen, hier fast meterhohen Schnee- und Eisbedeckung keinerlei Degenerationserscheinungen. KANN (1959) machte bei der Untersuchung der Cyanophyceen an „Krustensteinen“ ähnliche Beobachtungen. — Dagegen war das Vorkommen von *Phormidium spec.*, *Protoderma viride* Kütz., *Chantransia chalybea* Fries und *Vaucheria sessilis* zeitlich und räumlich gesehen sporadischer. Die einzige Diatomee, die in Biotopen mit stärkerer Strömung häufig gefunden wurde, war *Navicula gracilis* Ehr.. *Cymbella ventricosa* Kütz. kam nur gelegentlich auf überströmten Holzteilen vor. — Auf Detritus und Schlamm wurden häufiger gefunden: *Nitzschia spec.*, *Navicula cryptocephala* Kütz., *Nitzschia acicularis* W. Smith, *Nitzschia dubia* W. Smith und *Surirella ovata* Kütz.. Schwächeres, aber wiederholtes Vorkommen zeigten *Navicula peregrina* (Ehr.) Kütz., *Navicula reinhardti* Grun., *Nitzschia sigmoidea* W. Smith, *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh., *Amphora ovalis* Kütz., *Cymatopleura elliptica* (Bréb.) W. Smith, *Navicula radiosa* Kütz. und *Caloneis amphibia* (Bory) Cleve. Die restlichen Diatomeenarten waren nur selten vertreten: *Navicula menisculus* Schumann, *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Smith, *Navicula cuspidata* Kütz., *Navicula hungarica* Grun., *Navicula integra* (W. Smith) Ralfs, *Navicula placentula* (Ehr.) Grun., *Neidium iridis* (Ehr.) Cleve, *Surirella robusta* Ehr., *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehr., *Nitzschia amphibia* Grun., *Caloneis silicula* (Ehr.) Cleve, *Neidium productum* (W. Smith) Cleve und *Cymbella ehrenbergii* Kütz..

6. Der industriell verunreinigte Bach

Man könnte geneigt sein, diesen Bachabschnitt als *Synedra*-Region zu bezeichnen, da die Diatomee *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. hier vom Frühjahr bis zum Spätherbst in Massentwicklung anzutreffen ist. Sie erreichte an diesem Standort den höchsten überhaupt von mir registrierten Häufigkeitsindex von 67. Die Alge bildet mit Hilfe ihrer Gallertausscheidungen lange, braune Strähnen, die teils frei im Wasser fluten, teils Wasserpflanzen und Steine bedecken. Dieses gilt sowohl für die Bereiche schwacher Strömung wie auch für das schnell strömende Wasser unterhalb der Wehre. Die Art ist trotz ihrer dem Wasser viel Angriffsfläche bietenden Gestalt erstaunlich strömungsresistent.

In größeren Mengen kommt auch *Stigeoclonium tenue* Kütz. vor. Diese bildet, schwach untermengt mit *Vaucheria sessilis*, ungewöhnlich lange, flutende Schwaden, ist aber in ihrem Massenvorkommen sowohl örtlich als auch zeitlich begrenzt: Sie wird nur in stärker strömenden Bereichen während des Frühlommers (Juni) gefunden.

Im Juli und August entwickelte sich in schwacher Strömung eine Massenvegetation von *Melosira varians* Ag. Das ganze Jahr über sind wieder Diatomeen des Typus *Nitzschia palea* häufig zu finden. An Mauereinfassungen wachsen über und unter der Wasserlinie Häute von *Oscillatoria nigra* Ag. (?), *O. tenuis* Ag. (?) und *O. limosa* Kütz. (?), die neben *Closterium acerosum* Ehr. und *Euglena viridis* Ehr. große Mengen von Chlamydobakterien und farblosen Cyanophyceen (*Beggiatoa alba* Trev. u. a.) enthalten bzw. als Aufwuchs zeigen.

Wiederholt gefundene, jedoch nie in größeren Mengen auftretende Diatomeenarten waren in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit: *Achnanthes affinis* Grun., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Navicula peregrina* f. *angustata* Kolbe, *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabh., *Nitzschia acicularis* W. Smith, *Nitzschia dubia* W. Smith, *Surirella ovata* Kütz., *Achnanthes lanceolata* Bréb., *Navicula gracilis* Ehr., *Meridion circulare* Ag., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Smith, *Cocconeis placentula* Ehr., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Cymbella ventricosa* Kütz., *Cymbella cistula* (Hempr.) Grun., *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun., *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Smith, *Nitzschia amphibia* Grun., *Navicula rhynchocephala* Kütz., *Stauroneis anceps* Ehr. — Nur sehr selten kamen vor: *Amphora ovalis* Kütz., *Surirella angustata* Kütz., *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehr., *Navicula hungarica* Grun., *Navicula verecunda* Hust., *Navicula bacillum* Ehr., *Navicula menisculus* Schumann, *Navicula viridula* Kütz., *Navicula integra* (W. Smith) Ralfs und *Eunotia monodon* Ehr.

7. Der durch Industrieabwässer stark verunreinigte Fluß

Der Fluß ist hier an langsam fließenden Stellen 6 bis 8 m breit und 1 bis 2 m tief. Die Algenflora ist in ihrer Zusammensetzung und Abundanz stark von der Wasserführung, d. h. von den Niederschlägen abhängig. Das beherrschende Element sind die bereits im vorigen Abschnitt genannten *Oscillatoria*-Arten. Im Sommer überziehen ihre glitschig-filzigen Lager immer wieder den gesamten Untergrund. Wenn auf eine Regenperiode sonniges Wetter folgt, entwickeln sie eine derartig intensive Assimilationstätigkeit, daß sie durch die entstehenden Sauerstoffbläschen lappenweise nach oben getragen werden. An solchen Tagen ist die gesamte Wasseroberfläche mit abwärtstreibenden *Oscillatoria*-Inselchen bedeckt, die außerdem reichlich *Euglena viridis* Ehr., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Navicula gracilis* Ehr., *Nitzschia „palea“* und *Nitzschia acicularis* W. Smith enthalten. Bei geringerem Verschmutzungsgrad des Wassers sind auch *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehr., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh., *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve, *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Smith, *Navicula cuspidata* Kütz. und *Closterium acerosum* Ehr. vertreten.

Hält die Trockenzeit länger an, sodaß infolge geringerer Wasserführung der Verschmutzungsgrad des Wassers sich verstärkt, so bleiben nur noch stellenweise *Oscillatoria*-Bestände erhalten, während auf dem Faulschlamm der Uferzonen *Euglena viridis* zur Massenentfaltung kommt. Bei erneuten Regenfällen werden auch diese Bestände fortgeschwemmt. Übrig bleiben nur die sehr fest haftenden Bakterienlager (*Micrococcus*, *Thiosarcina* u. a.), die auch im Winter, bei Hochwasser auf Steinen und anderen Substraten ausgedehnte Überzüge bilden.

Bleibt die Witterung dagegen längere Zeit feucht und sorgen Regenfälle für eine länger anhaltende, kräftigere Strömung, so überzieht sich das Flußbett mit einem *Sphaerotilus*-fell, auf dem stellenweise *Navicula cryptocephala* und (im Winter und Frühjahr) *Navicula rhynchocephala* Kütz. wachsen. Bei erneut einsetzendem sonnigen Wetter können sich die *Oscillatoria*en abermals entwickeln, und der oben beschriebene Prozeß läuft erneut ab. — Diese mehrfach beobachtete Periodik ließ keinen Zusammenhang mit der Jahreszeit erkennen. Lediglich

während der kalten Wintermonate kamen die *Oscillatoria*-Arten nicht zur Massenentwicklung.

Im Frühsommer wachsen in dieser Flußstrecke auch schwache Bestände von *Nuphar lutea*, auf denen gewöhnlich Massen von Ciliaten (*Carchesium*) einen grauen Überzug bilden. Neben *Stigeoclonium farctum* Berthold ist hier *Navicula cuspidata* Kütz. überraschend stark vertreten und wird begleitet von *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Synedra ulna* (Nizsch) Ehr., *Nitzschia „palea“* und *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Smith. *Nuphar lutea* scheint jedoch gegen Textilabwässer ziemlich empfindlich zu sein; sie verschwindet bei erhöhtem Verschmutzungsgrad fast ganz.

Während der soeben beschriebene Biotop im Winter vorwiegend Fadenbakterien und keine ausgeprägte Algenvegetation aufweist, sind in dieser Zeit unterhalb des Wehres bei Schloß Burgsteinfurt Algenformen anzutreffen, die zum Teil im Laufe des Sommers verschwinden. Dazu gehören *Chantransia chalybea* (Lyngb.) Fries, *Vaucheria sessilis* und *Ulothrix zonata* Kütz.. *Ulothrix*-Palmellen überziehen im Januar/Februar die Steine mit einem leuchtend grünen Belag, der im gut durchlüfteten Wasser im März zu einem kurzen Rasen auswächst. Später geht *Ulothrix* völlig zurück. — Ähnliches gilt für *Stigeoclonium tenue* Kütz., nur entfaltet sich diese Art im Mai/Juni und hält sich in Form von kleinen Büscheln in stärker strömendem Wasser über das ganze Jahr. — Die Grünalge *Cladophora glomerata* Kütz., die normalerweise im Hochsommer ihr Maximum hat, beginnt hier bereits im März auszuwachsen und ist bei genügender Wasserführung im April in lang flutenden Fadenmassen vertreten. Im Juni wird ihr Wachstum deutlich schwächer, bis im Hochsommer nur noch stellenweise kurze Räschen übriggeblieben sind. In den *Cladophora*-Massen kommen im Frühjahr verschiedene Aufwuchs- und Planktonformen zur Vermehrung: *Ankistrodesmus falcatus* Ralfs, *Aphanocapsa pulchra* (Kg.) Rabh., *Merismopedia glauca* Naeg., *Characium strictum* A. Br., *Scenedesmus quadricauda* (Turb.) Bréb., verschiedene *Pediastrum*-arten, *Chamaesiphon spec.* sowie die Diatomeen *Synedra ulna*, *Diatoma vulgare* Bory, *Gomphonema parvulum*, *Achnanthes lanceolata* Bréb., *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabh., *Amphora ovalis* var. *pediculus* Kütz., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Cymbella ventricosa* Kütz., *Navicula cryptocephala* und sehr vereinzelt auch *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun.. *Cladophora glomerata* verschwindet im Herbst ganz und überwintert im Palmelastadium, d. h. in Gestalt schwarzgrüner, rundlicher und dickwandiger Zellen, die sehr fest am steinigen Substrat haften und auch stärkster Strömung standhalten.

Eine Dauerassoziation auf überströmten Steinen, die ständig zu beobachten ist, besteht aus *Oscillatoria spec. (nigra?)* und *Navicula cryptocephala*. *Oscillatoria* bildet häutige Überzüge, deren Farbe je nach Alter, Feuchtigkeitsgrad und Stärke der Wasserbewegung wechselt. Nach kurzem Antrocknen in der Luft nimmt die *Oscillatoria*-Haut ledrige Konsistenz an und läßt sich in Streifen sauber abziehen. Sie erweist sich bei mikroskopischer Untersuchung als mehr oder weniger dichtes Fadengeflecht, in dessen Maschen große Mengen der kleinen *Navicula cryptocephala*, manchmal untermischt mit der rheophilen *Navicula rhynchocephala* Kütz. und *Navicula gracilis*, gedeihen. Die unter der *Oscillatoria*-Haut liegende Schicht von ein bis mehreren Millimetern Stärke ist von schmutzig-gelbgrauer Farbe und besteht in der Hauptsache aus gallertig verquollenen Bakterienmassen. Unter dieser Schicht ist nochmals ein dünner, grüner Bewuchs erkennbar, der sich zusammensetzt aus *Euglena viridis*, *Clorococcum infusionum* Men., Palmellen, *Gomphonema parvulum* und *Navicula*

cryptocephala. Dieser Schichtenbau ist auf den Steinen unabhängig von der Jahreszeit immer wieder anzutreffen. In den wasserarmen Spätsommermonaten treten in den Bereichen schwacher Strömung neben *Closterium acerosum* *Euglena deses* Ehr., *Euglena spirogyra* Ehr. und *Trachelomonas spec.* häufiger auf.

Eine sehr starke, schlagartige Massenentfaltung von *Navicula rhynchocephala* wurde in diesem Flußbereich Ende April 1962 beobachtet, bei der diese Alge in Riesenmengen den gesamten Bereich des unter Wasser befindlichen Flußbettes mit einem tiefbraunen Belag überzog. Diese Vegetation, die in eine längere besonnungsfreie Periode fiel, war ebenso plötzlich wieder verschwunden wie sie aufgetreten war und konnte in den darauffolgenden Jahren trotz erhöhter Begehungsfrequenz in der fraglichen Zeit nicht wieder beobachtet werden.

8. Der durch industrielle und städtische Abwässer stark verunreinigte Fluß

Auch in dieser Zone ist die Algenvegetation in starkem Maße von der Wasserführung abhängig. Den ganzen Winter über wachsen auf Steinen in stark strömendem Wasser *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun. und vereinzelte Exemplare von *Navicula muralis* Grun. Die Palmellen von *Cladophora glomerata* Kütz. sind als dunkelgrüne, sehr fest haftende Krusten makroskopisch erkennbar. Sind genügend Niederschläge vorausgegangen, so entwickeln sie sich Mitte bis Ende April bei sonnigem Wetter schlagartig zu flutenden Fadenmassen, die aber schon jetzt einen dichten Stoppelrasen von polar orientierten Bakterienfäden sowie *Sideromonas*-Kolonien tragen. Stellenweise entwickelt sich auch ein relativ schwacher Besatz von *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. und *Diatoma vulgare* Bory. Das im Münsterland in den letzten Jahren wiederholt beobachtete Absinken der Niederschlagsmengen im Mai bzw. Juni und die dann besonders hohe Belastung des Wassers mit organischen Stoffen bereiten dieser Vegetation gewöhnlich ein schnelles Ende. Die Fadenmassen werden hellbraun, *Cladophora glomerata* und *Diatoma vulgare* ersticken unter den sich mächtig entfaltenden Fadenbakterien und Zoogloen. Auf den *Sphaerotilus*-fellen finden sich begrenzte braune Komplexe von *Navicula cryptocephala* Kütz. und *Navicula rhynchocephala* Kütz.. *Synedra ulna* hält sich ebenfalls noch, um dann ab Juli für den Rest des Jahres zu verschwinden. —

Bei weiterhin verminderter Strömung und stark abnehmendem Sauerstoffgehalt des Wassers breitet sich auf Steinen und sandigem Untergrund eine oft mehrere Millimeter dicke Zoogloenschicht aus, die Massen von *Euglena viridis* Ehr. und stellenweise Assoziationen von *Nitzschia „palea“* und *Nitzschia acicularis* W. Smith enthält. In stärker bewegtem Wasser hält sich auch *Stigeoclonium tenue* Kütz. in kleinen Büschelchen. —

Im Hochsommer legte sich oft eine fast zentimeterdicke Schicht von blauschwarzem Faulschlamm über den gesamten Flußgrund. Auf dieser entwickelte sich ein weißer Rasen von *Beggiatoa alba* Trev., der neben *Tubifex*, Chironomidenlarven, Rotatorien, Nematoden und Ciliaten wieder *Euglena viridis* und *Oscillatoria spec.* sowie in geringerer Häufigkeit *Closterium acerosum* Ehr., *Euglena deses* Ehr. und *Trachelomonas spec.* enthielt. Unter der Faulschlamm- und Zoogloenschicht vegetierte häufig *Gomphonema parvulum*, die sich im Herbst kräftig entfaltete, sobald durch verstärkte Wasserführung und Hochwässer die genannten Deckschichten fortgespült worden waren.

VI. ÜBERSICHT: HÄUFIGKEIT UND VERBREITUNG DER WICHTIGSTEN DIATOMEENARTEN

Zeichenerklärung. a) Standortbezeichnungen: 1 Quelle, 2 Quellbach, 3 eutrophierter Quellbach, 4 durch häusliche Abwässer verunreinigter Bach, 5 begradigter Bach, 6 durch industrielle Abwässer verunreinigter Bach, 7 Fluß nach Einwirkung von Industrieabwässern, 8 Fluß unter gleichzeitigem Einfluß von industriellen und sädtischen Abwässern.

b) Sonstige Zeichen: Ein Sternchen bedeutet, daß die Art an diesem Standort zu irgendeiner Zeit kurzfristig häufiges oder massenhaftes Vorkommen zeigte. Zwei Sternchen: Die Art kam über mindestens 3 Monate massenhaft vor.

Die einzelnen Zahlenwerte sind die Jahressummen der durchschnittlichen monatlichen Häufigkeitswerte (1 sehr selten, 2 selten, 3 zerstreut, 4 ziemlich häufig, 5 häufig, 6 sehr häufig, 7 massenhaft, 8 Reinmaterial), Maximalwert: $12 \times 8 = 96$.

Zur jahreszeitlichen Verteilung der Diatomeen vgl. die graphische Darstellung im Anhang.

Arten	Standorte							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Achnanthes affinis</i> Grun.	7	18	32*	14	30	27	2	—
<i>Achnanthes lanceolata</i> Bréb.	18	15	18	20*	7	16	18	3
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.	34	20*	9	8	7	4	—	—
<i>A. ovalis</i> var. <i>pedic.</i> Kütz.	12	21	26*	13	—	—	9	3
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	—	2	—	14*	5	—	9	3
<i>Cocconeis diminuta</i> Pant.	54*	15	25*	—	—	—	—	—
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	—	—	14	25*	14	10	—	—
<i>Cymatopleura ellipt.</i> (Bréb.) W. Smith	7	2	2	1	8	—	—	—
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	6	4	—	16	4	11	15	—
<i>Cymbella ventricosa</i> Kütz.	—	—	16*	3	21*	9	4	—
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	—	—	3	—	—	—	10*	6
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	34*	—	1	—	—	—	—	—
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabh.	9	12	6	7	10	—	8	—
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lingb.) Kütz.	—	—	12*	7	—	28*	—	—
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Grun.	—	—	5	8*	5	10	31	18*
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	4	3	21*	16*	7	26*	23	—
<i>Melosira varians</i> Ag.	—	—	29*	—	—	14*	—	—
<i>Meridion circulare</i> Ag.	7	5	22	3	—	14*	9*	—
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	—	—	—	23*	23*	14	66**	38*
<i>Navicula cuspidata</i> Kütz.	—	—	1	3	2	—	22*	2
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	14	—	29	14	42**	16	36*	—
<i>Navicula integra</i> (W. Smith) Ralfs	—	—	—	12*	2	1	3	—
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	13	9	8	9	4	2	—	—
<i>Navicula peregrina</i> (Ehr.) Kütz.	25**	9	6	6	12	10	2	2
<i>Navicula radiosa</i> Kütz.	—	—	9	5	6	—	—	—
<i>Navicula reinhardti</i> Grun.	—	—	2	26*	10	—	—	—
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	—	—	—	4	—	3	62*	22
<i>Navicula viridula</i> Kütz.	—	—	—	4	—	—	—	—
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	—	—	12	31*	19*	21	22*	12*
<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith	22*	20*	9	24	17	20	8	—
<i>Nitzschia „palea“</i>	—	—	28*	46**	29*	48**	57**	14*
<i>Nitzschia romana</i> Grun.	—	—	—	3	—	5	—	—
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	5	23*	12	44	17	16	19	3
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	—	—	24	6	8	67**	22	14

VII. ARTEN- UND STANDORTVERZEICHNIS MIT ANGABE DER ÖKOLOGISCHEN VALENZEN

Zum Vergleich und zur Ergänzung der eigenen Befunde wurden folgende Arbeiten herangezogen: BUDDE (1928, 1930, 1944), FOGED (1947/48), HORNUNG (1959), HUSTEDT (1938/39, 1942, 1944), JAAG (1938), KANN (1940, 1942), KOLKWITZ (1950), KURZ (1922), LIEBMANN (1951), RAABE (1951), SCHEELE (1952), SCHRODER (1939), WEHRLE (1942). — Für die Standortangabe wurden die Untersuchungsstellen 1 und 2 sowie 4 und 5 zusammengefaßt, sodaß folgende Zeichen gelten: I = Quellbereich, II = eutrophierter Quellbach, III = leicht bis mäßig verunreinigter Bach, IV = industriell verunreinigter Bach, V = industriell verunreinigter Fluß, VI = durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß. — Bei der Häufigkeitsangabe handelt es sich um Jahresdurchschnittswerte. Die genauere jahreszeitliche Verteilung ist für die häufiger auftretenden Diatomeen aus der graphischen Darstellung im Anhang ersichtlich. Es bedeuten im Folgenden: ss = sehr selten, s = selten, z = zerstreut, zh = ziemlich häufig, h = häufig, sh = sehr häufig. Die Kategorie m = massenhaft als Durchschnittswert entfällt praktisch.

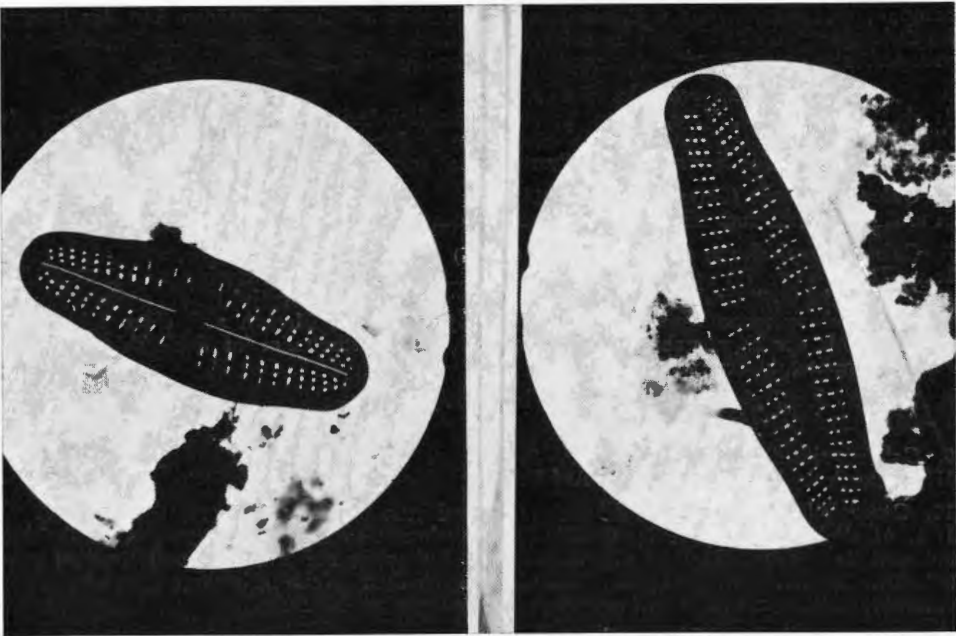


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Darstellung der Unter- und Oberschale von *Achnanthes affinis* Grun. (6000 : 1).

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)

z	zerstreut
ss	sehr selten
s	selten
zh	ziemlich häufig
h	häufig
sh	sehr häufig

A. Diatomeen

Anmerkung: Die Zahlen hinter der Artbezeichnung verweisen auf die entsprechenden photographischen Abbildungen Seite 32—41. — Auf die gesonderte Aufführung von Varietäten wurde zumeist verzichtet, weil sich standortmäßig bzw. ökologisch gegenüber der Art keine Unterschiede ergaben.

1. *Achnanthes affinis* Grun. (Taf. I, 2)

I: zh, II: sh, III: h, IV: h, V: s. Alkaliphil, calziphil, strömungsindifferent. HORNING (1959): Für karbonatreiche Gewässer charakteristisch. Im Gebiet eine der häufigsten Besatzdiatomeen. Auch in der Abwasserzone vertreten und an Stellen mit geringerem Karbonatgehalt. In der Quellregion lag ihr Maximum im Januar, Februar und März sowie im August. Sie erreichte auf Polyäthylenstreifen eine sehr hohe Besiedlungsdichte. — Eine Verwechslung mit *Achnanthes minutissima* Kütz. ist leicht möglich. Diese Art konnte aber trotz eingehender Untersuchungen und elektronenoptischer Kontrollen (s. Abb. 3) im Gebiet nicht nachgewiesen werden. Bestimmungsirrtümer in der Literatur sind wahrscheinlich.

2. *Achnanthes clevei* Grun. (Taf. I, 4)

I: zh. Auf Sandkörnern im Quellteich und Quellabfluß. Limnobiont?

3. *Achnanthes lanceolata* Bréb. (I, 8)

I: zh, II: h, III: zh, IV: zh, V: zh, VI: s. Eurytop, rheophil? alkaliphil? — WEHRLE (1942) fand sie auch in Seen und Torfstichen. In der Echaz (HORNING 1959) ist sie im Sommer selten, im Gebiet nimmt sie dagegen in dieser Zeit zu. Im Quellbereich, bei weitgehend konstanten Bedingungen, dauert das Hauptmaximum von Januar bis März.

4. *Amphora ovalis* Kütz. (II, 11)

I: h, II: z, III: z, IV: s. Alkaliphil. Limnophil. FOGED (1947): Strömungsindifferent. KOLKWITZ (1950): oligosaprob, dagegen SCHEELE (1952): im Mittellauf der Fulda häufiger. HORNING (1959): haloxen bzw. oligohalob, SCHEELE und FOGED: euryhalin. HORNING: aerophil, wächst nach meinen Erfahrungen jedoch nicht auf Agarnährböden. Die Art kommt im Gebiet nur im Quellbereich zu stärkerer Entfaltung und bevorzugt — im Gegensatz zur var. *pediculus* — als Substrat Detritus und Kalksand in sehr schwacher Strömung.

5. *Amphora ovalis* var. *pediculus* Kütz.

I: zh, II: h, III: zh, V: z, VI: z. In ausgeprägt lotischen Biotopen wesentlich häufiger als die Art. In schwach strömenden Bereichen vielfach als Besatz auf größeren, stärker beweglichen Diatomeen (*Nitzschia sigmoidea* und *Cymatopleura solea*) beobachtet.

6. *Caloneis alpestris* (Grun.) Cleve (10)

I: z. Auf Kalkschlamm. Eine der wenigen montanen Arten des Gebiets.

7. *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve (IV, 3)

I: s, III: h, V: s, VI: ss. Alkaliphil, strömungsindifferent. Die Art erreicht nach HUSTEDT (1930) ihre beste Entwicklung im schwach salzigen Wasser. Sie ist im Gebiet verbreitet und tritt im leicht verunreinigten Oberlauf zeitweilig in großen Mengen auf, obwohl hier der Chloridgehalt der oligohaloben Stufe entspricht. — In Ostholstein, im Fuldagebiet und auf Fünen verbreitet, in der Echaz fehlend.

8. *Caloneis bacillum* (Grun.) Mereschk. (IV, 7)

I—III: s. Auf Kalkschlamm und Detritus.

9. *Caloneis silicula* (Ehr.) Cleve (IV, 2)

III: z, im Frühjahr ziemlich häufig. Auf Detritus.

10. *Campylodiscus noricus* var. *hibernica* (Ehr.) Grun. (III, 4)

I: z. Alkaliphil, limnobiont. Regelmäßig in sehr schwach strömendem Wasser des Quellteiches auf und im Detritus. Sie hielt sich jahrelang in Rohkultur auf Kalksand und Detritus vom Standort. Die Art wird häufig im Bodenschlamm der Seen gefunden, bevorzugt wahrscheinlich eutrophes Wasser und stellt sehr geringe Anforderungen an das Licht.

11. *Cocconeis diminuta* Pant. (II, 1)

I: sh, II: sh. Alkaliphil. Bevorzugt schwache Strömung. Im Quellbereich eine der häufigsten Diatomeen. Das ganze Jahr häufig, aber immer nur auf Sandkörnern haftend. Bei der herkömmlichen Präparationsweise geht der größte Teil der sehr zarten Schalen verloren. Nur die

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

Beobachtung in unpräpariertem Zustand, bei kräftiger Beleuchtung und bei geöffneter Kondensorblende, ermöglicht das richtige Schätzen der Häufigkeit. Vermutlich wurde die Art bisher häufig übersehen.

12. *Cocconeis pediculus* Ehr.

II: s. Alkaliphil, strömungsindifferent. Gegen Verunreinigung des Wassers empfindlich.

13. *Cocconeis placentula* Ehr. (VI, 5)

II: zh, III: h, IV: zh. Epiphytisch. Nach den bisherigen Angaben eurytop, alkaliphil, strömungsindifferent. Gegen Sauerstoffmangel und Verschmutzung wenig empfindlich. Sie scheint im Gebiet sogar eutrophes Wasser zu bevorzugen. Die Form konnte bis 1956 auch in den Regionen V und VI in großer Zahl beobachtet werden, fehlt aber seit der stärkeren Verschmutzung durch Textilabwässer dort völlig. Auffälligerweise gibt auch BUDDE (1942) die sonst weit verbreitete Form für Lippe und Ruhr nicht an. Als begrenzende Faktoren kämen in Frage: Überhöhter pH-Wert, hoher Ammoniakgehalt, gewisse Textilchemikalien. — Im Oberlauf hatte *C. placentula* ihr Maximum im Spätsommer und Herbst.

14. *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz. (IX, 6)

II: s, III: z. In *Vaucheriakissen*. Allochthone, planktonische Form. Nach FOGED (1947) typisch für eutrophe Seen.

15. *Cyclotella striata* (Kütz.) Grun. (IX, 5)

II: z, III: z. Wie vorige Art.

16. *Cymatopleura elliptica* (Bréb.) W. Smith (III, 3)

I: z, II: s, III: z. Alkalibionte, lakustrische Form. Nach KOLKWITZ (1950) und HORNING (1959): oligosaprob, nach LIEBMANN (1951): betamesosaprob. Im Gebiet nur in schwach strömenden Bereichen auf Detritus. Im Frühjahr und Herbst stärker hervortretend. Gegen Chemikalien empfindlich.

17. *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Smith (III, 2)

I: z, III: z, IV: z, V: z. Eurytop, alkaliphil. Verbreiteter und häufiger als die vorige Art. Verträgt auch stärkere chemische Verunreinigung.

18. *Cymbella affinis* Kütz.

III: s, auf flutenden Wasserpflanzen.

19. *Cymbella aspera* (Ehr.) Cleve

II: s. Epiphytisch in schwach strömendem Wasser.

20. *Cymbella cistula* (Hempr.) Grun. (VI, 3 + 4)

III: s, IV: s. Epiphytisch, auch in stärker verschmutztem Wasser.

21. *Cymbella cuspidata* Kütz. (VI, 2)

III: s. Auf Detritus in schwacher Strömung.

22. *Cymbella ehrenbergii* Kütz. (VI, 1)

III: ss. Auf Detritus.

23. *Cymbella lanceolata* (Ehr.) v. Heurck

II: s. Epiphytisch in schwacher Strömung.

24. *Cymbella parva* (W. Smith) Cleve

II: s. Wie vorige Art.

25. *Cymbella prostrata* (Berkeley) Cleve

II: s. Wie die beiden vorigen Arten.

26. *Cymbella ventricosa* Kütz. (VI, 1)

II: zh, III: zh, IV: z, V: s. Rheophil, nach FOGED (1947) pH-indifferent. LIEBMANN (1951) bezeichnet die Art als betamesosaprob, KOLKWITZ (1950) als oligosaprob. HORNING (1959): nicht oligosaprob. Die Form verhielt sich im Gebiet ebenfalls nicht oligosaprob. Sie wurde immer nur an eng umschriebenen Stellen unterhalb von Abwassereinflüssen in größerer Häufigkeit gefunden. Im Gebiet zeigte sie ein Frühjahrsmaximum.

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

27. *Diatoma vulgare* Bory (VI, 1)

II: z, V: z, VI: z. Immer auf flutenden Fadenalgen. Rheobiont, alkaliphil, betamesosaprob. SCHEELE (1952) gibt für die Fulda ein Dezembermaximum an. Im Leerbach trat sie in manchen Jahren im Juli in Massenentwicklung auf. In der Steinfurter Aa (Unterlauf) zeigte sie dagegen bei geringer Abundanz ein Frühjahrsmaximum.

28. *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve
mit var. *oblongella* (Naeg.) Cleve (I, 1)

I: sh. Immer nur in der Quelle am Wasseraustritt gefunden. Alkaliphil? Strömungsindifferent. HUSTEDT (1930): calziphil. Auf Fünen (FOGED 1947) weit verbreitet, dagegen im Gebiet als crenophil erscheinend. Frühjahrsmaximum (Mai).

29. *Eunotia monodon* Ehr.

II: ss. In Algenwatten.

30. *Eunotia pectinalis* (Kütz.) Rabh. (X, 7)

II: z. Auf Callitriche verna.

31. *Fragilaria harrissonii* W. Smith (II, 8)

I: z, II: z, III: z. Alkaliphil, limnophil. Mit den Variationen *dubia* Grun. und *rhomboides* Grun. wurde die Art regelmäßig in schwacher Strömung auf Kalksand und Kalkschlamm gefunden und hatte ein schwaches Maximum im Frühjahr. Sie ist ebenfalls in anderen Quellen der Baumberge z. T. in großer Zahl vertreten. Auch von Fünen liegen Funde vor, jedoch nicht aus Ostholstein, dem Fulda- und dem Neckargebiet.

32. *Fragilaria intermedia* Grun.

II: zh. Alkaliphil, limnophil. Meistens eingeschwemmt aus lenitischen Biotopen. Frühjahrsmaximum. Die Art ist auch im Fuldagebiet häufig.

33. *Frustulia vulgaris* Thwaites (IX, 4)

III: s. Auf Kalksand in der schwach verunreinigten Region, im Gegensatz zu SCHEELE (1952) jedoch nicht im Quellbereich gefunden.

34. *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh. (III, 5)

I: zh, II: z, III: zh, V: z. In schwacher Strömung auf Detritus. Im Frühjahr häufiger.

35. *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabh.

Wie vorige Art, jedoch in der verunreinigten Zone fehlend.

36. *Gomphonema acuminatum* Ehr. (V, 4 + 5)

mit var. *coronata* W. Smith

II: s. Epiphytisch in schwacher Strömung.

37. *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabh. (V, 2)

mit var. *producta* Grun.

I: z, II: h, III: zh, IV: h, V: h. Alkaliphil, strömungsindifferent, im Gebiet eurytop. Eine der häufigsten Aufwuchsformen mit ungewöhnlich großer ökologischer Spannweite. Die Ansicht KOLKWITZ' (1950), es handle sich um eine oligosaprobe Form, wird von FOGED (1947) und HORNING (1959) ebenfalls bezweifelt. Eine eingehende Untersuchung in der Quellregion ergab ein Maximum von Januar bis April und ein schwaches Zwischenmaximum im August. — Die Art wächst vorzüglich auf Agarnährböden.

38. *Gomphonema constrictum* Ehr. (V, 6)

II: s—h, III: s. Alkaliphil, strömungsindifferent. Aufwuchsform auf Moosen und *Vaucheria*.

39. *Gomphonema olivaceum* (Lyngbye) Kütz. (V, 3)

III: h, IV: h. Alkalibiont, strömungsindifferent. Nach KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951) ist die Art betamesosaprob, scheint aber gegen starke pH-Schwankungen empfindlich zu sein, da sie in den Regionen V und VI nicht gedeihen kann. Interessant ist ihr Fehlen im Quellgebiet, da dieses auch an verschiedenen anderen Fließgewässern beobachtet wurde. HORNING (1959) meint dazu: „Das Fehlen der Art im Quellgebiet ist sicher nicht allein von chemischen Faktoren abhängig, da ja dieselbe Beobachtung nun aus verschiedenen Gebieten vorliegt, die voneinander abweichende Verhältnisse aufweisen.“

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

40. *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun. (V, 1)

II: s, III: z, IV: zh, V: sh, VI: h. pH-indifferent, strömungsindifferent, eurytop. Im Gegensatz zu SCHEELE (1952), der in der Fulda eine Abnahme zum Unterlauf hin beobachtete, konnte ich in der Steinfurter Aa eine starke Zunahme feststellen. Ein Maximum trat im Gebiet nicht auf. Schwach ausgeprägte Entwicklungsspitzen waren regellos über das ganze Jahr verteilt. Auffällig war ihre große Haftfähigkeit in sehr starker Strömung.

41. *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. (X, 2)

II: s, III: sh, IV: ss. Epiphytisch, immer nur sehr vereinzelt.

42. *Melosira varians* C. A. Ag.

II: sh, IV: h. Alkaliphil, strömungsindifferent. Den sehr widersprüchlichen Angaben in der Literatur zufolge muß es sich, richtige Bestimmung und Eindeutigkeit der Artbeschreibung voraussetzt, um eine Form mit sehr großer ökologischer Spannweite handeln. Die folgend genannten Angaben bedürfen mit Sicherheit einer Einschränkung:

a) KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951): betamesosaprob. SCHEELE (1952): bei Massenvorkommen mesosaprob. — Ebenso wie in Kalkquellen des Sauerlandes (BUDDE 1928) konnte im Quellbereich des Gebietes wiederholt ein Massenvorkommen registriert werden.

b) SCHMIDT (1922): Entwicklungsoptimum im kühlen, schwach belichteten Wasser mit einem mittleren Gehalt an organischen Stoffen. — Im Gebiet wie in den Bächen Schleswig-Holsteins (RAABE, 1951) wurde die Form in stark besonnten, warmen Biotopen in starker Entwicklung beobachtet.

c) LIEBMANN (1951) und RAABE (1951): Entwicklungsmaximum im Sommer. — Im Gebiet sowie in Kalkquellen des Sauerlandes liegt ein Maximum im Frühjahr vor. Lediglich in stärker eutrophierten Gewässern scheint zusätzlich ein Sommermaximum aufzutreten.

Die Art fehlt in den Regionen V und VI, kann also nicht in dem Maße als euryök bezeichnet werden wie etwa *Gomphonema parvulum* und *Gomphonema angustatum*.

43. *Meridion circulare* Agardh (I, 3)

I: z, II: h, III: s, IV: zh, V: z. Alkaliphil, rheophil. Beim Vergleich der eigenen Befunde mit den Angaben verschiedener Autoren ergeben sich wieder strittige Punkte:

a) KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951) bezeichnen die Form als oligosaprob. Nach HORNUNG (1959) ist sie ein empfindlicher Indikator für Verunreinigungen des Wassers. Dagegen entwickelte sie sich auch in den stärker verunreinigten Zonen der Steinfurter Aa und bildete hier in schwächerer Strömung große, kräftige Sektoren.

b) Nach LIEBMANN (1951) ist sie gegen pH-Schwankungen sehr empfindlich. Ihr häufiges Vorkommen in den Regionen IV und V läßt sich auch damit nicht in Einklang bringen. Es dürfte auch hier Euryökie vorliegen. Dann wäre aber die Art als Leitform des Saprobien-systems nicht geeignet.

44. *Navicula bacillum* Ehr.

II: s. Auf Kalkschlamm.

45. *Navicula binodis* Ehr. (II, 9)

I: s. Auf Kalkschlamm.

46. *Navicula cryptocephala* Kütz. (VII, 5 + 6)

III: h, IV: zh, V: sh/m, VI: sh. Alkaliphil, strömungsindifferent, betamesosaprob. SCHEELE (1952): euryzon. Wie in der Edhaz (HORNUNG 1959) ist die Art im Gebiet typisch für die Diatomeenflora der Oscillatorienlager im stark verunreinigten Bereich. Sie verträgt sehr starke pH-Schwankungen und Chemikalienwirkung.

47. *Navicula cuspidata* Kütz. VIII, 8)

II: ss, III: s, V: h, VI: ss. Alkaliphil, strömungsindifferent. Von anderen Autoren stets nur selten beobachtet, trat die Art im Sommer in der stark verunreinigten Zone mitunter in großer Zahl auf und war meist vergesellschaftet mit *Gomphonema parvulum* und festsitzenden Ciliaten der Gattung *Carchesium*. Mesosaprob?

48. *Navicula dicephala* (Ehr.) W. Smith (VIII, 3)

III: s, IV: s. Auf Detritus.

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

49. *Navicula exigua* (Gregory) O. Müller
III. ss. Auf Detritus.

50. *Navicula gracilis* Ehr. (1, 7)
I: zh, II: h, III: sh, IV: zh, V: h. Alkaliphil, rheophil, euryzon. Auffällig ist ihr Fehlen in der Region VI. Sie ist wahrscheinlich der gleichzeitigen Einwirkung chemischer und organischer Abwässer nicht gewachsen.

51. *Navicula gregaria* Donkin (VII, 7)
III: z. Auf Detritus. Die Form wird von HUSTEDT (1930) als Salzwasserform bezeichnet. SCHEELE (1952): indifferent. Eine Verwechslung mit *Navicula cryptocephala* liegt m. E. nicht vor (vgl. Taf. VII, 7 und 5).

52. *Navicula hungarica* Grun. (II, 10)
I: z, II: s, III: s, IV: s. Alkaliphil, rheophil. Meist als var. *capitata* auf Kalkschlamm und Detritus verbreitet, aber nie häufig.

53. *Navicula integra* (W. Smith) Ralfs (VIII, 5)
III: s—h, IV: s, V: ss. Die Art wurde nur einmal, im April 1962, in Massenentwicklung in der leicht verunreinigten, jedoch salzarmen Bachregion angetroffen und seitdem nur noch sehr vereinzelt beobachtet. HUSTEDT (1930) bezeichnet sie als Salzwasserform, andere Autoren lassen sie unerwähnt.

54. *Navicula menisculus* Schumann (II, 6)
I: zh, II: z, III: z, IV: s. Alkaliphil? Im Oberlauf das ganze Jahr vertreten, jedoch nie in größeren Mengen. Gegen stärkere Verschmutzung empfindlich.

55. *Navicula muralis* Grun. (VII, 8)
III: ss—h, V: s—h. Alkaliphil? Rheophil. In stark strömendem Wasser auf Steinen. In der verunreinigten Zone nur im Winter und Frühjahr häufig.

56. *Navicula oblonga* Kütz. (IV, 1)
II: s. Auf Kalkschlamm und Detritus, nur in schwach strömendem, nicht verunreinigtem Wasser.

57. *Navicula peregrina* (Ehr.) Kütz. (II, 7)
mit fo. *angustata* Kolbe und fo. *minor* Kolbe (VIII, 4 + 6).
I: sh, II: z, III: zh, IV: zh, V: s, VI: ss. Alkaliphil, strömungsindifferent. Von HUSTEDT (1930) als Salzwasserform angesprochen, wurde die Art wiederholt in salzarmen Biotopen beobachtet (WEHRLE 1942, DIPPEL 1922, HORNING 1959), von mir im Quellteich des Leerbaches sogar in Massen. HORNING zieht zur Erklärung die hohe Alkalität heran.

58. *Navicula placentula* (Ehr.) Grun. (VIII, 1)
III: s. Auf Detritus.

59. *Navicula pygmaea* Kütz. (VII, 7)
V: s. Auf *Nuphar lutea*. Halophile Form.

60. *Navicula radiosa* Kütz. (VII, 4)
II: z, III: z. Auf sehr verschiedenen Substraten vereinzelt, auf Wasserpflanzen in schwacher Strömung auch häufiger auftretend.

61. *Navicula reinhardti* Grun. (VII, 3)
II: s, III: z. Alkalibiont? Calziphil. Strömungsindifferent. In der leicht verunreinigten Zone im Winter und Frühjahr auf Kalksand stark vertreten.

62. *Navicula rhynchocephala* Kütz. (VII, 2)
III: s, IV: s, V: sh, VI: zh. Alkaliphil, rheophil (?). Im stark verunreinigten Unterlauf eine der häufigsten Diatomeen. Maximum im Frühjahr. — Es steht dahin, ob die von SCHEELE (1952) als häufigste Diatomee des Fuldagebietes gefundene *Navicula avenacea* = *Navicula viridula* var. *avenacea* (Bréb.) Grun. mit der hier angegebenen Form identisch ist.

63. *Navicula subhamulata* Grun. (I, 9)
I: s. In schwacher Strömung auf Moosen in der Quelle.

64. *Navicula verecunda* Hust. VII, 9)
IV: s. Auf Detritus.

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

65. *Navicula viridula* Kütz. (VII, 1)

III: s. Nur sehr vereinzelt zwischen anderen Arten, im Winter etwas häufiger.

66. *Neidium bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve

IV: s. In schwacher Strömung auf Detritus.

67. *Neidium dubium* (Ehr.) Cleve (IV, 4 + 5)

mit forma *constricta* Hust.

I: s, III: z. Auf Kalksand.

68. *Neidium iridis* (Ehr.) Cleve (IX, 1)

mit fo. *vernalis* Reichelt und var. *amplicata* Cleve

III: z. Limnophil? Auf Detritus und Sand in schwacher Strömung.

69. *Neidium productum* (W. Smith) Cleve (IX, 2)

I: s, II: s, III: s. Auf Sand und Detritus, nie häufig.

70. *Nitzschia acicularis* W. Smith

II: zh, III: h, IV: zh, V: h, VI: zh. pH-indifferent, strömungsindifferent, betamesosaprob. Auf Detritus und Faulschlamm. Unabhängig von der Jahreszeit lokal immer wieder zu kräftiger Entwicklung kommend, auch an Stellen starker Verunreinigung und starker pH-Schwankungen.

71. *Nitzschia amphibia* Grun. (X, 8)

II: s, III: s, IV: s. In der Steinfurter Aa und in der Echaz selten, dagegen im Fuldagebiet, in Osthofstein und auf Fünen häufig. Calciphob?

72. *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun.

II: s. Auf Detritus.

73. *Nitzschia dubia* W. Smith (I, 5)

I: h, II: z, III: h, IV: zh, V: z. Alkaliphil. Rheophil? Nach HUSTEDT (1930) halophil. Maximum im Winter und Frühjahr. Im gesamten Flußlauf vertreten und demnach von großer ökologischer Spannweite. — Es wäre zu prüfen, ob die in der Literatur häufig aufgeführte *Nitzschia linearis*, die in der Steinfurter Aa nicht gefunden werden konnte, zum Teil mit der hier als *N. dubia* bestimmten Form identisch ist.

74. *Nitzschia hungarica* Grun. (X, 3)

I: s, II: s. Alkalibiont? Rheophil? Halophil? Immer nur vereinzelt auf Kalksand gefunden.

75. *Nitzschia „palea“* (Kütz.) W. Smith

II: zh, III: sh, IV: sh, V: sh, VI: sh. pH-indifferent, strömungsindifferent, alphamesosaprob. Eurytop. Auch gegen starke Schwankungen des Wasserchemismus unempfindlich. Massenentwicklungen erfolgen unabhängig von der Jahreszeit und der Temperatur, werden jedoch wahrscheinlich begünstigt durch längere Abwesenheit direkter Sonneneinstrahlung.

76. *Nitzschia romana* Grun. (X, 6 + 7)

III: s, V: s. Auf *Nuphar lutea* und Steinen in schwacher Strömung.

77. *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Smith.

II: s, III: z, IV: z. Immer in schwacher Strömung auf Detritus. Limnophil.

78. *Pinnularia gibba* Ehr.

II: s. Auf Detritus

79. *Pinnularia maior* Kütz.

III: s. Auf Detritus in schwacher Strömung.

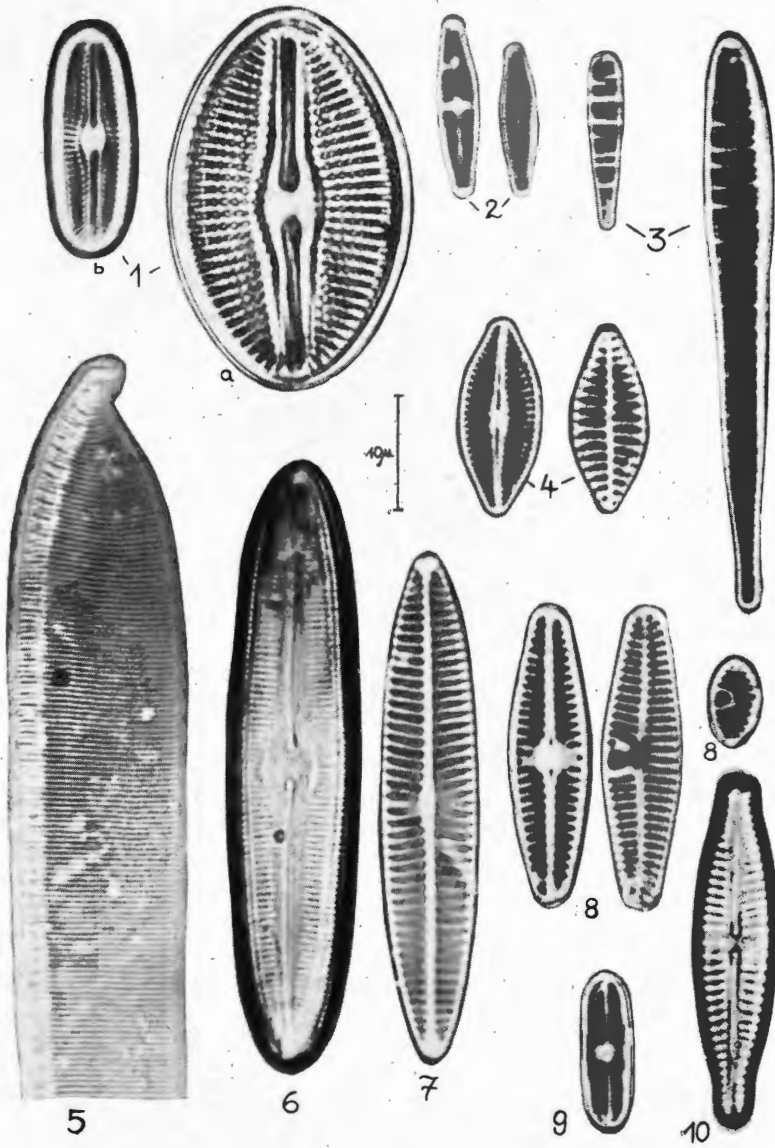
80. *Pinnularia mesolepta* (Ehr.) W. Smith

II: s. Auf Kalkschlamm.

81. *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cleve

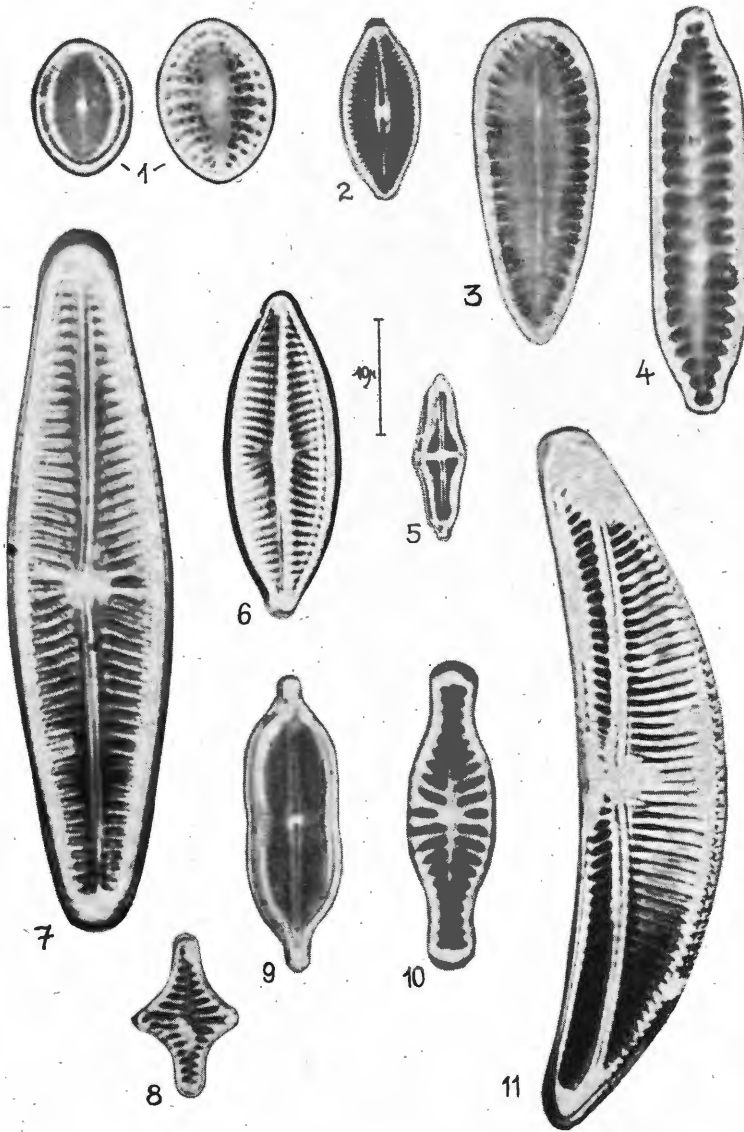
II: s. Auf Detritus und Schlamm. Wahrscheinlich nicht acidophil, sondern pH-indifferent.

Tafel I



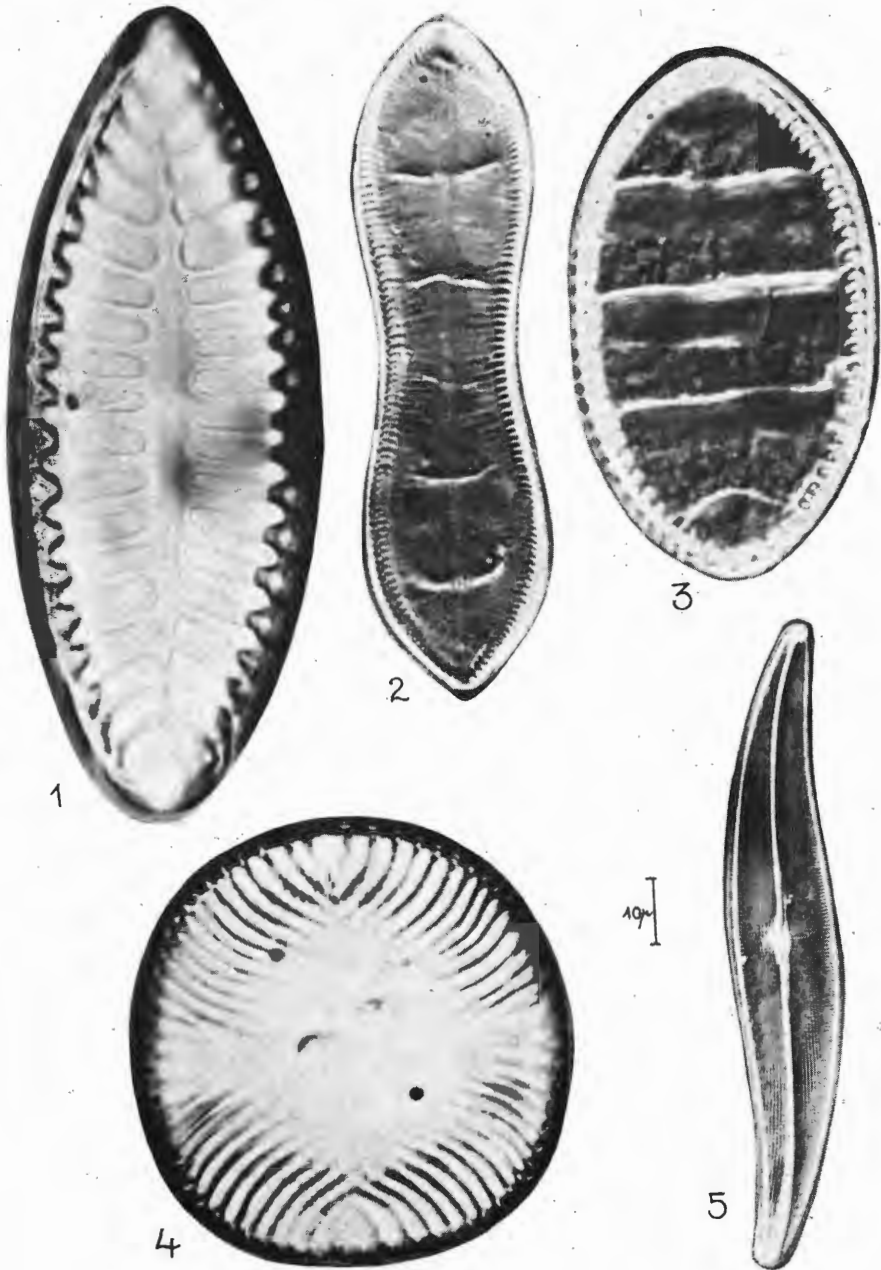
- 1a *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve
- 1b *Diploneis ovalis* var. *oblongella* (Naeg.) Cleve
- 2 *Achnanthes affinis* Grun.
- 3 *Meridion circulare* Ag.
- 4 *Achnanthes clevei* Grun.
- 5 *Nitzschia dubia* W. Smith
- 6 *Caloneis alpestris* (Grun.) Cleve
- 7 *Navicula gracilis* Ehr.
- 8 *Achnanthes lanceolata* Bréb.
- 9 *Navicula subhamulata* Grun.
- 10 *Gomphonema angustatum* Grun.

Tafel II



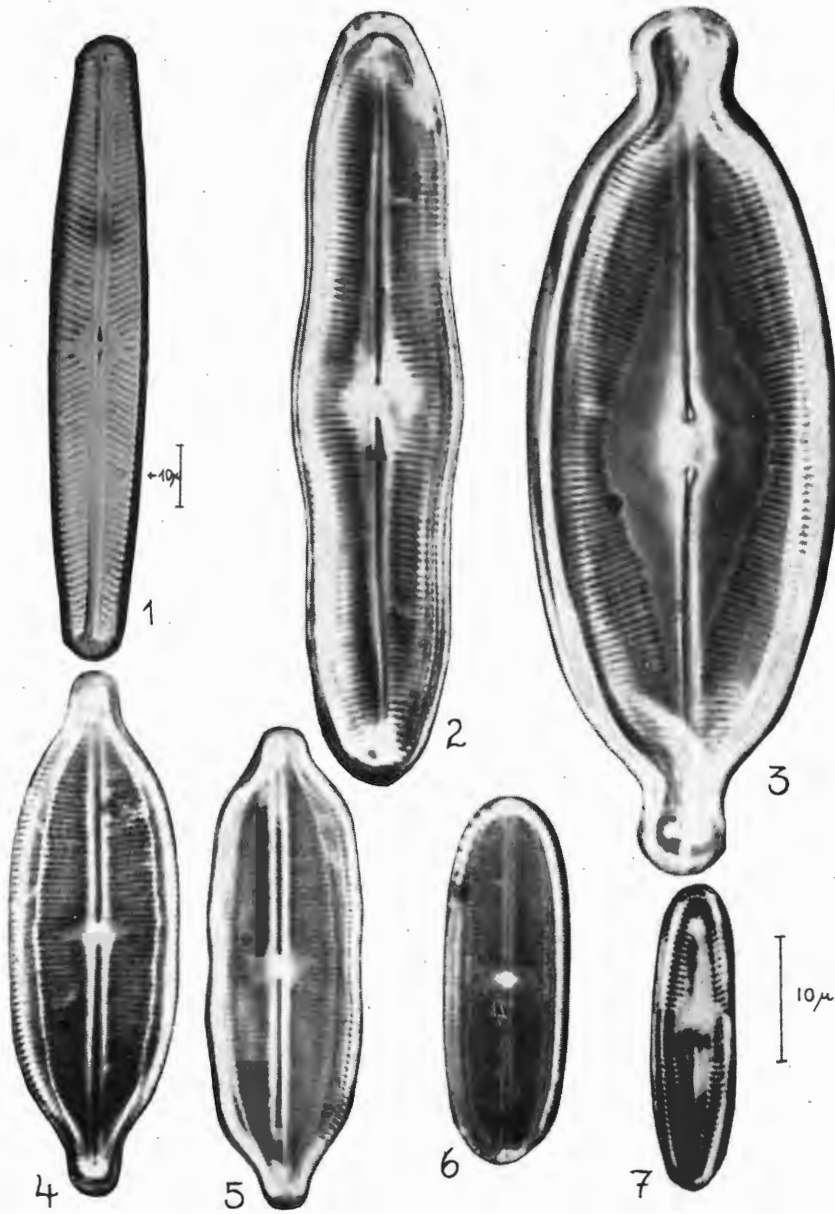
- 1 *Cocconeis diminuta* Pant.
- 2 *Adnanthes clevei* Grun.
- 3 *Surirella ovata* Kütz.
- 4 *Surirella angustata* Kütz.
- 5 *Stauroneis smithii* Grun.
- 6 *Navicula menisculus* Schumann
- 7 *Navicula peregrina* (Ehr.) Kütz.
- 8 *Fragilaria harrissonii* W. Smith
- 9 *Navicula binodis* Ehr.
- 10 *Navicula hungarica* Grun.
- 11 *Amphora ovalis* Kütz.

Tafel III



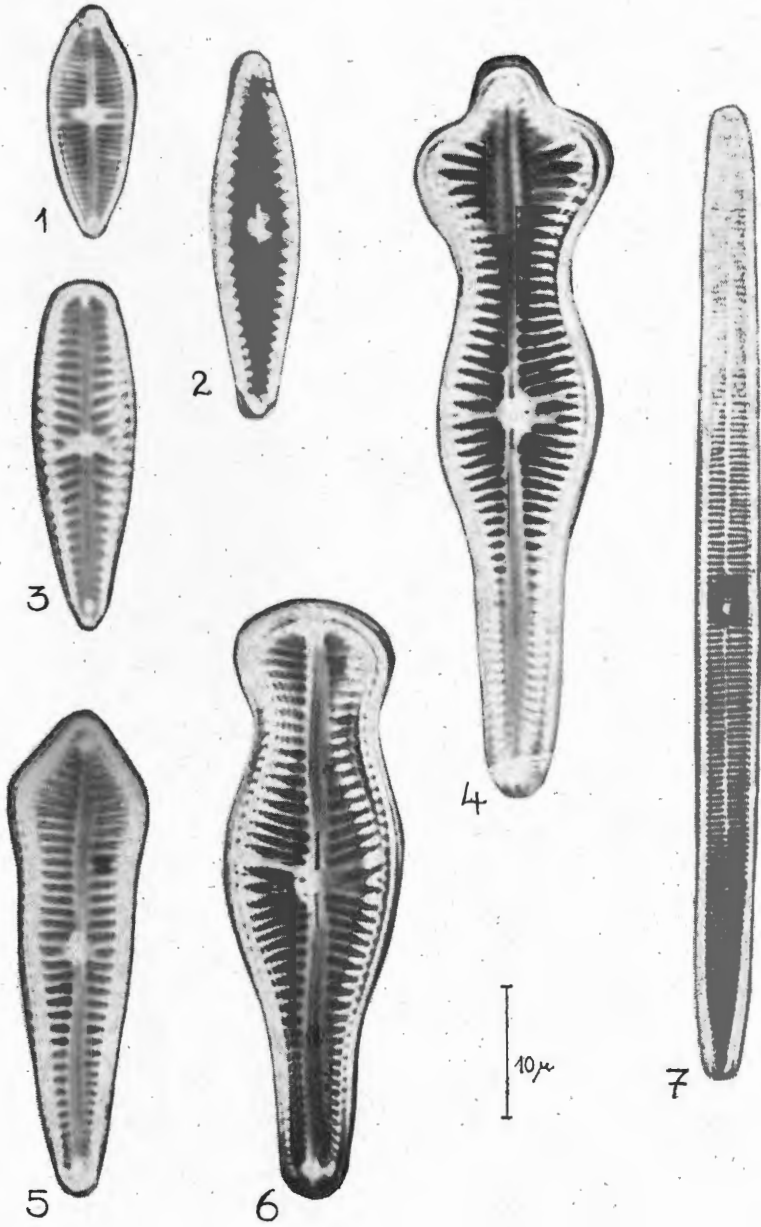
- 1 *Surirella robusta* Ehr.
- 2 *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Smith
- 3 *Cymatopleura elliptica* (Bréb.) W. Smith
- 4 *Campylodiscus noricus* var. *hibernica* (Ehr.) Grun.
- 5 *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh.

Tafel IV



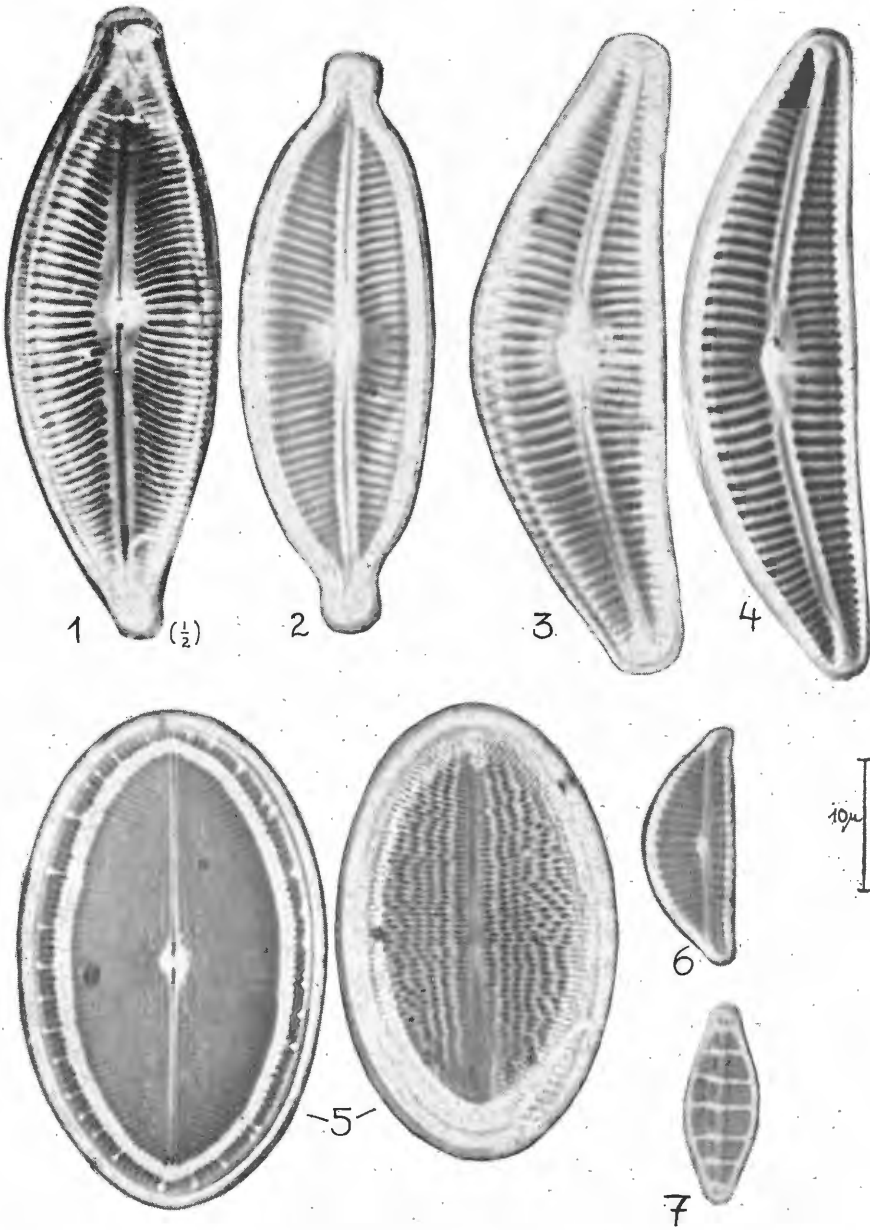
- 1 *Navicula oblonga* Kütz.
- 2 *Caloneis silicula* Cleve
- 3 *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve
- 4 *Neidium dubium* (Ehr.) Cleve
- 5 *Neidium dubium* fo. *constrictum* Hustedt
- 6 *Neidium bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve
- 7 *Caloneis bacillum* (Grun.) Mereschkowsky

Tafel V



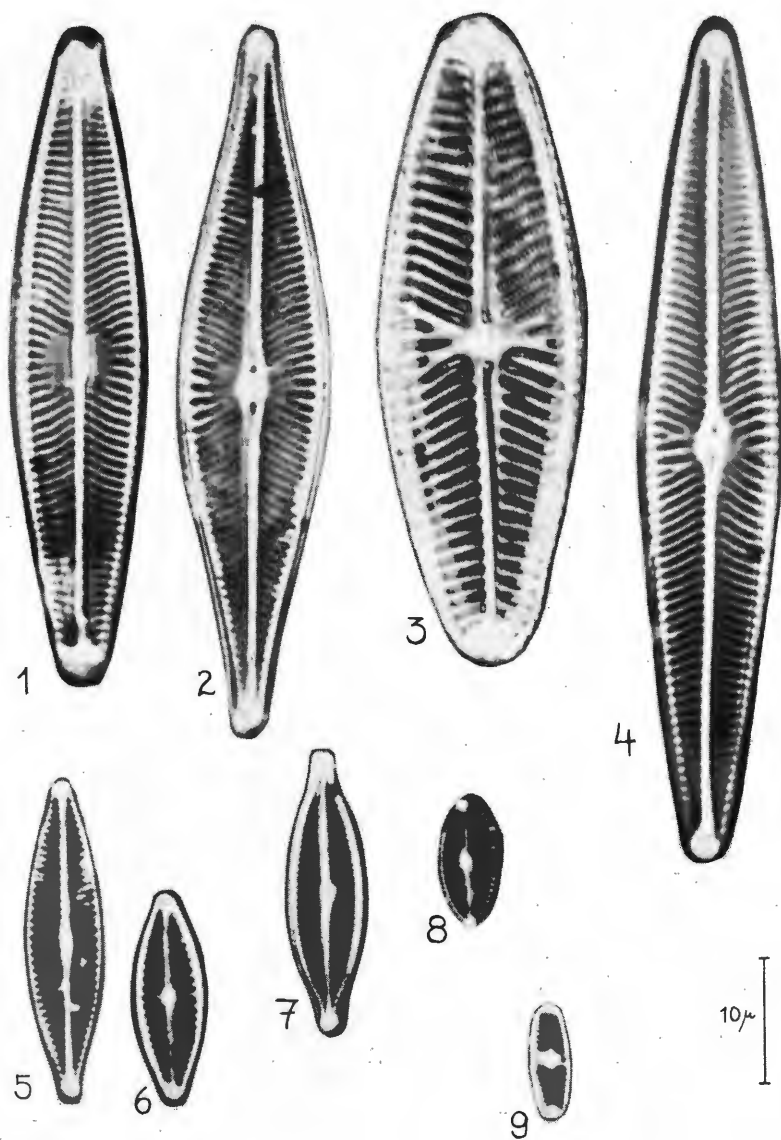
- 1 Gomphonema parvulum (Kütz.) Grun.
- 2 Gomphonema angustatum Grun.
- 3 Gomphonema olivaceum (Lyngb.) Kütz.
- 4 Gomphonema acuminatum var. coronata W. Smith
- 5 Gomphonema acuminatum Ehr.
- 6 Gomphonema constrictum (Kütz.) Rabh.
- 7 Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.

Tafel VI



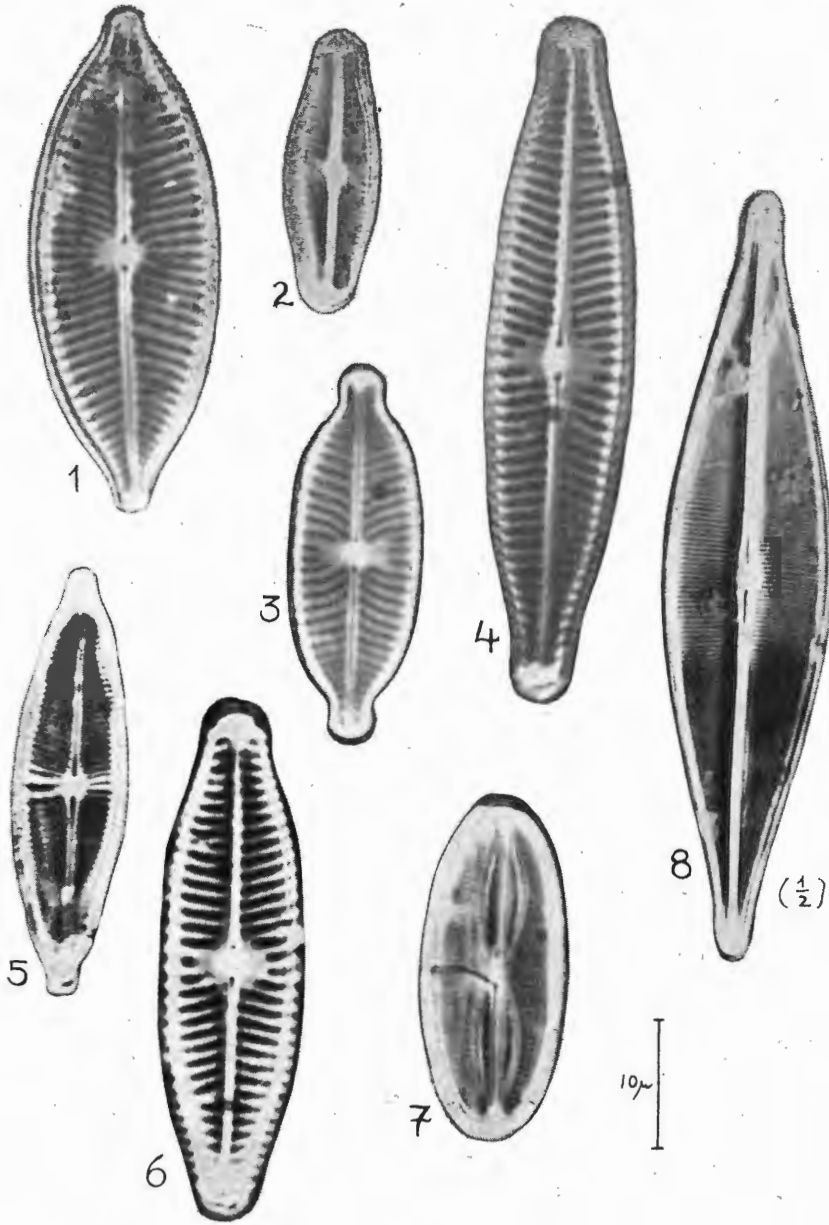
- 1 *Cymbella ehrenbergii* Kütz.
- 2 *Cymbella cuspidata* Kütz.
- 3 und 4 *Cymbella cistula* (Hempr.) Grun.
- 5 *Cocconeis placentula* Ehr.
- 6 *Cymbella ventricosa* Kütz.
- 7 *Diatoma vulgare* Bory

Tafel VII



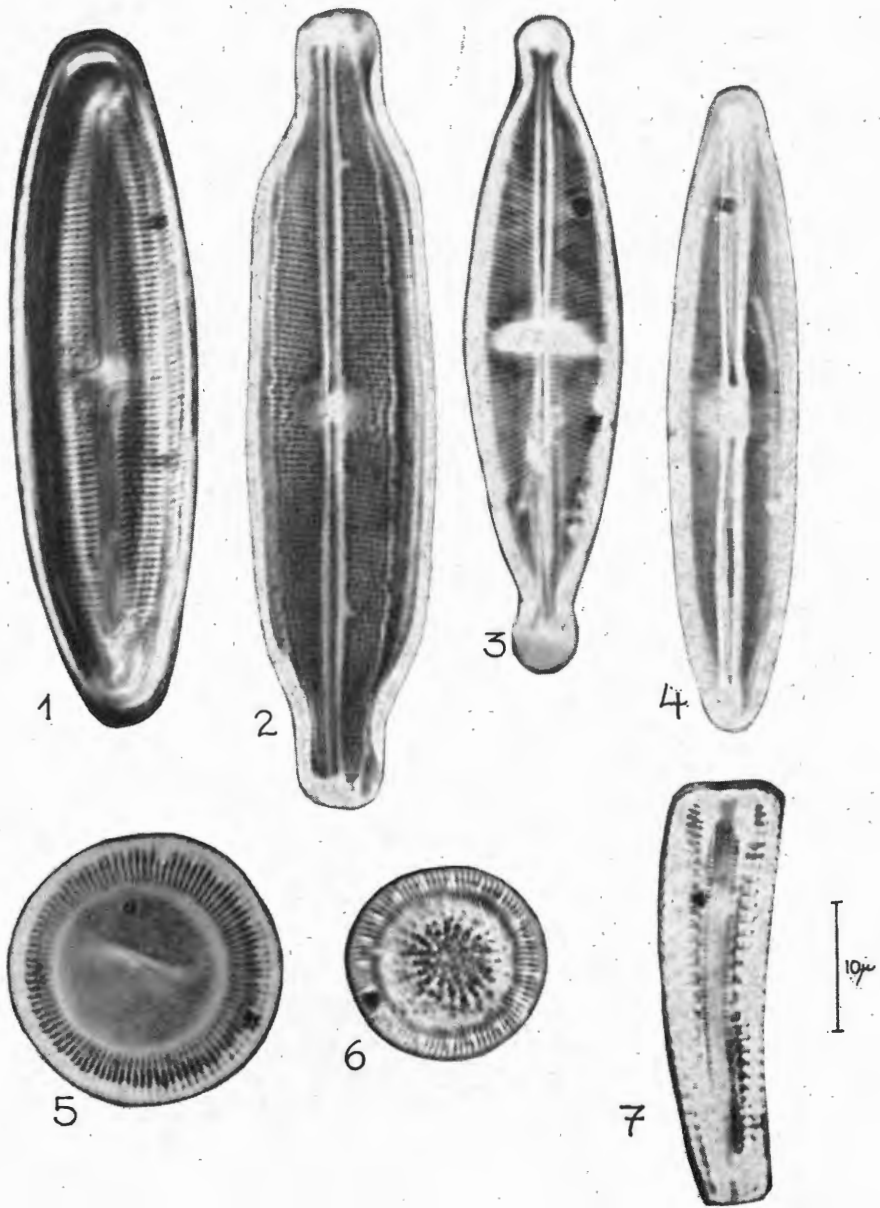
- 1 *Navicula viridula* Kütz.
- 2 *Navicula rhynchocephala* Kütz.
- 3 *Navicula reinhardtii* Grun.
- 4 *Navicula radiosa* Kütz.
- 5 *Navicula cryptocephala* Kütz.
- 6 *Navicula cryptocephala* var. *veneta* (Kütz.) Grun.
- 7 *Navicula gregaria* Donkin
- 8 *Navicula muralis* Grun.
- 9 *Navicula verecunda* Hustedt

Tafel VIII



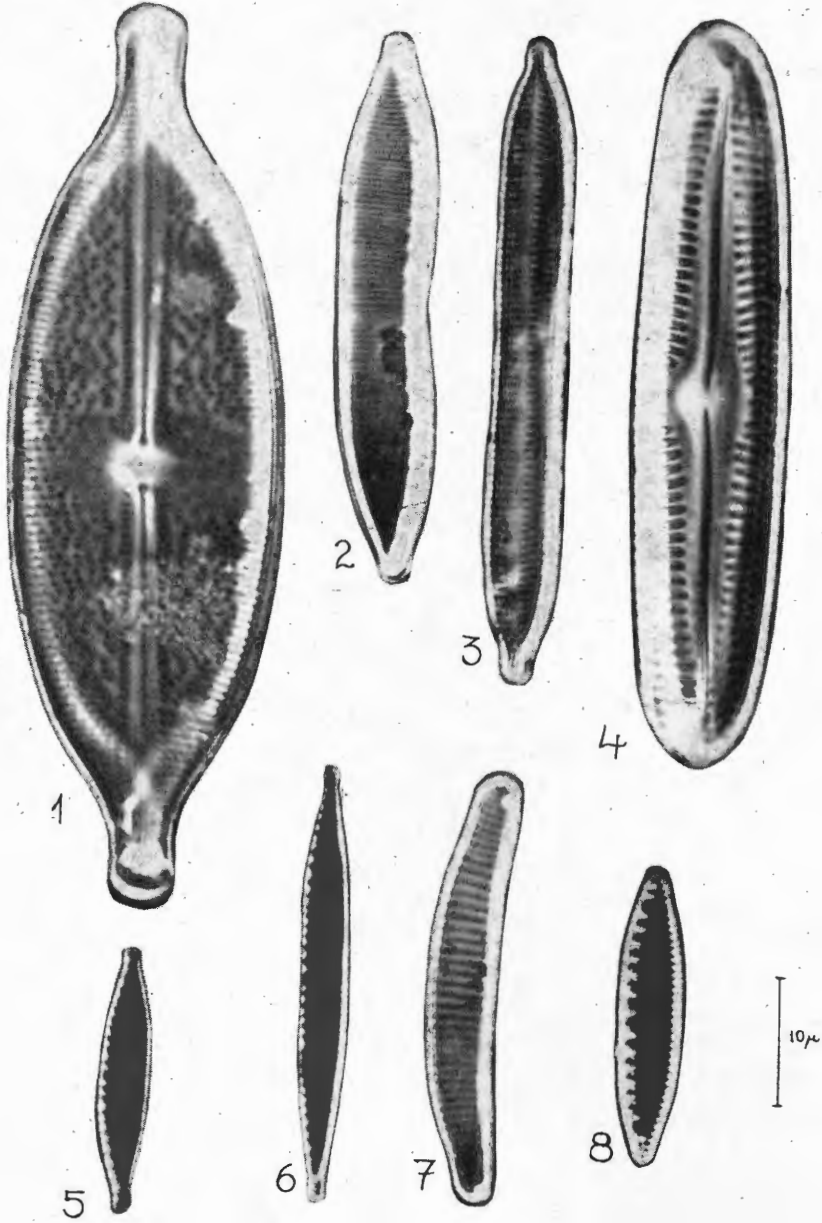
- 1 *Navicula placentula* (Ehr.) Grun.
- 2 *Navicula pupula* Kütz.
- 3 *Navicula dicephala* (Ehr.) W. Smith
- 4 *Navicula peregrina* fo. *angustata* Kolbe
- 5 *Navicula integra* (W. Smith) Ralfs
- 6 *Navicula peregrina* fo. *minor* Kolbe
- 7 *Navicula pygmaea* Kütz.
- 8 *Navicula cuspidata* Kütz.

Tafel IX



- 1 *Neidium iridis* fo. *vernalis* Reichelt
- 2 *Neidium productum* (W. Smith) Cleave
- 3 *Stauroneis anceps* Ehr.
- 4 *Frustulia vulgaris* Thwaites
- 5 *Cyclotella striata* (Kütz.) Grun.
- 6 *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz.
- 7 *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun.

Tafel X



- 1 *Anomoneis sphaerophora* (Kütz.) Pfitzner
- 2 *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.
- 3 *Nitzschia hungarica* Grun.
- 4 *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehr.
- 5 *Nitzschia romana* Grun.
- 6 *Nitzschia romana* Grun.
- 7 *Eunotia pectinalis* (Kütz.) Rabh.
- 8 *Nitzschia amphibia* Grun.

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

82. *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehr. (X, 3)

II: s, III: s, IV: z, V: z, VI: s. Immer auf Detritus in schwacher Strömung, jedoch nie häufig. Im Frühjahr auch im stärker verunreinigten Gebiet.

83. *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun. (IX, 7)

II: z, IV: z, V: s. Auf Moosen und Fadenalgen. Nie häufig.

84. *Stauroneis anceps* Ehr. (IX, 3)

II: s, IV: s, V: s. Im Frühjahr und Sommer auf Detritus in schwacher Strömung.

85. *Stauroneis phoenicenteron* Ehr.

Wie vorige Art.

86. *Stauroneis smithii* Grun. (II, 5)

I: z, III: z. Regelmäßig auf Kalksand im Quellbereich. Im Spätwinter und Frühjahr etwas häufiger. Im Sommer auch in der schwach verunreinigten Zone. In der Echaz und im Gebiet auffällig stark vertreten. Calciphil?

87. *Surirella angustata* Kütz. (II, 4)

I: z, II: z, III: z, IV: z. Alkaliphil, rheophil. Gegen mittlere Verschmutzung unempfindlich. Im Gebiet war kein Vegetationsmaximum erkennbar. SCHEELE (1952): Frühjahrsmaximum.

88. *Surirella delicatissima* Lewis

I: ss. Im Quellteich auf Kalksand. Montane Form.

89. *Surirella linearis* W. Smith

II: ss. In schwacher Strömung zwischen Fadenalgen. Eingeschwemmte lakustrische Form.

90. *Surirella ovata* Kütz. (II, 3)

mit var. *crumena* (Bréb.) van Heurck

I: h, II: z, III: sh, IV: zh, V: zh, VI: s. Alkaliphil, rheophil. Als var. *crumena* eine der häufigsten Diatomeen des Gebietes. In einigen Punkten ergaben sich Differenzen:

a) KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951): betamesosaprob. SCHEELE (1952): Verbreitungsmaximum im oberen Mittellauf. Dagegen HORNING (1959): Hauptverbreitung im Unterlauf. Im Gebiet sowohl im Ober- als auch im Unterlauf sehr häufig. Das Gleiche beobachtete FOGED (1947/48).

b) SCHEELE (1952): Vegetationsmaximum im April und Mai. HORNING (1959): Wintermaximum. Im Gebiet: Frühjahrsmaximum im Mittel- und Unterlauf. In der Quellregion beginnt das Maximum im Januar und erstreckt sich über die ganze erste Jahreshälfte.

c) HORNING (1959) gibt die var. *crumena* für die Echaz als selten an. Gerade diese machte 90 % der Bestände des Gebiets aus. —

Falls es sich bei dieser morphologisch sehr variablen Art um genetisch einheitliches Material handelt, muß ausgeprägte Euryökie vorliegen.

91. *Surirella robusta* Ehr. (III, 1)

I: s, II: s, III: s. Immer nur vereinzelt, aber wiederholt auf Kalksand und Detritus, auch in der verunreinigten Zone.

92. *Synedra acus* Kütz.

III: s. Auf Detritus. Eingeschwemmte planktonische Form.

93. *Synedra capitata* Ehr.

II: s. Auf *Vaucheria* und Moosen in schwacher Strömung. Limnophil.

94. *Synedra parasitica* W. Smith

mit var. *subconstricta* Grun.

II: s. Meist auf *Cymatopleura solea*.

95. *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. (V, 7)

II: h, III: z, IV: sh/m, V: h, VI: z. Alkaliphil, eurytop. LIEBMANN (1951): betamesosaprob, KOLKWITZ (1950): oligosaprob bis mesosaprob. Die Art meidet zwar direkten Abwasserein-

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

fluß, kommt jedoch bei mittlerem Verschmutzungsgrad und deutlich alkalischer Reaktion des Wassers zu stärkster Entfaltung. Sie ist in schwach strömendem wie in kräftig strömendem Wasser gut vermehrungsfähig. HORNUNG (1959) gibt ein Frühjahrs- und Herbstmaximum an. Im Gebiet erstreckte sich die Hauptvegetationszeit auf den Zeitraum von April bis August. Im Oberlauf setzt die Massenentwicklung bereits im März ein. Die Art dürfte wegen ihres häufigen Vorkommens in allen Regionen als Leitform des Saprobiensystems ungeeignet sein.

B. Cyanophyceae

96. *Aphanocapsa pulchra* (Kg.) Rabh.
V: s. Nur im Frühjahr auf *Oscillatoria*-Häuten.

97. *Aphanocapsa rivularis* Rabh.
II: s. Im Spätsommer auf Moosen, vermutlich eingeschwemmt.

98. *Chamaesiphon spec.*
I: sh, II: sh, III: sh, IV: z, V: z. Bevorzugt glatte Substrate in kräftiger Strömung. Im Frühjahr und Sommer oft massenhaft auftretend. Die Gonidangienbildung war im Spätsommer besonders intensiv. Es handelt sich hier vermutlich um mehrere Arten, die nicht sicher bestimmt werden konnten.

99. *Gloeotheca linearis* Naeg.
V: s. In *Oscillatoria*-Häuten.

100. *Oscillatoria amphibia* Ag.
I—II: h. In dichten, schwarzblauen Lagern an schwach belichteten Stellen. Oligosaprob. Crenophil bzw. crenobiont.

101. *Oscillatoria spec. (curviceps Ag.?)*
V: s. Nur im Hochsommer auf Faulschlamm.

102. *Oscillatoria spec. (limosa Kütz.?)*
II: s, III: z, VI: h, V: sh, VI: s. Meist auf Detritus und Schlamm in schwacher Strömung. Im Unterlauf oft den gesamten Flußgrund überziehend.

103. *Oscillatoria spec. (nigra Ag.?)*
IV: z, V: h, VI: h. Aerophil? An Mauern in der Wasserlinie und auf temporär trockenfallenden Steinen sowie auf kräftig umströmten Steinen Häute bildend. An diesen Standorten unempfindlich gegen starke Verunreinigung des Wassers.

104. *Oscillatoria spec. (tenuis Ag.?)*
V: z. Im Sommer auf Schlamm in schwacher Strömung.

105. *Phormidium spec. (favosum Gom.?)*
I—III: zh. Vor allem im Frühjahr dicke, schleimige Lager auf kräftig umströmten Steinen bildend.

106. *Phormidium spec. (uncinatum Gom.?)*
III: sh, IV: z, V: s. Nach KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951) alphamesosaprob. Im Gebiet häufig mit braunen Inkrusten.

107. *Pseudanabaena catenata* Lauterborn
II: z. Auf Algenfäden.

108. *Schizothrix spec.* (Naeg. (Kütz.) Geitler?)
III: sh. In Kalkinkrusten auf kräftig umströmten Steinen das ganze Jahr hindurch häufig. Monatelanger Lichtabschluß wird unbeschadet vertragen. Rheophil? Alkalibiont?

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

109. *Merismopedia glauca* N a e g.

I: zh, V: z. In größerer Menge auf Kalksand in der Quellregion. Im Winter auch vereinzelt im Unterlauf.

C. Flagellatae

110. *Euglena acus* E h r.

V: s. Auf Oscillatoriahäuten und Steinen in schwacher Strömung.

111. *Euglena deses* E h r.

III: s, IV V: z. An verschiedenen Stellen in schwacher Strömung.

112. *Euglena ehrenbergii* Klebs

V: s. Nur im Frühjahr zusammen mit den vorgenannten Arten.

113. *Euglena spirogyra* E h r.

III: s, V: s. Im Winter und Frühjahr zusammen mit *E. acus*.

114. *Euglena viridis* E h r.

III: z, IV: zh, V — VI: sh/m. Polysaprob bis alphamesosaprob. Sie kommt im Gebiet auch bei schwächerer Verunreinigung zu starker Vermehrung, fehlt jedoch in den Wintermonaten. Ihre Cysten sind sehr haftfähig und platten sich bei Trockenfallen gegeneinander ab, sodaß sie wie ein Zellverband aussehen.

115. *Peranema trichophorum* Stein.

VI: z. In *Beggiatoa*-Rasen. Heterotrophe Form.

116. *Trachelomonas hispida* Stein

V—VI: z. In *Oscillatoriahäuten*.

D. Heterokontae

117. *Tribonema minus* West

I: z, IV: z, V: s. Zwischen Moosen und anderen Fadenalgen.

E. Conjugatae

118. *Closterium acerosum* E h r.

II—III: s. Das ganze Jahr auf Detritus in schwacher Strömung.

119. *Closterium moniliferum* Kütz.

III—VI: z. Im Sommer auf Schlamm, zwischen Fadenalgen und an sonstigen strömungsarmen Stellen. Maximum im August. HORNING (1959): Gegen Verunreinigung empfindlich; im Gebiet dagegen sehr widerstandsfähig.

120. *Mougeotia spec.*

III: s. Eingeschwemmt auf Detritus und an Steinen.

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

F. Chlorophyceae

Protococcales

121. *Ankistrodesmus falcatus* Ralfs
III: z, IV: z. Auf *Oscillatoria*- und *Phormidium*häuten, ferner auf Holzgegenständen in der Wasserlinie.
122. *Characium pringsheimii* A. Braun
II: s. Auf Fadenalgen.
123. *Characium strictum* A. Braun
V: s. Im Frühjahr in schwacher Strömung auf *Cladophora*.
124. *Chlorococcum infusionum* Meneghini
V: zh, VI: zh. An überströmten Steinen, auch unter Faulschlamm.
125. *Pediastrum boryanum* Men.
II: z, V: s. Auf Detritus und zwischen Fadenalgen.
126. *Pediastrum tetras* Ralfs
II: s, V: s. Wie vorige Art.
127. *Scenedesmus bijugatus* Kütz.
III—V: z. Zwischen flutenden Fadenalgen.
128. *Scenedesmus quadricauda* (Turb.) Bréb.
III—V: z. Wie vorige Art.

Ulothrichales

129. *Hormidium rivulare* Kütz.
III: s. Auf überströmten Holzteilen flutend.
130. *Oedogonium spec. et spec.*
III: s. Eingeschleppt aus Stauteichen. Bis zum Sommer 1956 entwickelten sich in schwach strömenden Bereichen des Unterlaufs große Mengen von Oedogonienwatten. Seit der verstärkten Einwirkung von Textilabwässern sind diese Bestände nicht wieder erschienen.
131. *Protoderma viride* Kütz.
I—IV: h. Auf künstlichen Substraten das ganze Jahr häufig. Auf natürlichen Substraten nicht identifizierbar. Vermutlich besteht ein entwicklungsgeschichtlicher Zusammenhang mit *Stigeoclonium tenue*.
132. *Stigeoclonium tenue* Kütz.
III—VI: h. Die ökologischen Angaben in der Literatur widersprechen sich. Im Gebiet ausgesprochen eurytop. Unterhalb von Wehren in mäßig verunreinigtem Wasser massenhaft, sonst immer nur stellenweise in größeren und kleineren Büscheln auftretend. Ein Maximum war nicht festzustellen. Rheophil. pH-indifferent?
133. *Stigeoclonium farctum* Berthold
V: s. Nur im Frühsommer auf *Nuphar lutea*.
134. *Ulothrix tenerrima* Kütz.
I: s. Auf Steinen im Quellabfluß.

I	Quellbereich (Untersuchungsstellen 1 und 2)	z	zerstreut
II	eutrophierter Quellbach (Untersuchungsstelle 3)	ss	sehr selten
III	mäßig verunreinigter Bach (Untersuchungsstellen 4 und 5)	s	selten
IV	industriell verunreinigter Bach (Untersuchungsstelle 6)	zh	ziemlich häufig
V	industriell verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 7)	h	häufig
VI	durch städtische und industrielle Abwässer verunreinigter Fluß (Untersuchungsstelle 8)	sh	sehr häufig

135. *Ulothrix zonata* Kütz.

II: z, IV: z, V: z. Nach KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951) oligosaprob. KANN (1940): wird durch Abwässer gefördert. HORNING (1959): fehlt schon bei mittlerer Verunreinigung. Im Gebiet auch in der verunreinigten Zone vertreten, jedoch nur im Frühjahr bei kräftiger Wasserführung unterhalb der Wehre. Im Oberlauf wurde sie einmal im Spritzwasser in Massentwicklung beobachtet, ging dann aber völlig zurück.

Siphonocladiales

136. *Cladophora fracta* Kütz.

II: z. Im Spätsommer an strömungsarmen Stellen zwischen Moosen.

137. *Cladophora glomerata* Kütz.

IV: z, V: sh, VI: h. KOLKWITZ (1950) und LIEBMANN (1951): oligosaprob. KANN (1940) konstatiert Förderung durch Abwässer. HORNING (1959): wenig empfindlich gegen Abwässer in stark strömendem und luftdurchmischem Wasser. Im Gebiet ebenfalls an stärker strömendes Wasser gebunden. Das Maximum der Art hat sich im Laufe der zunehmenden Abwasserwirkung seit 1954 vom Spätsommer auf das Frühjahr bzw. auf den Frühsommer verschoben. In der stark verschmutzten Region VI verschwindet sie, sobald im Frühjahr die Wasserführung nachläßt.

Siphonales

138. *Vaucheria ornithocephala* fo. *typica* Heering

II: z. Auf kräftig überströmten Holzplanken.

139. *Vaucheria ornithocephala* fo. *polysperma* Heering

II: z. In sehr schwacher Strömung flottierend. Bisher nur für Skandinavien, Osteuropa und die Schweiz angegeben (GOETZ 1897).

140. *Vaucheria geminata* DC.

II—III: z. In schwacher Strömung flottierende Watten bildend.

141. *Vaucheria sessilis* fo. *genuina* Hansgirg

II: h, III: sh, IV: h, V: z. Bevorzugt kräftig strömendes, leicht eutrophiertes Wasser. Massenvorkommen wurde nur im Frühjahr und im Herbst beobachtet. Im Sommer gegen direkte Sonneneinstrahlung empfindlich.

142. *Vaucheria sessilis* fo. *repens* Heering

II: z. In kurzen Rasen auf überströmten Holzteilen.

143. *Vaucheria sessilis* fo. *clavata* Heering

II: z. Wie vorige Art.

G. Rhodophyceae

144. *Batrachospermum moniliforme* Kylin

I: h, II: zh, III: z. KOLKWITZ (1950): oligosaprob mit Neigung zur mesosaproben Stufe. Bevorzugt im Sommer schwach belichtete Stellen. Im Gebiet ist das Auftreten sehr unregelmäßig und wenig standorttreu. Ein Bachabwärtswandern (Horning 1959) im Frühjahr wurde im Gebiet nicht beobachtet.

145. *Chantransia chalybea* (Lyngb.) Fries

I—III: h, IV—V: z. Verbreitung wie bei *Batrachospermum moniliforme*, jedoch in starker Strömung auch im stärker verunreinigten Bereich wachsend. Im Herbst und Winter stärker hervortretend.

VIII. ERGÄNZENDE AUTÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN DIATOMEEN DER QUELLREGION ZUM PROBLEM DER ENTWICKLUNGSMAXIMA

Die saisonmäßigen Schwankungen im Vorkommen der Kieselalgen sind im Voraufgegangenen wiederholt beschrieben worden und ihrer Erscheinungsform nach hinreichend bekannt. Über ihre Ursachen wissen wir so gut wie nichts. RAABE (1951) und SCHEELE (1952) vermuten — allerdings aufgrund sehr sporadischer Beobachtungen — daß es sich um einen „endogenen“ Vorgang handelt, WEHRLE (1942) und HORNING (1959) sind geneigt, dem Temperaturfaktor die entscheidende Rolle zuzubilligen. Es mußte bei diesen vagen Vermutungen bleiben, solange es keine Methode gab, die es gestattete, die Zusammensetzung einer Diatomeenassoziation quantitativ zu bestimmen.

Nach mancherlei Versuchen hat sich folgendes Verfahren als geeignet erwiesen: 4 cm breite und 25 cm lange Streifen aus Polyäthylenfolie von 0,1 mm Stärke werden mit Hilfe von Korken, Perlonschnur und etwa 2 mm starken Drahtstiften so im Bachbett befestigt, daß sie frei im Wasser fluten (Abb. 4).

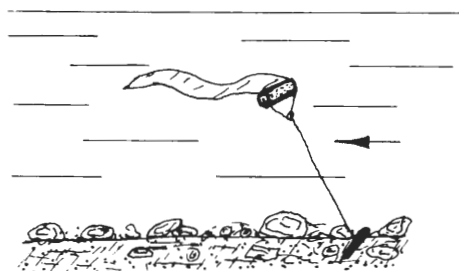


Abb. 4

Es wird damit erreicht, daß der Streifen nicht von Treibsand verschüttet wird und daß er nicht auf den Steinen und dem Sand des Bachgrundes schleift. Auch bleiben ihm so erfahrungsgemäß Planarien und Köcherfliegenlarven fern. Es zeigte sich — besonders ausgeprägt im Quellbach — daß ein solcher Plastikstreifen sich innerhalb weniger Wochen mit einer zusammenhängenden, maximal bis zu 0,3 mm dicken Schicht von Besatzdiatomeen überzieht.

Dieses „Freilandexperiment“ kam ab April 1962 allmonatlich zur Durchführung. Um Zufallsergebnisse zu vermeiden und um etwaige Verluste auszugleichen, wurden jeweils mehrere Streifen pro Standort ausgehängt. Zur Verwendung kam durchgängig Folienmaterial der Firma Gummi-Stricker, Münster. Parallelversuche mit PVC-Streifen und anderen Foliensorten ergaben keine Unterschiede.

Die eingeholten und sofort in Formol fixierten Streifen konnten wie folgt weiterverarbeitet werden: Ein homogen besetztes Streifenstück wird genau ausgemessen und seine Oberfläche bestimmt. Die Diatomeenschicht wird in einer flachen Petrischale in 10%igem Alkohol mit Hilfe eines scharfen Skalpells sorgfältig abgeschabt, bis nach dem Spülen mit aqua dest. die mikroskopische Kontrolle ergibt, daß kein Algenbesatz zurückgeblieben ist. Das so gewonnene Material wird mittels Erhitzen in konzentrierter Schwefelsäure und nachfolgender Nitratbehandlung von der organischen Substanz befreit. Dabei dürfen keine Materialverluste auftreten. Aus diesem Grunde erfolgte das Übergießen mit Schwefelsäure und das mehrmalige Spülen immer nach 10 min langem Zentrifugieren bei 2000 U/min. Dann hatten sich auch die sehr kleinen Schalen restlos abgesetzt. — Das Zentrifugat der letzten Spülung bestand dann nur noch aus Diatomeenschalenhälften und wurde in einer Blutkörperchenzählkammer nach BÜRKER ($\frac{1}{100}$ mm tief und mit Aufsetzklammern) ausgezählt. Hierzu mußte

das Material in einer passenden Menge destillierten Wassers durch längeres, vorsichtiges Schütteln so aufgeschwemmt werden, daß eine mäßig getrübte, homogen erscheinende Suspension vorlag. Die sofortige Übertragung eines Tropfens in die Zählkammer ergab dann je nach Art etwa 10 bis 400 Schalenhälften pro $\frac{1}{100}$ mm². Von jedem Präparat wurde die Zählkammer mehrfach beschickt, und in einer Füllung wurden immer mindestens 2 Quadrate ausgezählt. Die dabei auftretenden Abweichungen hielten sich ausnahmslos in den zulässigen Grenzen ($\pm 10\%$).

Im Febr. 1963 wurden die auf einem Stück Plastikstreifen von 11,2 cm² befindlichen Diatomeen wie oben geschildert präpariert und in 10 cm³ aqua dest. aufgeschwemmt. Dabei wurden folgende Zahlenwerte ermittelt bzw. errechnet:

	Diatomeenzellen pro mm ² Folie:
<i>Achnanthes affinis</i>	157 500
<i>Achnanthes lanceolata</i>	22 500
<i>Gomphonema angustatum</i>	6 500
<i>Meridion circulare</i>	43 500
Gesamtzahl	230 000

Es handelte sich in diesem Falle also um einen sehr starken Diatomeenbewuchs, in dem vor allem *Achnanthes affinis* eine hohe Individuendichte erreichte. — Weitere Werte bringen die nachfolgende Tabelle und die Abb. 5. Sie geben zugleich Aufschluß über die jahreszeitlichen Schwankungen.

	1962									1963			
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April
<i>Achnanthes affinis</i>	342	189	175	151	348	188	8,5	23,4	26,5	2610	3150	3650	416
<i>Achnanthes lanceolata</i>	46,5	78	98	128	130	27	5,2	16,8	18,7	650	490	775	92
<i>Meridion circulare</i>	64,7	46	24,5	3,6	30	18	2,5	6,8	2,2	210	770	392	69
<i>Gomphonema angustatum</i>	52,3	13,8	3,5	0	8,1	0	0,8	0	1	160	100	168	58

Tabelle: Schalenzahlen pro $\frac{1}{100}$ mm² Folie (vergl. Text)

Aus den Jahreskurven (Abb. 5, S. 49), deren Gültigkeit für die genannten Arten zunächst auf die untersuchten Standorte beschränkt bleiben muß, ergibt sich

1. für *Achnanthes affinis*:

Es liegt ein dreimonatiges Maximum vor, das sich über die Monate Januar bis März erstreckt. Ab April läßt das Wachstum nach, und im Anschluß an ein Zwischenmaximum im August erfolgt im Herbst eine starke Abschwächung. Die allmähliche Zunahme der Vermehrungstendenz im November und Dezember wird abgelöst durch das explosionsartig beginnende Winter-Frühjahrsmaximum.

2. für *Achnanthes lanceolata*:

Das Hauptmaximum hat seine Spitze ebenfalls im März. Dem steilen Anstieg im Januar folgt jedoch eine leichte Abschwächung im Februar. Der Abfall im April ist wiederum sehr ausgeprägt. Zum Sommer hin nimmt die Vermehrungsrate (trotz stark abnehmenden Lichtgenusses!) stetig zu. Das Augustmaximum

tritt daher nur wenig hervor und ist lediglich an dem starken Rückgang im September zu erkennen. Dem Tiefpunkt im Oktober folgt ein langsamer Anstieg im November/Dezember und das schlagartig einsetzende Januar-März-Maximum.

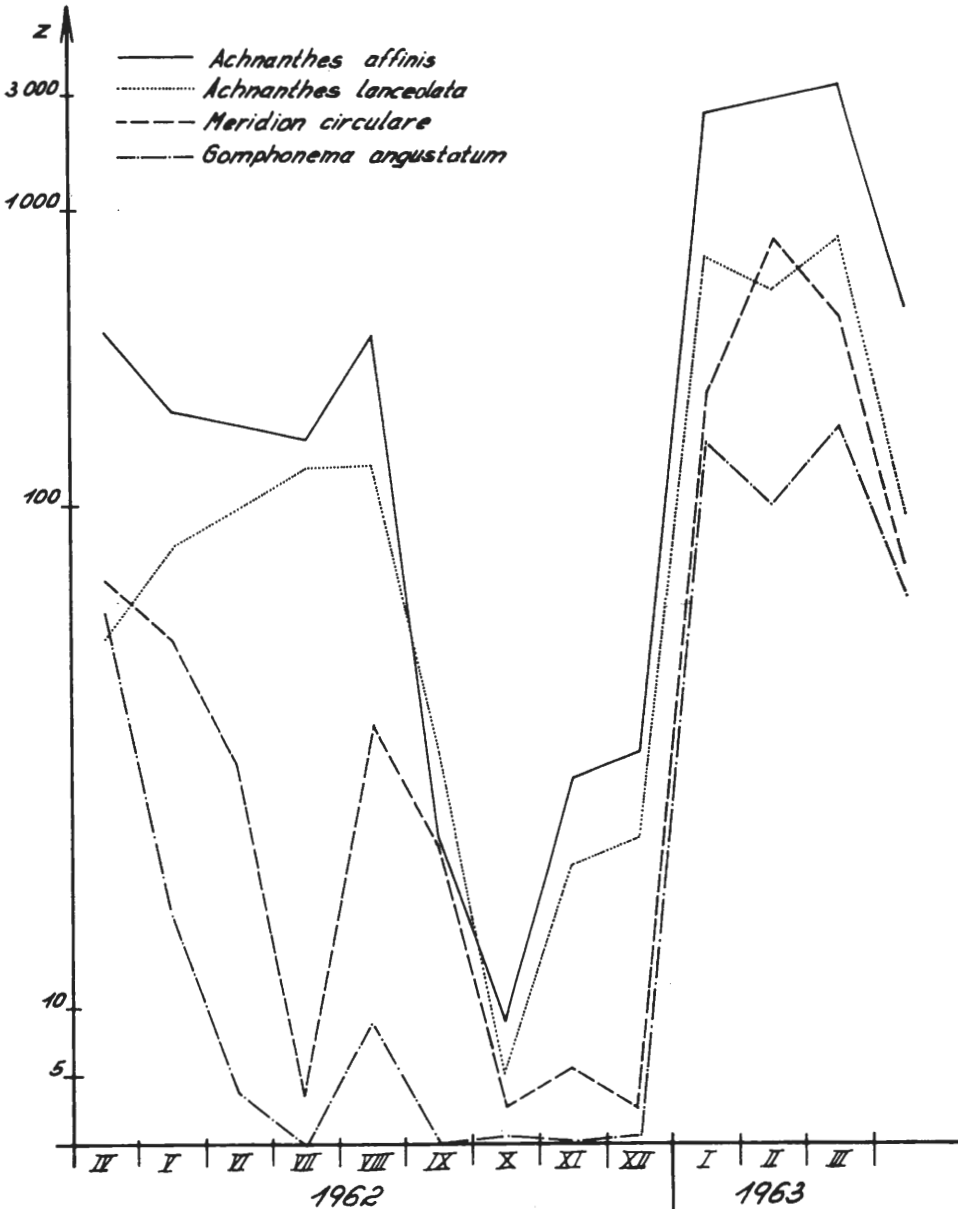


Abb. 5: Jahreskurven (April 1962 bis April 1963) von 4 Diatomeenarten der Quellregion. z = Anzahl der Schalenhälften pro $\frac{1}{100} \text{ mm}^2$ Folie nach etwa 30tägiger Besiedlungszeit. Die Werte über 10 sind logarithmisch dargestellt.

3. für *Meridion circulare*:

Das dreimonatige Maximum zu Anfang des Jahres verläuft ausgeglichener. Es setzt nicht so kräftig ein, hat seine Spitze im Februar und ist im März bereits wieder rückläufig. Der leichte Anstieg im Spätsommer hält zwei Monate an. Im Herbst ist die Vermehrungstendenz wiederum sehr schwach.

4. für *Gomphonema angustatum*:

Wie bei *Achnanthes lanceolata* ist im Februar, während des Hauptmaximums, eine Abschwächungstendenz erkennbar. Nach dem starken Abfall im Sommer ist wieder ein schwacher Augustanstieg zu beobachten. In manchen Sommer- und Herbstmonaten ist die Art fast verschwunden, um dann im Januar um so kräftiger zu erscheinen.

Zwar weisen die beschriebenen Jahreskurven individuelle Züge auf, doch überwiegen die Übereinstimmungen, wie sie in der Abb. 5 deutlich zu erkennen sind: Alle vier Formen haben ein Hauptmaximum von Januar bis März, ein schwaches Nebenmaximum im August und ein Minimum im Herbst. Ein Vergleich der Kurven mit den im Quellbach ermittelten ökologischen Daten (s. Anhang) zeigt, daß die Maxima und Minima der genannten Diatomeenarten von diesen unabhängig sein müssen. Ebensowenig läßt sich die Zu- bzw. Abnahme des Diatomeenwachstums mit der Zu- und Abnahme der eingefallenen Lichtmenge in Beziehung bringen.

IX. ÖKOLOGISCHE SYNOPSIS

Auf die Hindernisse, die dem Erkennen von Zusammenhängen zwischen meßbaren Umweltfaktoren und Algenvorkommen im Wege stehen, ist in der Literatur wiederholt hingewiesen worden. Sie liegen begründet in der Kompliziertheit der Faktorensyndrome, den dauernden Schwankungen der Einzelaktoren an ein- und demselben Biotop, in der relativen Kurzlebigkeit von Algenassoziationen und nicht zuletzt in den taxonomischen Schwierigkeiten.

Nach BEHRE und WEHRLE (1944) bieten sich der algenökologischen Forschung in der Hauptsache zwei Methoden an, nämlich die „experimentell-physiologische unter künstlich geschaffenen Bedingungen und die massenstatistische draußen in der Natur.“ Im ersteren Falle, so meinen sie, muß der Untersuchende „die Algen im Laboratorium bei jedem Umweltfaktor der Reihe nach über die Lage des Optimums und über die Distanz zwischen Minimum und Maximum befragen.“ „Hierzu beherrschen wir aber leider heute die Kultur weitaus der meisten Algenarten nicht genügend.“ (BEHRE und WEHRLE, 1944). Dieser Ausspruch gilt nach wie vor, obwohl dank V. DENFFER (1948), SPOEHR (1949), MYERS (1951), PIRSON (1952), HARDER (1953), PRINGSHEIM (1954), ALLEN (1955), EDDY (1956), REICHART (1963) und anderen erhebliche Fortschritte erzielt worden sind.

Der massenstatistisch arbeitende Ökologe stellt das Auftreten von Algen und Umweltfaktoren an möglichst vielen und verschiedenen Biotopen fest und versucht so, die spezifischen ökologischen Bedürfnisse jeder Art zu erfassen. Er ist jedoch nur bei sehr umfangreichem Beobachtungsmaterial in der Lage, generalisierende Schlüsse zu ziehen, die, eben weil sie mittels der Statistik an einem so komplizierten Objekt gewonnen wurden, immer ein gewisses Maß an

Unsicherheit in sich tragen. „Das massenstatistische Verfahren erheischt als Grundlage eine möglichst große Häufung von Einzelfällen, der Gemeinschaftsarbeit bietet sich hier in der Zukunft ein weites Feld.“ (BEHRE und WEHRLE, 1944).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden zum größten Teil mit Hilfe der massenstatistischen Methode gewonnen. Das gesammelte Material ist zwar erheblich umfangreicher als das ebenso gelagerter, früherer Untersuchungen (HORNUNG 1959, SCHEELE 1952, RAABE 1951), doch können die bisher gemachten und noch folgenden ökologischen Angaben dieser Untersuchung ebenfalls naturgemäß nur Indiziencharakter beanspruchen. Sie bedürfen der Rektifizierung durch weitere Untersuchungen an anderen Fließgewässern und durch Kulturversuche mit den betreffenden Algenarten. Die nun folgende Abhandlung ausgewählter Faktorenkomplexe und der im Hinblick darauf gemachten, ökologisch bedeutsamen Beobachtungen muß in dieser Relativität gesehen werden.

1. Das Substrat

RAABE (1951) gelangte aufgrund ihrer Beobachtungen an ostholsteinischen Bächen zu der Ansicht, daß das Wachstum der Diatomeen von der Art des Substrates unabhängig sei. Auch SCHEELE (1952), der unter Einsatz des Hollerith-Verfahrens seine Proben aus dem Fuldagebiet verarbeitete und dabei 24 verschiedene Substratkategorien unterschied, konnte keine Substratgebundenheit der Diatomeen feststellen. HORNUNG (1959) dagegen beschreibt Diatomeenassoziationen für verschiedene Substrate (Steine, Moose, Kalkschlamm, Kalksand) und impliziert damit gewissermaßen eine Substratabhängigkeit.

Nach meinen Beobachtungen ist in der Tat bei genauer und anhaltender Durchforschung eines Standortes mit verschiedenen Substraten die Algenverteilung durchaus nicht so, daß man auf ein substratunabhängiges Vorkommen schließen könnte. So wurde z.B. *Cocconeis diminuta*, eine im Quellbereich häufige Besatzdiatomee, immer nur in schwacher Strömung auf Sandkörnern haftend beobachtet, jedoch nie auf natürlichen und künstlichen Steinen, Glasscherben und Holzstücken in unmittelbarer Nähe. Auch das Einbringen chemisch indifferenter, künstlicher Substrate in Form von Polyäthylenstreifen (vgl. S. 47), auf denen sich im Quellbach immer wieder verschiedene Diatomeenarten in Massen entwickelten, ohne daß auf den steinigen Substraten desselben Standortes auch nur Spuren einer solchen Vegetation zu entdecken gewesen wären, läßt die Annahme eines substratunabhängigen Diatomeenwachstums als sehr einschränkungsbedürftig erscheinen.

2. Die Strömung

Wie bereits ausgeführt (S. 14), wurden in dieser Untersuchung nur lotische Bereiche berücksichtigt. Allerdings war eine scharfe Abtrennung der Algen lentischer Biotope nicht möglich wegen der Vielzahl von strömungsarmen Kleinbiotopen, die sich in jedem natürlichen Fließgewässer ausbilden. Diese bieten auch denjenigen Algen Entfaltungsmöglichkeiten, die keine besonderen Hafteinrichtungen besitzen. Die Zahl der eigentlichen Fließwasserformen, die Stellen mit durchweg kräftig strömendem Wasser selbständig besiedeln und dort auch zur Vermehrung kommen, d.h. in größerer Häufigkeit auftreten, ist verhältnismäßig gering. Zu diesen gehören neben den genannten Rot- und

Grünalgen (*Batrachospermum moniliforme*, *Chantransia chalybea*, *Cladophora glomerata*, *Stigeoclonium tenue* und *Ulothrix zonata*) im Gebiet nur etwa 16 Diatomeenarten: *Achnanthes affinis*, *Achnanthes lanceolata*, *Amphora ovalis* var. *pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Cocconeis pediculus*, *Cymbella ventricosa*, *Diatoma vulgare*, *Gomphonema angustatum*, *Gomphonema olivaceum*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula gracilis*, *Navicula rhynchocephala*, *Navicula muralis*, *Meridion circulare*, *Synedra ulna* und die *Nitzschia-palea*-Gruppe. Mit Ausnahme von *Diatoma vulgare* zeigen alle diese Formen auch in sehr schwach bewegtem Wasser kräftiges Wachstum. Der höchste Grad an Strömungsindifferenz trat im Gebiet auf bei *Synedra ulna*; sie beherrschte — in mäßig verunreinigtem Wasser — eine Amplitude von 0,03 bis 1,5 m/sec.

Es ist somit unwahrscheinlich, daß (ausgenommen bei extrem starker Strömung) für das rheophile Verhalten der genannten Diatomeen die mechanisch-physikalische Komponente des Faktorenkomplexes Strömung entscheidend wirksam ist. Zumeist wird, unter Zugrundelegen des Minimumgesetzes, der „physiologische Sauerstoff- und Nährstoffreichtum“ des strömenden Wassers als der bedingende Faktor hingestellt (RUTTNER 1952, HORNING 1959). Nach HUSTEDT (1938/39) ist der größte Teil der in Fließgewässern wachsenden Diatomeenarten nicht eigentlich rheophil, sondern aerophil, „da er seine optimalen Lebensbedingungen in Standorten außerhalb des Wassers findet.“ (HUSTEDT, 1938/39).

Eine ganze Reihe der im sauerstoffreichen Oberlauf häufigen Arten zeigte jedoch im Gebiet eine Verbreitung, die dem widerspricht. Sie treten in bestimmten Regionen gerade dann vermehrt auf, wenn das Sauerstoffangebot hier besonders niedrig ist, so z.B. *Amphora ovalis*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella ventricosa* und *Melosira varians* in der Region V = Untersuchungsstelle 6 (s. die graphische Darstellung im Anhang). Ebenso wenig wäre es nach der HUSTEDT'schen Ansicht zu verstehen, daß diese Arten zu einer Zeit, in der sie im Oberlauf kräftig wachsen, nicht auch im Unterlauf erscheinen, wenn dort die Sauerstoffbilanz ebenso günstig ist (so neben den genannten Formen auch *Nitzschia dubia* und *Navicula peregrina*). Demnach müßten in strömenden Bereichen mit einem höheren Gehalt an organischer Substanz andere Faktoren eine Rolle spielen.

Wie immer wieder an ausgehängten Plastikfolien festgestellt werden konnte, ist auch in verhältnismäßig wenig eutrophierten Fließgewässern (z.B. in der Region II) die Zahl der auf allen erreichbaren Substraten haftenden, also mit den Algen konkurrierenden Bakterien überraschend hoch. Es ist daher möglich, daß mikrobielle Stoffwechselprodukte, die sich in strömendem Wasser nicht lokal und längere Zeit ansammeln können, auf viele Algen in höheren Konzentrationen toxische Wirkung haben. Das hieße mit anderen Worten: Rheophile und rheobionte Diatomeen kommen nicht deshalb in lotischen Biotopen häufiger vor, weil das strömende Wasser ihnen mehr Sauerstoff und mehr Nährstoffe zur Verfügung stellt, sondern weil weniger Hemmstoffe auf sie einwirken können. Die entscheidende Rolle spielt nicht ein Minimumfaktor (geringer Sauerstoffgehalt bzw. geringer Nährstoffgehalt) — ein solcher tritt in einem Fließgewässer des vorliegenden Typs vermutlich gar nicht auf — sondern ein Maximumfaktor (Konzentration von Hemmstoffen). Dieses wäre eine Möglichkeit, zu erklären, warum in Biotopen des strömenden Wassers das Algenwachstum in dem Maße vom Nährstoffgehalt und vom Sauerstoffgehalt unabhängig ist, wie es im Leerbach und in der Steinfurter Aa beobachtet wurde.

3. Temperatur

Wie HORNUNG (1959) feststellt, ist ein Erfassen von temperaturabhängigen Veränderungen des Vegetationsbildes nur in den Bereichen möglich, wo unabhängig von der Wassertemperatur und der Wasserführung ein hoher Sauerstoffsättigungswert vorliegt. Dieses trifft für die erste Jahreshälfte an den Untersuchungsstellen 1 bis 6 zu. Es ist auffällig, daß während der Isothermie im Frühjahr solche Arten, die im kaltstenothermen Quellbereich über längere Zeit hinweg gefunden werden, auch in den sommerwarmen, winterkalten Bachstrecken zur Entfaltung kommen. Wie die graphische Darstellung im Anhang zeigt, ist solches zu beobachten bei *Amphora ovalis*, *Meridion circulare*, *Navicula peregrina* und *Surirella ovata*. Andererseits schwankt gerade bei diesen Arten die Verbreitung im Quellbereich trotz konstanter Temperaturen ganz erheblich. Immerhin besteht die Möglichkeit, daß Faktoren, die sich mit der Temperatur ändern, während der Isothermie den abwärts getriebenen Algen länger erträgliche Bedingungen bieten als im Sommer oder Winter.

In der Echaz (schwäbisches Schichtstufenland) beobachtete HORNUNG (1959) bei anhaltenden Niederschlägen und einem Absinken der Wassertemperaturen um 2 bis 3 ° C im Sommer eine Wiederbelebung der Diatomeenvegetation. Derartige Erscheinungen wurden auch in der Steinfurter Aa und im Leerbach festgestellt. Es handelte sich dabei vor allem um die kleinen *Nitzschia*-Arten, die in den übrigen Jahreszeiten ebenfalls an den verschiedensten Stellen regellos zu einer Massenentfaltung kamen. Weitere Arten, wie *Amphora ovalis*, *Nitzschia sigmoidea*, *Navicula gracilis* und *Gomphonema olivaceum*, schritten selbst bei ausbleibenden Niederschlägen und ziemlich hohen Wassertemperaturen zu verstärkter Vermehrung, sobald über längere Zeit hinweg die direkte Sonneneinstrahlung ausblieb. Bevorzugt traten diese dann an schwach beleuchteten Stellen auf und bildeten braune Überzüge, die in ihrem Aspekt den im Frühjahr und Herbst beobachteten sehr nahe kamen. Es ist daher möglich, daß die HORNUNGschen und meine Beobachtungen nicht Temperaturschwankungen, sondern den Lichtverhältnissen zuzuschreiben sind.

Die einzige Vegetationsschwankung, die mit ziemlicher Sicherheit auf eine Temperaturänderung zurückzuführen ist, erfolgte in den ungewöhnlich kalten Monaten Januar und Februar 1963 an der Untersuchungsstelle 3. Gegenüber den Vormonaten und im Gegensatz zu den gleichen Monaten in 1962 und 1964 gingen die Besatzdiatomeen hier stark zurück. In der fraglichen Zeit sank hier die Wassertemperatur bei einer Außentemperatur von mitunter minus 25 ° C wiederholt bis nahe an den Nullpunkt. — Im übrigen war innerhalb der im Leerbach und in der Steinfurter Aa erfaßbaren Schwankungsbreite eine in Form einer Optimumskurve darstellbare Temperaturabhängigkeit des Algenwachstums nicht festzustellen.

4. Sauerstoffgehalt

HUSTEDT (1938/39, 1956) bezeichnet den Sauerstoffgehalt eines Gewässers neben der Wasserstoffionenkonzentration, dem Stickstoff- und dem Phosphorstandard als einen der wichtigsten ökologischen Faktoren. „Dieser kann für viele Formen leicht zum Minimumfaktor werden.“ (HUSTEDT, 1938/39). Nach Ansicht HORNUNGs (1959) wird der Sauerstoffgehalt zum bestimmenden ökologischen Faktor in Bereichen mit hohem Sauerstoffdefizit. Er weist hin auf Beobachtungen an *Nitzschia palea* und *Cladophora glomerata*, die auch in stark

verschmutztem Wasser nach einer Erhöhung des absoluten Sauerstoffgehaltes infolge Luftdurchmischung an Wehren zu starkem Wachstum befähigt sind. Fast die gleichen Erscheinungen zeigten sich bei den genannten Arten sowie bei *Stigeoclonium tenue* und *Vaucheria sessilis* in der Steinfurter Aa. Unter Bezugnahme auf das S. 52 Gesagte muß jedoch auch hier vermutet werden, daß der erhöhte Sauerstoffgehalt nur indirekt wirksam ist. Er verhindert bzw. vermindert das Ablaufen anaerober biologischer Prozesse, sodaß eine Ansammlung für das Algenwachstum schädlicher Stoffe unterbleibt. Überdies liegen Beobachtungen von FOGED (1947/48) vor, wonach in verunreinigten Flußstrecken das Sauerstoffdefizit keinerlei beschränkende Wirkung auf die Diatomeenflora hat und die Diatomeen sich den für ihre Atmung notwendigen Sauerstoff anders als in der Form freien Sauerstoffs aus dem Wasser besorgen können. Ein Blick auf die graphische Darstellung im Anhang liefert hierfür genügend Beispiele. Sie wurden zum Teil auf S. 52 erläutert. Ergänzend kann gesagt werden, daß *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala* und *Navicula gracilis* in der verunreinigten Zone in sauerstoffreichem wie in sauerstoffarmem Wasser gleichermaßen wachsen. *Melosira varians* kam an der Untersuchungsstelle 6 in der Zeit stark verringerten Sauerstoffgehalts sogar zur Massentfaltung. — Wenn der Sauerstoffgehalt als Minimumfaktor bzw. als „bestimmender ökologischer Faktor“ wirksam gewesen wäre, hätte sich das wenigstens im Mittellauf (Untersuchungsstellen 4, 5 und 6) mit seinen schwankenden Meßwerten in den Algenvorkommen widerspiegeln müssen. Dieses ist nicht der Fall.

5. Abwässer

Das Saprobiensystem teilt die Organismen ein nach ihrer Resistenz gegen fäulnisfähige Stoffe bzw. nach der Menge der in dem von ihnen besiedelten Gewässer enthaltenen organischen Stoffe. Diese Typenreihe hat sich in der Praxis oft bewährt. Wie sich in neueren Arbeiten zeigt (s. insbes. ELSTER 1962), geht es auch hier ohne Einschränkungen nicht ab. „Die im Saprobiensystem als Leitformen für verschiedene Verunreinigungsgrade genannten Organismen sollten sich durch eine möglichst enge Abhängigkeit von den durch die Verunreinigungen gegebenen Umweltbedingungen auszeichnen. Da jedoch der Begriff der Verunreinigung die verschiedensten ökologischen Faktoren umfaßt, von denen der Sauerstoffmangel nur eine der häufigsten immer wieder auftretenden Erscheinungen ist, läßt sich von vornherein erwarten, daß auch die sogenannten Leitformen keine absolut starre Bindung an das Saprobiensystem zeigen.“ (HORNUNG 1959). Es ist zu berücksichtigen, daß auch den nicht industriell beeinflussten Fließgewässern heute neben den „gewohnten“, biologisch abbaufähigen Stoffen in steigendem Maße anderweitige Substanzen aus den Haushaltungen (z. B. Waschmittel) und landwirtschaftlichen Betrieben (z. B. Pflanzenschutzmittel) zugeführt werden. Weiterhin müssen die oben beschriebenen Schwankungen in der Wasserführung und deren Folgen die Einteilung eines Fließgewässers nach Saprobienregionen stark relativieren. Inwieweit eine biologische Beurteilung des Verunreinigungsgrades wenigstens mit statistischen Mitteln bei der Steinfurter Aa und beim Leerbach möglich ist, zeigt die folgende, nach der Tabelle auf S. 24 zusammengestellte Übersicht. Sie enthält (in Anlehnung an HORNUNG 1959) für jeden Bach- und Flußabschnitt die 15 häufigsten Diatomeenarten mit Angabe der (in krassen Fällen korrigierten) Stellung im Saprobiensystem und dem jeweiligen Häufigkeitsindex. (Zeichen: os = oligosaprob, ms = mesosaprob, a = alpha, b = beta, ind = indifferent; Zahlen = Häufigkeitsindizes.)

I. Quellbereich, katharob. (Untersuchungsstellen 1 und 2)

<i>Cocconeis diminuta</i> Pant.	os	54
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.	os	34
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	ind	34
<i>Navicula peregrina</i> (Ehr.) Kütz.	ind	25
<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith	os	22
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	bms	23
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i> Kütz.	os	26
<i>Achnanthes lanceolata</i> Bréb.	os	18
<i>Achnanthes affinis</i> Grun.	ind	18
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	ind	14
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	ind	13
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabh.	ind	12
<i>Meridion circulare</i> Ag.	os	7
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	ind	6

II. Eutrophierter Quellbach, oligosaprob. (Untersuchungsstelle 3)

<i>Achnanthes affinis</i> Grun.	ind	32
<i>Melosira varians</i> Ag.	bms	29
<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith	os	29
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	ind	29
<i>Nitzschia palea</i>	ams	28
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i> Kütz.	os	26
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	ind	24
<i>Cocconeis diminuta</i> Pant.	os	25
<i>Meridion circulare</i> Ag.	os	21
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	os	22
<i>Cymbella ventricosa</i> Kütz.	bms	16
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	ind	14
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	bms	12
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	bms	12
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	bms	12

III. Bach mit häuslichen Abwässern, alphaoligosaprob bis betamesosaprob. (Untersuchungsstellen 4 und 5).

<i>Surirella ovata</i> Kütz.	bms	47
<i>Nitzschia palea</i>	ams	46
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	ind	42
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	bms	31
<i>Achnanthes affinis</i> Grun.	ind	30
<i>Navicula reinhardtii</i> Grun.	ind ?	26
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	ind	25
<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith	os ?	24
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	bms	23
<i>Cymbella ventricosa</i> Kütz.	bms	21
<i>Achnanthes lanceolata</i> Bréb.	os ?	20
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	ind	16
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	os ?	16
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	ind	14
<i>Navicula integra</i> (W. Smith) Ralfs	ind	12

IV. Bach mit häuslichen und industriellen Abwässern, betamesosaprob. (Untersuchungsstelle 6).

<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	ind	67
<i>Nitzschia palea</i>	ams	48
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	bms	28
<i>Achnanthes affinis</i> Grun.	ind	27
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	os ?	26
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	bms	21
<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith	os	20

<i>Achnanthes lanceolata</i> Bréb.	os	16
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	bms	16
<i>Navicula gracilis</i> (Ehr.) Kütz.	ind	16
<i>Navicula peregrina</i> (Ehr.) Kütz.	ind	16
<i>Melosira varians</i> Ag.	bms	14
<i>Meridion circulare</i> Ag.	os ?	14
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	ind	11
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	ind	10

V. Industriell stark verunreinigter Fluß, betamesosaprob.
(Untersuchungsstelle 7).

<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	bms	66
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	ind	62
<i>Nitzschia palea</i>	ams	57
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	ind	44
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	ind	35
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Grun.	ind	31
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	os ?	23
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	bms	22
<i>Navicula cuspidata</i> Kütz.	ind	22
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	bms	19
<i>Achnanthes lanceolata</i> Bréb.	os	18
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	ind	15
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	bms	10
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i> Kütz.	os	9
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) Cleve	ind	9

VI. Durch industrielle und städtische Abwässer stark verunreinigter
Fluß, betamesosaprob bis alphamesosaprob. (Untersuchungsstelle 8).

<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	bms	38
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	ind	28
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Grun.	ind	18
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	ind	14
<i>Nitzschia palea</i>	ams	14
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	bms	12
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	bms	6
<i>Navicula muralis</i> Grun.	ind	5
<i>Achnanthes lanceolata</i> Bréb.	os ?	3
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i> Kütz.	os	3
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) Cleve	ind	3
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	bms	3
<i>Navicula cuspidata</i> Kütz.	ind	2
<i>Navicula peregrina</i>	ind	2

Die Summen der Häufigkeitsindizes für die Arten des Saprobien-systems sind, nach Regionen getrennt, aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

	Regionen					
	I	II	III	IV	V	VI
oligosaprobe Arten	168	123	60	76	50	6
betamesosaprobe Arten	23	81	122	79	117	59
alphamesosaprobe Arten	—	28	46	48	57	14
indifferente Arten	124	99	165	131	218	69

Dieser Zusammenstellung nach ist eine Relation zwischen Verschmutzungs-grad und Verteilung der Arten des Saprobien-systems in den Regionen I bis III (Untersuchungsstellen 1 bis 5) erkennbar. Die oligosaproben Formen nehmen bei ansteigendem Verschmutzungsgrad ab, die mesosaproben nehmen zu. Sobald industrielle Abwässer hinzukommen (Region IV, Untersuchungsstelle 6), ergeben

sich Unstimmigkeiten. Trotz gesteigerter Verschmutzung (verringertes Sauerstoffgehalt und stark erhöhter Permanganatverbrauch) nehmen die oligosaprobien Formen zu und die mesosaprobien sogar erheblich ab. Ein Vergleich der Zahlenwerte für die Regionen V und VI ergibt ebenfalls Widersprüche. Ähnlich negative Ergebnisse bei der Anwendung des Saprobien-systems auf verschiedene Gewässertypen hatte ELSTER (1962).

Mögliche Gründe dafür wurden oben bereits angedeutet: Das von KOLKWITZ und MARSSON 1908 aufgestellte und von KOLKWITZ 1950 und LIEBMANN 1951 überarbeitete Saprobien-system bezieht sich auf Verhältnisse, wie sie heute, nach einer explosiven industriellen Entwicklung in den letzten zwei Jahrzehnten und einer stetig sich wandelnden und weiter um sich greifenden zivilisatorischen Beeinflussung der natürlichen Gewässer, nicht mehr gegeben sind. Sein Anwendungsgebiet ist beschränkt auf solche Fälle, in denen die Verunreinigung auf fäulnisfähige Substanzen zurückzuführen ist, die nach verhältnismäßig kurzer Zeit zu ungiftigen Stoffen abgebaut werden.

6. Wasserstoffionenkonzentration

Wie bekannt, haben die Kieselalgen und auch die übrigen Algengruppen arten- wie mengenmäßig ihre Hauptverbreitung im alkalisch reagierenden Wasser. Da im Leerbach und in der Steinfurter Aa die pH-Werte praktisch alle über dem Neutralpunkt liegen, ergeben die vorliegenden Beobachtungen keine wesentlichen ökologischen Anhaltspunkte. Lediglich an den Untersuchungsstellen 6, 7 und 8 könnten die starken Überhöhungen und Schwankungen ein Grund für das Fehlen einer Reihe von Arten sein. Bei den dort häufiger gefundenen Algen traten aber keine Parallelschwankungen auf.

Nach wie vor herrscht Unklarheit darüber, ob der pH-Wert algenökologisch nur ein bedingter, auf andere Ursachen zurückzuführender oder ein eigenständiger, bedingender Faktor ist bzw. dazu werden kann. Arbeiten, die sich speziell mit dem pH-Wert befassen, wie die von WEHRLE (1927) und BEHRE (1939) haben zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt. Während WEHRLE Gewässer mit unterschiedlichen pH-Werten und übereinstimmenden Nährstoffgehalten untersuchte und Zusammenhänge zwischen dem pH und dem Vorkommen gewisser Algen sah, stellte BEHRE an anderen Gewässern mit gleichem pH, aber unterschiedlichem Trophiegrad fest, daß hier die gleichen und auch andere Algenarten nicht auf bestimmte pH-Stufen, sondern auf verschiedene Nährsalzkonzentrationen ansprachen. Die von BEHRE und WEHRLE in einer Gemeinschaftsarbeit (1944) vorgeschlagene Methode, derartige Widersprüche so zu einer Synthese zu bringen, daß man die zur Diskussion stehenden Faktoren zu einem „zellphysiologischen Wirkkombinat“ vereinigt, welches die Permeabilitätslage der Algenzellen in bestimmter Weise beeinflußt und auf diese Weise selektiv tätig ist, hat in der Nachkriegsliteratur keine nachweislichen Auswirkungen gehabt.

7. Härte, Alkalinität, Chloridgehalt

Der Gesamthärtegrad und die Alkalinität sind an allen Untersuchungsstellen durchgängig hoch. Die im Unterlauf gemessenen geringen Schwankungen schlagen sich erwartungsgemäß nicht im Algenvorkommen nieder. Für die Diatomeen liegt nach HUSTEDT (1956) in den Tropen das Optimum der Entwicklung bei einer Alkalinität von 1 bis 1,6, „eine wesentliche Abnahme beginnt jedoch erst

bei einer Alkalinität von etwa 3°. Also ist der Durchschnittswert von 5 im Gebiet recht hoch und könnte für die gegenüber manchen süddeutschen Flüssen (z.B. WEHRLE 1942) geringere Artenzahl verantwortlich gemacht werden. Andererseits liegt die obere Grenze für Diatomeen in den Tropen bei Alkalinität = 15, und die „meisten Diatomeen erweisen sich gegenüber Alkalinitätsschwankungen in weiten Grenzen als indifferent“. (HUSTEDT, 1956).

Der Chloridgehalt ist dagegen überall niedrig und entspricht der oligohaloben Stufe. Er übersteigt nur im Unterlauf bei sehr geringer Wasserführung den von KOLBE (1932) angegebenen Grenzwert von 5 mg/l. Die Schwankungsbreite innerhalb des Gebiets ist so gering, daß sich das vorliegende Material nicht generell mit dem von KOLBE aufgestellten und von HUSTEDT (1956) modifizierten Halobien-system in Verbindung bringen läßt. Wie bei HORNING (1959), der in der salzarmen Echaz Diatomeen fand, die nach den bisherigen Angaben bereits in die mesohalobe Stufe des KOLBE-HUSTEDTschen Halobien-systems eingereiht werden, traten im salzarmen Oberlauf und der Quelle des Leerbachs (Chloridgehalt ca. 2,7 mg/l) derartige Formen häufig und sogar massenhaft auf. Hierzu gehören (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit): *Navicula peregrina*, *Navicula integra*, *Caloneis amphibaena*, *Nitzschia dubia*, *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, *Navicula gregaria* und im Unterlauf *Navicula pygmaea*. RAABE (1951) beobachtete das Auftreten von Salzwasserformen in chloridarmen Biotopen der mesosaprobien Zone. HORNING (1959) macht für seine Befunde in der Echaz die hohe Alkalinität (etwa 4,5) verantwortlich. Das könnte man nach dem noch etwas höheren Wert der Steinfurter Aa und des Leerbachs auch hier tun. — Es zeigt sich jedenfalls — wie schon beim Saprobien-system und bei der pH-Reihe — daß die Gliederung der Gewässer in Typen-reihen unter Hervorheben eines einzelnen Faktors zwar dem Eindringen in die Mannigfaltigkeit der Umweltbedingungen förderlich ist, aber in seiner Begrenzung gesehen werden muß und der ständigen Überprüfung und Verfeinerung bedarf.

8. Der Gehalt an Eisen, Ammoniak, Phosphaten und Nitraten

CZURDA fand bereits 1934, daß selbst erhebliche Schwankungen des Phosphor-, Eisen-, Ammonstickstoff- und Nitratgehalts in den von ihm längere Zeit hindurch untersuchten Gewässern keinen Einfluß auf die Algenbesiedlung hatten. Ganz entsprechende Feststellungen trifft BUDDE (1944) nach der Untersuchung der Gewässer (auch Fließgewässer) im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“. Wie eine genauere Betrachtung der graphischen Darstellung im Anhang zeigt, ist dieses auch bei den Algen des Leerbachs und der Steinfurter Aa der Fall. Bei Schwankungen im Gehalt des Wassers an einem der genannten und auch anderen Stoffen lassen sich keine synchronen Schwankungen im Vorkommen einer Algen-art erkennen. Ferner treten, wie sich besonders deutlich im Quellbach zeigte, bei konstanten hydrochemischen Werten sehr starke Verschiebungen in der Algen-besiedlung auf. Ebenso wurden an den übrigen Untersuchungsstellen immer wieder kurzfristige Massenentwicklungen registriert, ohne daß sich in dieser Zeit die genannten Faktoren geändert hatten.

Die einzigen hydrochemischen Einflüsse auf die Algenflora sind dort zu erkennen, wo sehr hohe Meßwerte vorliegen. In diesem Falle werden bestimmte Formen ausgeschaltet. Das läßt sich am Beispiel des Ammoniakgehalts belegen (s. Anhang): Es fehlt *Nitzschia acicularis* an den Untersuchungsstellen 6, 7 und 8

in den „ammoniakreichen“ Monaten, in der übrigen Zeit ist sie dort häufig vertreten. Das gleiche trifft in weniger ausgeprägter Form zu für einige andere Diatomeenarten, wie *Cymbella ventricosa*, *Nitzschia dubia* und *Surirella ovata*.

Auf die eben erwähnten Schwankungen in der Vermehrung der Quellbachalgen sei noch in einem anderen Zusammenhang hingewiesen: Gerade dann, wenn Stoffe, die oft als Minimumfaktoren in der Natur angesehen werden (wie z. B. Phosphate), in sehr geringen Mengen vorhanden sind, haben die Algen dieses Biotops eine sehr ausgeprägte Entwicklungsspitze. In der Zeit, in der diese Stoffe in etwas höheren Konzentrationen auftreten, hat das Algenwachstum seinen Tiefpunkt. So erhebt sich die Frage, ob es angebracht ist, die Ursachen für die Algenverbreitung in sogenannten Minimumfaktoren zu suchen. In der algenökologischen Literatur wird immer wieder von der Wirksamkeit solcher Minimumfaktoren ausgegangen. Zugrunde liegt wohl der zunächst sehr einleuchtende, aber in seiner Anwendbarkeit auf die Algenvorkommen der Fließgewässer keineswegs bewiesene oder auch nur wahrscheinlich gemachte Grundsatz, daß für jede Algenart und für jeden Faktor entsprechende Optimumskurven aufgestellt werden können. Wenn solches zuträfe, müßte bei der Erfassung von Algenvorkommen und Umweltfaktoren nach dem massenstatistischen Verfahren ein gewisses Maß an Proportionalität in Erscheinung treten, selbst wenn die Schwankungsbreite der Faktoren gering wäre oder viele der im untersuchten Biotop vorkommenden Arten sehr flache Optimumskurven hätten. Die im Zuge dieser Arbeit angestellten Untersuchungen und Überlegungen lassen zumindest an der Allgemeingültigkeit einer solchen Vorstellung starke Zweifel aufkommen.

X. ZUSAMMENFASSUNG

1. Nach Erörterung der wichtigsten im Untersuchungsgebiet herrschenden Umweltbedingungen werden die im Laufe von 10 Jahren an verschiedenen, von der Quelle bis zum Unterlauf sich erstreckenden, ökologisch deutlich unterscheidbaren Biotopen gefundenen Algenassoziationen und Aspektfolgen des Leerbachs und der Steinfurter Aa beschrieben.

2. In den lotischen Bereichen der beschriebenen Standorte wurden insgesamt etwa 145 Algenarten gefunden, davon 95 aus der Gruppe der Diatomeen, deren Variationen meist nicht gesondert aufgeführt worden sind. Der Grund für die gegenüber süddeutschen Flüssen geringere Artenzahl dürfte in der geologischen Einförmigkeit des Gebietes und in dem hohen Karbonatgehalt des Wassers zu suchen sein.

3. Im Mittel- und Unterlauf bewirken Abwässer der Textilindustrie eine radikale Minderung der Algenvorkommen. In der Region V (Untersuchungsstelle 7) finden nur noch 20 Algenarten erträgliche Lebensbedingungen. Von ihnen verschwinden die meisten, sobald die Wasserführung nachläßt. Der gleichzeitigen Einwirkung industrieller und städtischer Abwässer (Region VI, Untersuchungsstelle 8) sind selbst während der wasserreichen Jahreszeit lediglich 11 Algenarten gewachsen. Diese kommen fast ausschließlich an aerischen Standorten vor.

4. Das Gesamtverzeichnis aller gefundenen Arten (S. 25 ff.) enthält neben Angaben über Fundorte und Häufigkeit im Untersuchungsgebiet die bisher erkennbaren, durch Hinzuziehen der Angaben anderer Autoren vervollständigten ökologischen Daten. Unterschiedliche und einander widersprechende

Beobachtungen wurden bei den betreffenden Arten besonders vermerkt. — Abgesehen von den sehr selten in der Quelle gefundenen Diatomeen *Surirella delicatissima* und *Caloneis alpestris* fehlen die z.B. in der Echaz, im Fuldagebiet und im Schwarzwald häufigen montanen Arten *Ceratoneis arcus* Kütz., *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heiberg, *Fragilaria virescens* Ralfs, *Achnanthes linearis* W. Smith und *Hydrurus foetidus* Kirchn.. Weitere in anderen Fließgewässern Deutschlands häufige, hier aber fehlende Arten sind *Achnanthes minutissima* Kütz., *Nitzschia linearis* W. Smith, *Rivularia haematites* Ag. sowie die Rhodophyceen *Lemanea fluviatilis* Ag. und *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) Bréb.. — Im Gebiet häufige, für andere Flüsse als selten oder fehlend angegebene Vertreter sind: *Achnanthes affinis*, *Caloneis amphisbaena*, *Navicula peregrina*, *Nitzschia dubia*, *Cocconeis diminuta*, *Achnanthes clevei* und *Fragilaria intermedia*.

5. In dem salzarmen Leerbach treten mehrere, nach dem Halobiensystem (KOLBE 1927) als mesohalob geltende Arten häufig, zum Teil sogar in Massen auf. Die Beurteilung des Verschmutzungsgrades eines Gewässers nach dem Saprobiensystem (KOLKWITZ 1950) wird unsicher, sobald industrielle Abwässer in größeren oder kleineren Mengen in das Wasser gelangt sind.

6. Eine Gegenüberstellung der hier ermittelten ökologischen Meßwerte und der entsprechenden Algenvorkommen (Anhang) läßt erkennen, daß bei der im Gebiet vorliegenden Schwankungsbreite der Faktoren keine Proportionalität im Sinne einer Optimumskurve zwischen beiden besteht.

7. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Saisonmaxima der Diatomeen geschenkt. Mit Hilfe einer auf S. 47 beschriebenen Methode zur quantitativen Erfassung von Besatzdiatomeen des Fließwassers gelang der Nachweis, daß bei gewissen Arten in der Quellregion die jahreszeitlichen Entwicklungsmaxima in ihrem Auftreten von der Temperatur, von den hier erfaßten Komponenten des Wasserchemismus und von der absoluten Lichtmenge unabhängig sind.

XI. LITERATURVERZEICHNIS

- Arnold, H., Bode, H., Wortmann, H.: Erläuterungen zu Blatt Münster C 4310 A. Geologische Karte. Krefeld 1960.
- Behre, K.: Die Algenbesiedlung der Truper Blänken bei Bremen. Abh. Nat. Ver. Bremen 31, 1939.
- Behre, K. und Wehrle, E.: Welche Faktoren entscheiden über die Zusammensetzung von Alngesellschaften? — Arch. Hydrobiol. 39, 1942.
- Budde, H.: Die Algenflora des Sauerländischen Gebirgsbachs. — Verh. d. Naturhist. Ver. d. Preuß. Rheinl. u. Westf. 84, 1927.
- Die Rot- und Braunalgen des Westfälischen Sauerlandes. — Ber. dt. Bot. Ges. 45, 3, 1927.
- Die Algenflora der Ruhr. — Arch. Hydrobiol. 21, 1930.
- Die mesohaloben und halophilen Diatomeen der Lippe in Westfalen. — Ber. dt. Bot. Ges. 48, H. 9, 1930.
- Die Algenflora Westfalens und der angrenzenden Gebiete. — Verh. Nath. Ver. d. Preuß. Rhl. u. Westf. 101 AB., 1942.
- Brehm, V.: Einführung in die Limnologie. — Biol. Studienbücher X, Berlin 1930.
- Butcher, R. W.: Studies in the Ecology of Rivers II: The Microflora of Rivers with Special Reference o the Algae of the River Bed. — Ann. of Bot. 46, 1946.
- Carter, H. J.: On the Structure of Hildenbrandia fluviatilis Bréb.. — Journ. of Bot. British & Foreign 2, London 1864.
- Czensny, R.: Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. Leipzig 1961.
- Czurda, V.: Chemisch-biologische und experimentelle Untersuchungen natürlicher Gewässer und ihrer Organismengesellschaften. — Deutsche Forschg. (Notgem. d. Wiss.) 23, 1934.
- Dippel, L.: Diatomeen der Rhein-Main-Ebene. Braunschweig 1904.
- Elster, H. J.: Seotypen, Fließgewässertypen und Saprobiensystem. — Int. Rev. ges. Hydrobiol. 47, 1962.

- Engelhardt, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Stuttgart 1955.
- Einheitsverfahren: Deutsche E. zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Weinheim 1960.
- Fjordingstad, E.: The Microflora of the River Möllea. — *Folia Limnologica Scandinavica* 5, Kopenhagen 1950.
- Foged, N.: Diatoms in Water Courses in Fünen I—IV. — *Dansk Bot. Arkiv* 12, 1947/48.
- The Diatom Flora in some Danish Springs. — *Natura Jurlandica* 4, Aarhus 1951.
- Fritsch, F. E.: The Structure and Reproduction of the Algae. Cambridge 1935/1948.
- Calcareous Concretions in a Cambridgeshire Stream. — *Nature* 157, 1964.
- Algae and Calcareous Rocks. — *The Adv. Sci.* VII, 25, 1950.
- Gessner, F.: Die Phosphorarmut der Gewässer und ihre Beziehungen zum Kalkgehalt. — *Int. Rev. ges. Hydrob. Hydrograph.* 38, 1939.
- Hydrobotanik. — Berlin 1955.
- Hopkins, J. T.: A Study of the Diatoms of the Ouse Estuary, Sussex. — *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 43, 1963.
- Hornung, H.: Floristisch-ökologische Untersuchungen an der Echaz unter besonderer Berücksichtigung der Verunreinigung durch Abwässer. — *Arch. Hydrob.* 55, 1959.
- Husmann, W.: Chemische und biologische Auswirkungen der Abwasserbelastung des Rheins und Feststellung der Minderung seiner Selbstreinigungskraft. — *Forsch. ber. NRW* 1136, 1963.
- Hustedt, F.: Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra. — *Arch. Hydrob. Suppl.* 15/16, 1938/39.
- Aerophile Diatomeen in der nordwestdeutschen Flora. — *Ber. dt. Bot. Ges.* 60, 1, 1942.
- Diatomeen aus der Umgebung von Abisko in Schwedisch-Lappland. — *Arch. Hydrob.* 39, 1944.
- Kieselalgen (Diatomeen). Stuttgart 1956.
- Israelson, G.: The Freshwater Florideae of Sweden. — *Symbolae Botanicae Uppsaliensis* 6, 1, 1942.
- Jaag, O.: Die Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins von Stein bis Eglisau. — *Mitt. Natf. Ges. Schaffhausen* 14, 1, 1938.
- Jürgensen, Ch.: Die Mainalgen bei Würzburg. *Arch. Hydrobiol.* 28, 1935.
- Kann, E.: Ökologische Untersuchungen an Litoralalgen ostholsteinischer Seen. — *Arch. Hydrobiol.* 37, 1940.
- Krustensteine in Seen. — *Arch. Hydrob.* 37, 1941.
- Krustenalgen in Alpenbächen. *Arch. Hydrob.* 40, 1943.
- Die eulitorale Algenzone im Traunsee (Oberösterreich). — *Arch. Hydrob.* 55, 1959.
- Klut, H. — Olszewski, W.: Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1945.
- Kolbe, R.: Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen. — *Ergebn. Biol.* 8, 1932.
- Kolkwitz, R. und Marsson, M.: Ökologie der pflanzlichen Saprobien. — *Ber. dt. Bot. Ges.* 26 a, 1908.
- Kolkwitz, R.: Ökologie der Saprobien. — *Schriftenr. Ver. f. Wasser-, Boden- und Luft-hygiene* 4, 1950.
- Koppe, F.: Die Rotalge *Hildenbrandia rivularis* in Norddeutschland. — *Schr. f. Süßwasser- und Meereskunde* 1923, H. 5.
- Kuchar, K. W.: Bakterien und Sauerstoff in Kleingewässern. — *Arch. Hydrobiol.* 44, 1951.
- Kurz, A.: Grundriß einer Algenflora des appenzellischen Mittel- und Vorderlandes. — *Jahrb. Natw. Ges. St. Gallen* 58, II 1922.
- Liebmann, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. München 1951/54.
- Limanowska, H.: Die Algenflora der Limmat. — *Arch. Hydrobiol.* 7, 1912.
- Maucha, R.: Hydrochemische Halbmikrofeldmethoden. — *Arch. Hydrob.* 41, 1947.
- Pia, I.: Die Kalkbildung durch Pflanzen. — *Beih. Bot. Cbl.* 52 A, 1934.
- Panknin, W.: Zur Entwicklungsgeschichte der Algensoziologie und zum Problem der „echten“ und „zugehörigen“ Algengesellschaften. — *Arch. Hydrobiol.* 41, 1945.
- Pringsheim, E. G.: Pure Cultures of Algae. Their Preparation and Maintenance. — Cambridge 1949.
- Raabe, H.: Die Diatomeenflora der ostholsteinischen Fließgewässer. — *Arch. Hydrobiol.* 44, 1951.
- Roll, H.: Pflanzensoziologische Methoden in der Limnobotanik. — *Arch. Hydrobiol.* 41, 1947.
- Ruttner, F.: Grundriß der Limnologie. — Berlin 1952.
- Scheele, M.: Systematisch-ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora der Fulda. — *Arch. Hydrob.* 46, 1952.
- Scherb, K.: Die Abwässer der Textilindustrie und ihre Reinigung. — *Jb. f. d. Textilgew.*, Sonderdruck, Herford 1961.
- Schlüter, M.: Die Diatomeengesellschaften des Naturschutzgebietes Strausberg bei Berlin. Versuch einer limnosozologischen Analyse von Kleinalgenstandorten eines Niedermoorgebietes. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 46, 1961.

- Schmidt, P.: Morphologie und Biologie der *Melosira varians* mit einem Beitrag zur Mikrosporenfrage. — Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr. 11, 1922.
- Schnieder, E.: Untersuchungen über die Algenflora der Steinfurter Aa (westl. Münsterland, Westf.). — Abh. Landesmus. Natk. Münster/Westf. 20, 2, 1958.
- Sládeková, A.: Limnological investigation methods for the periphyton community. — Bot. Rev. (N. Y.) 28, 1962.
- Schroeder, H.: Die Algenflora der Mulde, ein Beitrag zur Biologie saprober Flüsse. — Pflanzenforsch. H. 21, 1939.
- Sperling, W.: Erläuterungen zum Verzeichnis der Flächeninhalte der Niederschlagsgebiete der Ems, der Küstenflüsse zwischen Weser und Ems und der Zuflüsse zum Ijsselmeer im deutschen Grenzgebiet zwischen Ems und Rhein. — Münster 1957.
- Steinecke, F.: Der Süßwassersee. — Heidelberg 1940.
- v. Stosch, F.: Formwechsel der Diatomee *Achnanthes longiceps* in Abhängigkeit von der Ernährung mit besonderer Berücksichtigung der Spurenstoffe. — Ber. dt. Bot. Ges. 60, 1942.
- Thienemann, A.: Grundzüge einer allgemeinen Ökologie. — Arch. Hydrobiol. 35, 1939.
- Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. — In: Die Binnengewässer, Bd. 18, Stuttgart 1950.
- Die Binnengewässer in Natur und Kultur. — Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955.
- Uspenski, E. E.: Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. — Pflanzenforschung H. 9, 1927.
- Wehrle, E.: Studien über H⁺-Ionenkonzentrationsverhältnisse und Besiedlung von Algenstandorten in der Umgebung von Freiburg i. Br.. — Z. f. Bot. 19, 1927.
- Algen in Gebirgsbächen am Südostrande des Schwarzwaldes. Beitr. Natkl. Forsch. i. Oberrheingebiet, 7, 1942.
- Weimann, R.: Über sinnfällige Einwirkungen des Abwassers auf Wasserläufe und Böden. — Wasser und Nahrung H. 2, 1955.
- Wundt, W.: Gewässerkunde. — Heidelberg 1953.

Zur Bestimmung benutzte Literatur:

- Brand, F.: Über *Chantransia* und die einschlägigen Formen der bayrischen Hochebene. — Hedwigia 36, 1897.
- Fortpflanzung und Regeneration von *Lemanea fluviatilis*. — Ber. dt. Bot. Ges. 14, 1896.
- Donat, A.: Zur Kenntnis der Desmidiaceen des nordwestdeutschen Flachlandes. — Pflanzenforschung H. 5, 1926.
- Fritsch, F. E.: The lime-encrusted *Phormidium* Community of British Streams. — Verh. Int. Ver. Limnol. X, 1949.
- Geitler, L.: Über neue oder wenig bekannte, interessante Cyanophyceen aus der Gruppe der Chamaesiphonaceen. — Arch. f. Protistenkunde 51, 1925.
- Gemeinhardt, K.: Die Gattung *Synedra* in systematischer, cytologischer und ökologischer Beziehung. — Pflanzenforschung H. 7, 1926.
- Goetz, H.: Zur Systematik der Gattung *Vaucheria* DC. — Flora 83, 88, 1897.
- Hawlitzschka, E.: Die Heterokontengattung *Tribonema*. — Pflanzenforschung H. 15, 1932.
- Hustedt, F.: Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete = Rabenhorst, Kryptogamenflora von Deutschland etc. Bd. VII, alle verfügbaren Lieferungen. 1931—1962.
- Bacillariophyta (Diatomeae). H. 10 der Süßwasserflora Mitteleuropas von Pascher. Jena 1930.
- Lindau — Melchior, Kryptogamenflora. Alle in Frage kommenden Bände. Berlin 1926—1930.
- Luther, H.: Über Krustenbewuchs an Steinen fließender Gewässer, speziell in Südfinnland. — Acta Botanica Fennica 55, 1954.
- Migula, W.: Kryptogamenflora. Bd. 2 und 3.
- Oltmanns, F.: Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1923.
- Pascher, A.: Die Süßwasserflora Mitteleuropas. Alle in Frage kommenden Hefte.
- Rabenhorst, L.: Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz etc.. Die in Frage kommenden Bände.
- Skuja, H.: Untersuchungen über die Rhodophyceen des Süßwassers. — Beih. Bot. Cbl. 52 B, 1934.
- Siridot, S.: Les Batrachospermes. Organisation, Fonctions, Développement, Classification. Paris 1884.

Anschrift des Verfassers: Dr. Ernst Schnieder, 443 Burgsteinfurt, Wesselingstr. 17.

Gegenüberstellung der hydrographischen Werte und der Algenvorkommen

(Schraffierte Säulen = Interpolierte bzw. auf Grund der Messungen an anderen Untersuchungsstellen geschätzte Werte)

