

# DECHENIANA

---

Beihefte

22.

NORBERT SALDEN †

Beiträge zur Ökologie der Diatomeen  
(Bacillariophyceae) des Süßwassers

Im Selbstverlag des Naturhistorischen Vereins  
B o n n

Herausgeber: Naturhistorischer Verein der Rheinlande und Westfalens  
Adenauerallee 162, D-5300 Bonn 1

Schriftleitung im Auftrage des Vorstandes:  
Prof. Dr. Hartmut BICK, Institut für Landwirtschaftliche Zoologie  
und Bienenkunde der Universität, Melbweg 42, D-5300 Bonn 1  
(unter Mitarbeit von Dr. habil. Käthe KÜMMEL, Schwabenstr. 10,  
D-7129 Brackenheim)

Für die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Arbeiten  
sind deren Verfasser allein verantwortlich

## Vorwort des Herausgebers

Im Jahre 1971 erläuterte mir Norbert SALDEN, damals als Biologe beim Aggerverband im Oberbergischen Kreis tätig, erstmalig seinen Plan, eine umfassende Arbeit über die Autökologie der Süßwasserdiatomeen zu schreiben. Mit Prof. Dr. Maximilian STEINER, dem damaligen Schriftleiter der Decheniana, wurden erste Kontakte über eine mögliche Publikation als Decheniana-Beiheft aufgenommen. In der Hoffnung auf baldigen, erfolgreichen Abschluß seiner Arbeit begann Norbert SALDEN die Abfassung des Manuskriptes; aber es war ihm nicht vergönnt, die in jahrelanger, intensiver Tätigkeit gesammelten Daten vollständig auszuwerten und sein Lebenswerk zu vollenden. Norbert SALDEN verstarb im Sommer 1976.

Auf Bitten der Gattin des Verstorbenen übernahm ich die Herausgabe des nachgelassenen Manuskriptes. Diese Tätigkeit, die ich aus Verbundenheit mit Norbert SALDEN gerne übernahm, beschränkte sich auf redaktionelle Dinge. Noch nicht ausgewertetes Datenmaterial konnte keine Berücksichtigung finden; so erklärt es sich, daß die autökologische Besprechung der Diatomeenarten bei der Gattung Nitzschia endet. Die restlichen Arten, die von Norbert SALDEN im Gewässersystem der Agger nachgewiesen wurden, habe ich in Form einer Artenliste mit Fundortangaben zusammengestellt.

Dank gebührt allen, die bei der Herausgabe der Arbeit geholfen haben: Manuela ROTSAHL und Marianne MEIERTOBEREND übernahmen die Reinschrift des zum großen Teil handschriftlich vorliegenden Manuskriptes; Petra GOETZ fertigte die Reproduktionsvorlage, Ursula BORCHERT die Tuschezeichnungen.

Bonn, im August 1978

Hartmut Bick

# Inhaltsübersicht

	Seite
1. Einleitung .....	1
2. Bisherige Kenntnisse .....	3
2.1. Die Ökologie der Diatomeen .....	3
2.2. Das Saprobiensystem .....	10
2.3. Die Möglichkeit einer Algensoziologie .....	16
2.4. Das Halobiensystem .....	19
2.5. Das pH-System .....	20
3. Kennzeichnung des Untersuchungsgebietes .....	22
4. Untersuchungsmethoden .....	23
4.1. Chemische Untersuchungsmethoden .....	23
4.2. Biologische Methoden .....	26
4.2.1. Die Probeentnahme .....	26
4.2.2. Die Anfertigung von Diatomeenpräparaten ..	27
4.2.3. Die Bestimmung der Diatomeenassoziationen.	30
4.2.4 Die Saprobienuntersuchungen .....	30
4.3. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse ....	31
5. Assoziationsbestimmende Faktoren .....	33
5.1. Physikalische Faktoren .....	33
5.2. Die Trophie der Gewässer und chemische Faktoren .....	37
5.3. Substrateinflüsse und Mikrobiotope .....	51
5.4. Die Jahresperiodizität der Diatomeen und der Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung von Assoziationen .....	64
5.4.1. Allgemeines .....	64
5.4.2. Die Jahresperiodizität einzelner Arten ...	70
5.4.2.1. Achnanthes minutissima .....	70
5.4.2.2. Diatoma hiemale v. mesodon .....	71
5.4.2.3. Navicula viridula .....	72
5.4.2.4. Nitzschia dissipata .....	73
5.4.2.5. Melosira varians .....	73
5.4.2.6. Nitzschia kützingiana .....	74
5.4.2.7. Rhoicosphenia curvata .....	74

6. Beschreibung der Ökologie einzelner Diatomeenarten .	75
7. Ergänzende Liste von beobachteten Diatomeenarten ...	216
8. Literatur .....	222
9. Anhang: Graphische Darstellungen .....	231

## 1. E i n l e i t u n g

Die Diatomeen gehören infolge ihrer Anpassungsfähigkeit, ihres Arten- und Individuenreichtums zu den häufigsten Algen unserer Gewässer. Sie kommen überall dort vor, wo die genotypisch bedingten Anforderungen der einzelnen Arten an das Milieu erfüllt sind. Hierbei ist es gleichgültig, ob es sich um einen temporären Tümpel, einen Teich, einen See, ein Fließgewässer oder eine Abwasserreinigungsanlage handelt. Das Vorkommen der Arten ist nicht an bestimmte Landschaften oder Kontinente gebunden. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die meisten Algen Kosmopoliten sind (BEHRE 1966). Trotz weltweiter Verbreitung der Diatomeen ist ihre Bedeutung in der biologischen Gewässerbeurteilung bisher gering geblieben. Der Grund hierfür ist in den spärlichen ökologischen Kenntnissen zu sehen. Die meisten Autoren beschränken sich auf geographische Angaben oder Hinweise auf den Gewässertyp. Erst wenn die Autökologie vieler Species aus möglichst vielen verschiedenen Organismengruppen bekannt ist, kann die Hydrobiologie die an sie gestellte Forderung nach exakter Beurteilung des Gewässerzustandes auf Grund des Organismenbesatzes erfüllen. Dieser Gedanke war für mich die Anregung zur Durchführung zahlreicher autökologischer Untersuchungen an Diatomeen in vielen Gewässern. Da es unmöglich ist, die Autökologie einer so großen Algengruppe in einer beschränkten Zeit und in einem begrenzten Gebiet erschöpfend zu behandeln, stellt die Arbeit einen ersten Versuch dar, die Kenntnis der Autökologie der Diatomeen zu erweitern. Daß hierbei noch viele Fragen offenbleiben, ergibt sich aus dieser Tatsache zwangsläufig.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Arbeit basieren zur Hauptsache auf Freilanduntersuchungen und berücksichtigen biotische und abiotische Faktoren. Dieser Weg wurde gewählt, weil damit die kausalen Zusammenhänge zwischen

der jeweiligen Assoziation und ihren Milieubedingungen besser erforscht werden können als in Laborversuchen. Außerdem wird der Standpunkt vertreten, daß in Reinkulturen viele Faktoren, die in der Natur wirksam sind, unberücksichtigt bleiben. Hierbei ist an den Konkurrenzkampf der Arten innerhalb der Assoziation, an den Einfluß der Strömung und des Sauerstoffgehaltes oder an klimatische Faktoren gedacht. Selbstverständlich wird man auf spätere, überprüfende Kulturversuche nicht verzichten können, da sich nur in diesen einzelne Milieufaktoren konstant halten lassen. Bestimmte Biotope, wie saure oder haline Gewässer, die im engeren Untersuchungsgebiet nicht vorkommen, konnten nur ungenügend bearbeitet werden.

Im Bericht über die Untersuchungsergebnisse werden alle gefundenen Arten in alphabetischer Reihenfolge auch dann aufgeführt, wenn die eigenen Ergebnisse eine autökologische Beurteilung nicht zulassen. Erkenntnisse anderer Autoren, soweit sie durch die Literatur zugänglich sind, werden berücksichtigt. Die Aufführung aller Arten dient erstens der Bestandsaufnahme im Untersuchungsgebiet und zweitens erhält der Leser ein möglichst umfassendes Bild vom derzeitigen Stand der Kenntnisse von der Autökologie der Diatomeen.

Die Arbeit wäre ohne die Unterstützung durch den Aggerverband in Niedersessmar/Gummersbach nicht möglich gewesen. So gilt mein besonderer Dank dem Geschäftsführer Herrn Oberbaudirektor HERMANN und dem Leiter des Wasseruntersuchungslaboratoriums Herrn Dr. ALBERSMEYER. Ganz besonders danke ich auch Herrn Prof. Dr. BICK von der Universität Bonn, der die Arbeit mit Rat und Tat unterstützt und gefördert hat.

## 2. B i s h e r i g e K e n n t n i s s e

### 2.1. D i e Ö k o l o g i e d e r D i a t o m e e n

Zu Beginn der ökologischen Bearbeitung der Diatomeen erfolgte die Feststellung der floristischen Zonulierung (HUSTEDT 1930). Die ökologischen Angaben über Diatomeen bezogen sich entsprechend auf das geographische Vorkommen und gaben Fundorte an wie überrieselte Felsen, Quellen, Bäche, Teiche und Seen. HUSTEDT (1930) stellte fest, daß Licht und Sauerstoff für das Wachstum der Diatomeen wichtige Faktoren sind. Der Temperatur maß er keine Bedeutung bei, da die Temperaturdifferenzen im Süßwasser nicht groß genug seien. Er vertrat ferner die Ansicht, daß die meisten Diatomeen Ubiquisten sind, und daß ein verstärktes Auftreten nicht mit der Temperatur eines Gewässers in Zusammenhang gebracht werden kann. Ferner stellte er fest, daß für die Entwicklung der Diatomeen die chemischen Verhältnisse eines Gewässers ausschlaggebend sind. Besondere Bedeutung räumte er dem Gehalt an Alkalien oder Säuren ein.

Die eingehenden Untersuchungen der Quellen und Bäche wurden von THIENEMANN (zitiert bei HUSTEDT 1930) eingeleitet. Auch hier stand wieder die Zonulierung in Steine, Moose, Schlamm im Vordergrund (THIENEMANN 1955). Er unterschied wie bereits in früheren Werken zwischen lotischen und lenitischen Biotopen.

BUDE (1942) übertrug diese Begriffe auf seine floristischen Untersuchungen der Gewässer des Sauerlandes und unternahm den Versuch, auf Grund dieser Arbeiten Algengesellschaften aufzustellen. Er versuchte ferner, diese mit chemischen und physikalischen Parametern in Einklang zu bringen. Besondere Aufmerksamkeit schenkte er der Jahresperiodizität der Algenentwicklung.

Auch ROUND (1968) hält am Begriff Zonulierung fest. Obwohl dieser weiter gefaßt ist als bei HUSTEDT (1930), können keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden. ROUND hält das Erfassen der die Arten innerhalb der Biozönose beeinflussenden Faktoren für bedeutungsvoll und vertritt ferner die Ansicht, daß die ersten Überlegungen den chemischen und physikalischen Faktoren gelten müssen, die am Standort wirken.

Die von PATRICK (1963) und ihren Mitarbeitern entwickelte sogenannte Philadelphia-Methode geht von der Annahme aus, daß in unbelasteten Gewässern viele Arten mit wenigen Individuen und in belasteten Gewässern wenige Arten mit vielen Individuen vorkommen. Dieses Arten-Individuenverhältnis wird mit Hilfe mathematischer Formeln statistisch ausgewertet. Es wird zum Teil auf die mühsame Arbeit der Identifikation der einzelnen Species verzichtet und man begnügt sich mit Angaben wie: Gomphonema 1, 2 oder 3. Da aber die Milieuansprüche und die ökologischen Potenzen jeder Art verschieden sind, ist nach der Philadelphia-Methode, auch mit Hilfe der mathematisch-statistischen Auswertungen, kein ökologisch brauchbares Resultat zu erhoffen.

Daß eine feste Beziehung zwischen den Lebensansprüchen der Algen und vorhandenem Milieu besteht, hat BACKHAUS (1968) nachgewiesen. Er stellt ferner fest, daß ein großer Teil der Algen im Flußsystem der obersten Donau einen mehr oder weniger fest umrissenen Bereich des optimalen Wachstums besitzt. Hieraus wird eine Algenzonierung abgeleitet, die sich bei Umsiedlungsversuchen als stabil erwiesen haben soll. BACKHAUS vertritt ferner den Standpunkt, daß das Hauptziel, einzelne Algen als Indikator für genau definierte Milieuverhältnisse zu gewinnen, sich vorläufig nicht verwirklichen lassen wird. Auf Grund der Annahme, wofür auch zum Teil Beweise vorliegen, daß sich bei Algen bei der Änderung eines Faktors auch die Toleranzgrenze gegenüber anderen Faktoren

ändert, ist BACKHAUS der Ansicht, daß eine sinnvolle Planung von Kulturversuchen erst dann einsetzen kann, wenn eine weitaus größere Zahl von Freilandversuchen vorliegt. Im weiteren Verlauf seiner Arbeit setzt BACKHAUS bestimmte Algenarten, darunter auch einige Diatomeen in Beziehung zu den abiotischen Faktoren. Dabei stützt sich BACKHAUS bezüglich der Menge der Algen auf Abundanz-Schätzwerte. Die abiotischen Faktoren beziehen sich auf Jahresdurchschnittswerte. Als besonders verbreitungsregulierend stellt BACKHAUS den pH-Wert und die Gesamthärte fest. Die Gesamthärte dient als Bezugspunkt für den Calcium- und Magnesiumgehalt. Spezielle Angaben zur Diatomeenökologie werden noch eingehend zu besprechen sein. BACKHAUS vertritt ferner den Standpunkt, daß - wenn überhaupt die Algenbesiedlung für die Wassergütebeurteilung in den wenig oder kaum verunreinigten Fließgewässern herangezogen werden soll - dies in erster Linie nur durch die Berücksichtigung von ganzen Algengesellschaften möglich sein wird.

EICHENBERGER (1967) versucht auf Grund ernährungsphysiologischer Überlegungen eine Korrelation zwischen Organismenwelt und der chemischen Beschaffenheit des Wassers abzuleiten. Die Wechselbeziehungen zwischen Milieu und Aufbau der vielseitig zusammengesetzten Biozönose im einzelnen zu verstehen, sei vorläufig noch nicht möglich. Eine besondere Bedeutung mißt er der Kenntnis der Jahresperiodizität bei, da es oft unmöglich ist, Bestandsschwankungen infolge Veränderung chemischer Faktoren von der jahreszeitlichen Entwicklung zu unterscheiden. EICHENBERGER (1967) gibt an Hand eines Vorflutermodells ein generelles Bild über die jahreszeitliche Verteilung der wichtigsten bestandsbildenden Pflanzen bei verschiedenen Abwasserbelastungen und einheitlichen Strömungsbedingungen. Die Diatomeen werden bei dieser Betrachtung mit eingeschlossen. Die bei EICHENBERGER (1967) wiedergegebenen chemischen Werte lassen erkennen, daß es sich bei dem Rinne- wasser um ein hocheutrophes Gewässer handelt, dessen Chemismus sicherlich großen Schwankungen unterworfen

ist. Das atomare N/P-Verhältnis errechnet sich bei 2% Abwasser zu 16, bei 4% zu 10 und bei 10% Abwasser zu 7. Es ist bekannt und wird noch weiter zu behandeln sein, daß sich bei eutrophen Gewässern bzw. bei Abwassereinfluß die Jahresperiodizität der Diatomeen ändert. Auch die Grundwasserbeschaffenheit bei den angestellten Versuchen ist nicht gleich, da im Sommer kaum Sauerstoff vorhanden ist. Ausserdem wurde der pH-Wert, der einen entscheidenden Einfluß auf die Zusammensetzung der Biozönose ausübt, nicht berücksichtigt.

BACKHAUS (1968) wies darauf hin, daß sich bei der Änderung eines Faktors die ökologische Potenz der Süßwasseralgen gegenüber vielen anderen Faktoren ebenfalls ändert. Somit ist die Jahresperiodizität der Algen und insbesondere auch der Diatomeen in belasteten Gewässern keine feststehende Tatsache, sondern eine sich ändernde Größe. Die Ergebnisse zeigen weitere interessante Aspekte, auf die im ökologischen Teil dieser Arbeit näher eingegangen wird.

Nach WEBER (1959) stellen die Diatomeen, zumindest auf der österreichischen Strecke der Donau, die vorherrschende Organismengruppe dar. Die Bedeutung der Diatomeen liegt vor allem darin, an der Selbstreinigung der Gewässer stark beteiligt zu sein. Außerdem sollen sie ein wichtiges Glied in der Nahrungskette bis zum Fisch darstellen.

SCHLÜTER (1961 a) stellt fest, daß die Kieselalgen im Litoral von Gewässern mit schwach saurer bis alkalischer Reaktion sowohl qualitativ als auch quantitativ bei weitem vorherrschen. Die meisten Diatomeen sind im Gegensatz zu vielen anderen Arten das ganze Jahr über zu finden. Vom fischereibiologischen Standpunkt sind die Kieselalgen für die Ernährung der Fischnährtiere von Bedeutung. SCHLÜTER vertritt ferner die Ansicht, daß es unter den Diatomeen eine

größere Anzahl von Arten gibt, welche Rückschlüsse auf die Gewässerqualität, besonders auf den Gehalt an Sauerstoff, organischen Stoffen und Salzen gestatten, und daß es neben einzelnen Leitformen auch typische Diatomeengesellschaften mit eigenen Kennarten gibt (SCHLÜTER 1961 b).

BRAUNE (1968) führte eingehende Untersuchungen über den Einfluß des Sauerstoffgehaltes auf die Algenentwicklung im Flußwasser durch. Dabei stellte er fest, daß sich in Kulturen mit Argonbegasung unter permanent hohem Sauerstoffdefizit vorzugsweise chlorophyllhaltige Algen entwickeln. Im belüfteten Parallelversuch war die Entwicklung wesentlich geringer. Eine physiologische Anpassung an extrem niedrige Sauerstoffkonzentrationen sei zu erwarten. Ferner stellte BRAUNE fest, daß bei Sauerstoffmangel der Stoffwechsel vieler Algen von sauerstoffunabhängigen Prozessen bestritten werden kann. Für die Verbreitung von Mikroalgen soll der Sauerstoffgehalt nicht limitierend wirken. Seine Untersuchungen erstrecken sich auch auf eine Reihe von Diatomeen und werden im ökologischen Teil der Arbeit diskutiert.

Auch BICK (1964) stellte bei Versuchen mit langdauerndem Sauerstoffmangel und starker Schwefelwasserstoffproduktion fest, daß Diatomeen sich am Ende der heterotrophen Phase als Übergang zur autotrophen Phase bei starkem Sauerstoffmangel entwickeln. Er vertritt ferner den Standpunkt, daß Diatomeen ernährungsphysiologisch nicht einheitlich eingestuft werden können, da einige Arten organische Verbindungen ausnutzen, während andere autotroph oder höchstens auxotroph leben. Da sich diese Untersuchungen, bzw. Modellversuche, hauptsächlich auf die Ciliaten erstrecken, wird leider auf einzelne Diatomeenarten nicht eingegangen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es in den bisher zitierten Arbeiten an ernsthaften Versuchen gefehlt hat, speziell die Autökologie der Diatomeen zu bearbeiten. In den meisten Arbeiten werden die Diatomeen nur nebenbei behandelt.

CHOLNOKY (1968 u.a.) hingegen stellt die Diatomeen in den Mittelpunkt seiner Arbeit; seine ökologischen Angaben gründen sich auf statistisch gesicherte Untersuchungen im Freiland und in Kultorexperimenten. Sein Hauptaugenmerk richtet sich auf die Anpassungsphysiologie der Diatomeen. Er versucht die wirksamen Milieufaktoren von den unwirksamen zu trennen. Als wirksame Faktoren behandelt er ausführlich den Salzgehalt, den pH-Wert, den Sauerstoffgehalt und die Stickstoffheterotrophie. Seine Arbeit stellt die Grundlage dar, mit deren Hilfe man unabhängig von bestehenden Systemen der Wassergüteuntersuchung unter Anwendung gesicherter statistischer Untersuchungsverfahren Rückschlüsse auf den Gewässerzustand ziehen kann. Die Belastung von stehenden oder fließenden Gewässern ist durch die Bestimmung der relativen Häufigkeit der N-heterotrophen Nitzschia-Arten möglich. Der Vorteil des Verfahrens liegt in der Empfindlichkeit der Diatomeen bestimmten Faktoren gegenüber. Auch geringste Verunreinigungen, die durch chemische oder andere biologische Untersuchungen (Saprobien-system) nicht mehr nachweisbar sind, können mit großer Reproduzierbarkeit festgestellt werden.

Die vorliegende Arbeit baut im wesentlichen auf den Erkenntnissen von CHOLNOKY auf. Der Sinn meiner Arbeit ist es, weitere Milieufaktoren zu finden, bzw. verschiedene Milieufaktoren zu einer Kennzahl zusammenzufassen, die einen Hinweis auf den Gewässerzustand geben und die für das Vorkommen bestimmter Arten typisch sind. Ferner wurden durch die vergleichenden Untersuchungen, auch extremer Biotope, weitere Diatomeenarten aus anderen Ordnungen, Unterordnungen und Familien gefunden, die als Leitformen für organische Belastungen herangezogen werden können. Hier handelt es sich nicht nur um Formen, die extreme Belastungen, sondern auch um solche, die gleitende Übergänge im Verlauf der Selbstreinigung anzeigen. Auf diese Weise läßt sich mit Hilfe der Diatomeenassoziationen der jeweilige Gewässerzustand besser beschreiben, als es durch andere Wassergütebeurteilungsverfahren möglich wäre. Dieses gilt nicht nur für die organischen

Belastungen, sondern auch für die pH-Verhältnisse, den Eutrophierungsgrad, den Salzgehalt u.a.

Ferner stellt die Arbeit einen Vergleich der Autökologie zahlreicher Arten aus afrikanischen und europäischen Vorkommen dar.

Die Möglichkeit eines unmittelbaren Vergleichs der Autökologie zahlreicher Arten zwischen den afrikanischen und europäischen Vorkommen ergibt sich aus der Tatsache, daß die gleiche Methode zur Untersuchung von Diatomeenassoziationen angewandt wurde.

Andere biologische Methoden (Systeme) zur Festlegung der Wasserqualität sollen zur Gegenüberstellung in den folgenden Abschnitten kurz erläutert werden. Hierbei soll nicht unerwähnt bleiben, daß durch die eigenen ökologischen Untersuchungen der erste Versuch unternommen wird, die Diatomeen auf Grund der Ergebnisse und deren statistischer Auswertung in die Systeme einzuordnen. Dieses gilt besonders für das Saprobiensystem. Die in den Gewässern quantitativ vorherrschende Algengruppe der Diatomeen kann, insbesondere durch die Kenntnis der Autökologie der einzelnen Arten, mehr Berücksichtigung finden als dieses bisher der Fall war.

## 2.2. Das Saprobien system

KOLKWITZ & MARSSON (1908, 1909) stellten das Saprobien system auf, das nach dem Tode von MARSSON weiter verbessert wurde (KOLKWITZ 1950). Bezüglich der Ökologie der aufgezählten Organismen stellte KOLKWITZ bei seinen Untersuchungen fest, daß der Sauerstoffgehalt der Gewässer bei der Verteilung der Arten eine große Rolle spielt. Ferner beobachtete er, daß mit Veränderung des Sauerstoffgehaltes auch andere typische Prozesse einhergehen. Daher sollen nach seiner Meinung nicht nur bestimmte Arten, sogenannte Leitorganismen, in den Vordergrund gestellt, sondern die gesamte Biozönose zur Beurteilung verwendet werden. KOLKWITZ zog also algensoziologische Methoden in Betracht. Er sprach nicht von dem System der Saprobien, sondern von der Ökologie der Saprobien, bzw. von der Beziehung der Wasserorganismen zur Umwelt, die er im einzelnen beschreibt, ohne jedoch näher auf die wirkenden abiotischen Faktoren einzugehen.

Nach THIENEMANN (1956) beruhen jedoch die Lebensbedürfnisse eines Organismus auf seiner morphologisch-physiologischen Eigenart, die vererbt wird und innerhalb bestimmter Zeiträume mehr oder weniger konstant bleibt. Jeder Organismus stellt an das ihn umgebende Milieu bestimmte Anforderungen.

Dort, wo die Lebensbedingungen besonders günstig sind, erreicht die Entwicklung des Organismus sein Optimum. Unter Lebensbedingungen wird ein Faktorenkomplex verstanden, wobei nicht alle Faktoren gleichwertig für die Entwicklung sind. So kann der Gehalt an Calcium und Magnesium, die Härte, die Temperatur oder die Strömungsverhältnisse auf die Entwicklung einer Art nur eine untergeordnete Bedeutung haben. Für die Diatomeen hat dagegen der pH-Wert eine große Bedeutung, da das pH-Optimum

in den meisten Fällen sehr eng begrenzt ist (etwa 0,5 pH-Einheiten). Sollten bei einer Art, zum Beispiel *Achnanthes minutissima* alle Bedingungen optimal sein, jedoch der pH-Wert betrüge 6,5, so würde sich diese Art nicht vermehren, da der optimale pH-Wert 7,2 - 7,8 beträgt. Ein anderes Beispiel wäre, wenn bei optimalem pH-Wert auch alle anderen Faktoren den Lebensbedingungen entsprechen würden, nur der Gehalt an organischer Substanz wäre zu hoch, so würde ebenfalls bei *Achnanthes minutissima* keine Vermehrung stattfinden. Man denke ferner an die obligat stickstoffheterotrophen Diatomeen, wo eine Entwicklung ohne organische Stickstoffverbindungen trotz aller anderen optimalen Bedingungen überhaupt nicht möglich ist. Da die Übergänge der Lebensansprüche fließend sind, gibt es für jede Art ein Optimum, ein Pejus, wo eine Vermehrung noch bedingt möglich ist, und ein Pessimum, wo eine Vermehrung nicht möglich ist. Besondere Bedeutung kommt der Kenntnis der Autökologie der Diatomeen dann zu, wenn man sie im Rahmen des Saprobiensystems als Indikatororganismen einsetzen will. Insbesondere muß hierbei die Anpassung der Arten als genotypisch bedingte Eigenschaft (CHOLNOKY 1968) untersucht werden. Die Untersuchung der Anpassung eines Organismus an seine Umwelt setzt aber kombinierte biologische und chemische Untersuchungen voraus, die bei der Aufstellung des Saprobiensystems sicherlich nicht durchgeführt wurden. Auch ist chemisch nie genau definiert worden, was unter einer polysaprob-, mesosaprob- und oligosaprob- Zone zu verstehen ist. Die Richtigkeit des Saprobiensystems ist deshalb oft in Frage gestellt worden (WEIMANN 1951, 1952). CHOLNOKY (1968) bezeichnete das Saprobiensystem als eine unbegründete Hypothese. CHOLNOKY (1966 b) lehnt die Ausdrücke polysaprob-mesosaprob ab und vertritt den sicherlich richtigen Standpunkt, daß der Abbau organischer Verbindungen in einer komplizierten Weise vor sich geht, so daß man diesen Vorgang nicht einfach als Oxidation simplifizieren kann. Die wichtigste chemische Ver-

änderung der verunreinigenden Moleküle sei sicher die Desaminierung der Stickstoffverbindungen, die KOLKWITZ nicht berücksichtigt hat.

LIEBMANN (1951) revidierte zwar das System von KOLKWITZ, jedoch blieb die Grundlage unverändert. Die Bedeutung der Diatomeen, um die es hier letztlich geht, ist im Saprobien-system gering geblieben. Während KOLKWITZ (1950) noch 87 Diatomeenarten aufführte, reduzierte LIEBMANN (1951) die Anzahl der Arten auf 55. LIEBMANN begründete die von ihm vorgenommene Reduzierung damit, daß nur wenige Arten für die mesosaprobe und oligosaprobe Zone kennzeichnend seien. Viele seien Ubiquisten, also Arten, die in ihrer Verteilung keine Bindung an einen bestimmten Biotop erkennen lassen. Daß diese Auffassung nicht den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht, haben CHOLNOKY (1968) und BEHRE (1966) nachgewiesen.

Nach den "Ausgesuchten Methoden der Wasseruntersuchung" (Autorenkollektiv 1970) ist das Saprobien-system ein empirisches System, das streng genommen für jedes Gewässer zu eichen ist. Dieses wäre nicht erforderlich, wenn die Autökologie der Arten besser bekannt wäre. Statt ein bestehendes System zu revidieren oder in Teilen zu verbessern, wäre es sinnvoller, autökologische Untersuchungen durchzuführen, wie es BICK (1964, 1966, 1972) und NUSCH (1970) für die Ciliaten oder CHOLNOKY (1968) für die Diatomeen getan haben. Außerdem gibt es nicht nur ein, sondern mehrere Saprobien-systeme (KOLKWITZ 1950; LIEBMANN 1951; Autorenkollektiv 1970 in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN 1961; FJERDINGSTAD, zit. nach ROUND 1968). Wenn die Autökologie aller aufgeführten Arten bekannt wäre, dürfte es nur ein System geben, in dem jeder Organismus seinen festen Platz hätte.

BEER (1966) zählte allein im europäischen Raum 12 Systeme. Auch er vertritt den Standpunkt, daß - wenn eine Kausalbeziehung zwischen Verunreinigungsgrad und Lebewelt besteht -

es nur ein System geben dürfte. Es besteht auch wenig Einigkeit darüber, welcher ökologische Faktor die entscheidende Rolle spielt. KOLKWITZ (1950) nennt den Sauerstoffgehalt.

LIEBMANN (1951) hält den Einfluß des Sauerstoffs, der fäulnisfähigen Stoffe und die Verschiebung des biologischen Gleichgewichts für die wichtigsten Faktoren. BEER (1966) vertritt die Ansicht, daß dem Sauerstoffgehalt keine besondere Bedeutung zukomme. Nur eine geringe Zahl von Leitformen soll vom Sauerstoffgehalt abhängig sein. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Arbeit von BRAUNE (1968) verwiesen, wonach die meisten Leitformen von Ammoniumverbindungen abhängig sind. Hieraus ergibt sich eine Parallele zum Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff, bzw. zur Stickstoffheterotrophie der Diatomeen und sicherlich noch vieler Formen aus anderen Gruppen.

Auch BEER (1966) vertritt den Standpunkt, daß den Stickstoffverhältnissen eine besondere Bedeutung für die Einführung der Organismen in das Saprobiensystem zukommt. Als weitere wichtige Faktoren führt BEER den Phosphatgehalt, die Nahrungsabhängigkeit, das Konkurrenzverhalten und die Strömungsabhängigkeit an.

Viele Autoren haben sich um richtige Einordnung einzelner Arten in das Saprobiensystem bemüht. Abzulehnen sind Arbeiten, in denen ohne Beweisführung persönliche Meinungen vertreten werden. Es nützt der hydrobiologischen Forschung zum Beispiel wenig, wenn man behauptet, *Fragilaria crotonensis* und *Asterionella formosa* gehörten nicht zur betamesosaprobien Zone, sondern sie seien vielmehr Charakterpflanzen oligotropher Seen. Ganz davon abgesehen, daß hier eine Beweisführung fehlt, werden verschiedene Begriffe in einen Zusammenhang gebracht, der in Wirklichkeit nicht besteht. LIEBMANN (1951) sagt mit Recht, daß sich die Trophiestufe mit keiner Saprobienstufe deckt.

Häufig werden auch sogenannte saprobielle Valenzspektren aufgestellt. Dazu werden zunächst die geschätzten Häufigkeiten der Arten und deren Saprobitätsstufen nach dem Verfahren PANTLE & BUCK (1955) statistisch ausgewertet. Nachdem so die gefundene Biozönose durch die Errechnung des Saprobienindex einer Saprobitätsstufe zugeordnet ist, werden auch einzelne Arten dieser Stufe zugeteilt. Bei der Beurteilung der einzelnen Formen wird vorausgesetzt, daß die Einordnung aller übrigen Arten richtig ist. So zum Beispiel beschreibt VENTZ (1965) die saprobielle Valenz von *Gyrosigma acuminatum*. Bei seinen Untersuchungen bezieht er sich auf den Saprobienindex und ein chemisches Milieuspektrum. Hierbei wird besonders deutlich, daß solche Spektren wenig Aussagekraft haben. Der  $\text{NH}_4$ -Gehalt schwankt zwischen 0 und 25 mg/l, der Sauerstoffgehalt zwischen 3,2 und 13,9 mg/l und der  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch zwischen 20 und 70 mg/l. Der mittlere Saprobienindex betrug 2,23, was der beta-mesosaprobien Zone entspricht. Auf Grund der Schätzwerte ist eine quantitative Aussage über die Verbreitung nicht zu machen. Ökologisch bedeutsam ist einzig und allein das Optimum der Entwicklung von *Gyrosigma* mit den dazugehörigen Milieufaktoren. Bei der Anwendung von Milieuspektren für ökologische Untersuchungen besteht keine direkte Beziehung zwischen den biologischen und chemischen Ergebnissen. Bei einem unbefangenen Leser könnte der Eindruck entstehen, daß die beta-mesosaprobien Zone durch einen  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 0 - 25 mg/l gekennzeichnet sei. Dieses ist aber sicherlich nicht der Fall.

In ähnlicher Form hat VENTZ (1962) die Einordnung der Diatomee *Nitzschia sigmaidea* versucht.

OKOLOTOWICZ (1971) versucht andere Wege zu gehen. Bei seinen Untersuchungen in der Bucht zwischen Gdynia-Puck und Hela bestimmt er zunächst den Gewässerzustand. Durch die Ermittlung des Gehaltes an Darmbakterien, des  $\text{BSB}_5$  und des  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauchs legt er die Saprobitätszone fest

und nimmt die Einstufung der Diatomeen auf Grund dieser Ergebnisse vor. Da die Häufigkeit der Diatomeen nicht immer durch statistisch gesicherte Zählverfahren ermittelt wurde, kann zum großen Teil die Zuordnung der Arten zu den Saprobitätsstufen nicht als endgültig betrachtet werden.

TÜMPLING (1965) untersuchte den Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt und den biologischen Befunden. Er fand eine gute Korrelation zwischen dem  $BSB_5$  als Prozentsatz des aktuellen Sauerstoffgehaltes und dem Saprobienindex nach PANTLE & BUCK (1955). NEHRKORN (1967) untersuchte die Zusammenhänge zwischen dem  $KMnO_4$ -Verbrauch, dem Ammonium- und dem Chloridgehalt sowie der Wasserführung und der Saprobität.

Eigene Untersuchungen zeigten eine gute Korrelation zwischen dem Saprobienindex, der Gesamtposphorbelastung als  $PO_4^{3-}$ , dem anorganischen Stickstoffgehalt, dem organisch gebundenen Stickstoff und der relativen Sauerstoffzehrung in %.

HAMM (1969) verbesserte die Münchner Methode zur Ermittlung von Wassergüteklassen in Fließgewässern durch die Einführung eines Nomogramms. In diesem wird der aktuelle Sauerstoffgehalt, die Temperatur, die Sättigung, die relative Sauerstoffzehrung in %, die Zehrung oder der  $BSB_5$ , die toxische Hemmung der Selbstreinigung und der Saprobienindex nach PANTLE & BUCK (1955) berücksichtigt. Eine erneute Revision des Systems auf Grund der neueren ökologischen Erkenntnisse wäre wünschenswert. Dieses gilt neben den Ciliaten auch für die Diatomeen, deren Ökologie durch die Arbeiten von BICK und CHOLNOKY bekannt ist. Auch die eigenen Untersuchungen sollen einen Beitrag dazu leisten.

### 2.3. Die Möglichkeit einer Algensoziologie

Eine Zusammenfassung der Entwicklung der Diatomeensoziologie findet man bei SCHLÜTER (1961 b), so daß sich an dieser Stelle eine eingehende Betrachtung erübrigt.

Infolge der Ausgeglichenheit der das Milieu kennzeichnenden abiotischen Faktoren im Wasser auf allen Kontinenten, zeigen fast alle Algen weltweite Verbreitung; abgesehen von wenigen Ausnahmen sind sie Kosmopoliten. Da viele Gewässer sich in wesentlichen Zügen gleichen, findet man bestimmte Arten "häufig und verbreitet" über größere Gebiete. Hieraus wurde geschlossen, daß die Algen nicht nur Kosmopoliten sondern auch Ubiquisten seien (HUSTEDT 1930, LIEBMANN 1951). Dieses ist, wie schon in Kapitel 2.2. ausgeführt, eine falsche Auffassung, die nur durch mangelnde Kenntnis der Autökologie zu erklären ist. Auch BEHRE (1966) vertritt den Standpunkt, daß man diesem Irrtum nicht scharf genug entgegenzutreten kann. Auf die Tatsache, daß Algen sehr empfindlich auf Milieuänderungen reagieren, hat BEHRE (1966) hingewiesen. Wie gering die ökologische Potenz gegenüber verschiedenen abiotischen Faktoren bei Diatomeen ist, wird noch gezeigt werden. Diese Feststellungen lassen zunächst den Schluß zu, daß die Algen für eine Bearbeitung nach soziologischen Methoden geeignet seien. Jedoch stehen der Verwendung dieser Methoden, trotz weltweiter Verbreitung und geringer ökologischer Potenz gegenüber bestimmten Umweltfaktoren, erhebliche Schwierigkeiten im Wege.

Allein durch die hohe Artenzahl und durch die großen Unterschiede in der Artenzusammensetzung werden in der Praxis der Vergleich und die Benennung der Gesellschaften erschwert (BEHRE 1966). Hierbei muß auch die Verfrachtung einzelner Algen oder ganzer Gruppen von einem in den anderen Biotop berücksichtigt werden. Dieser Tatsache ist eine erhebliche

Bedeutung beizumessen.

Für Planktonalgen, die sich in stark eutrophierten Fischteichen entwickeln, konnte dies nachgewiesen werden. Sie gelangten mit dem Überlauf aus den Fischteichen über einen kleinen Stauweiher in die schwach eutrophe Vorsperre einer Trinkwassertalsperre. Als Beispiel sind drei Arten in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

	Fischteich	Stauweiher	Vorsperre
Actinastrum hantzschii	117 500	1590	10
Nitzschia paleacea	13 300	8050	2350
Nitzschia kützingiana	50 400	8100	2100

Tabelle 1. Verschleppung von Algen durch Strömung.  
Zellen pro ml.

Solche Verschleppungen verfälschen das Bild der Algengesellschaften, nicht nur des Planktons, sondern auch des Benthos. Die Algen leben noch einige Zeit, können sich jedoch infolge der veränderten Milieuverhältnisse nicht mehr vermehren. Die artenmäßige Zusammensetzung der Gesellschaften läßt sich nicht mit den Milieufaktoren in Einklang bringen oder führt zu völlig falschen Schlüssen. Für Fließgewässer trifft dieses ebenfalls zu, vielleicht noch in verstärktem Maße.

Eine weitere Schwierigkeit dürfte darin liegen, daß für die Zusammensetzung der Algengesellschaft so viele Faktoren eine Rolle spielen, daß es kaum möglich sein dürfte, Gesellschaften gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung wieder zu finden.

Ferner wird die algensoziologische Arbeit durch das kurzzeitige Auftreten von Massenpopulationen erschwert, weil durch den schnellen Wechsel der Artenzusammensetzung die Assoziationen nicht mehr überschaubar sind.

Außerdem muß der Versuch einer Algensoziologie schon deshalb scheitern, weil es für einen Forscher unmöglich ist, alle Algen gleich gut zu kennen. Selbst wenn ausreichende Bestimmungsliteratur vorhanden wäre, ist die Schwierigkeit der Artenbestimmung um ein Vielfaches größer als bei höheren Pflanzen.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die Algengesellschaften meist in einem dreidimensionalen Raum untersucht werden müssen. Im Gegensatz zu den Algen liegt bei den höheren Pflanzen nur eine Fläche zu Grunde und die Untersuchung sowie die Abschätzung der Menge kann direkt an Ort und Stelle vorgenommen werden (FINDENEGG 1954). Weiter ist zu bedenken, daß die Bewertung einer makroskopischen Fadenalge mit einer mikroskopischen kleinen einzelligen Alge im gleichen Verfahren unmöglich ist. Letztlich ist die Ortsgebundenheit eine Voraussetzung bei der pflanzensoziologischen Arbeitsmethode, die bei vielen Algen nicht gegeben ist.

Vor allem ist es unmöglich, allgemeingültige Aussagen über Diatomeengesellschaften auf der Grundlage der Bearbeitung eines kleinen Gebietes, zum Beispiel einiger weniger Torfstiche, Weiher, Wiesengräben oder Bäche aufzustellen; zumal, wenn die Menge der einzelnen Individuen einer subjektiven Schätzung unterliegt (SCHLÜTER 1961 b). Eine exakte Bestimmung der Assoziationen ist vor allem von einer statistisch gesicherten Mengenbestimmung abhängig. Alle Assoziationen sind nur für einen begrenzten Zeitraum beständig und gültig. Jedoch lassen sich aus ihnen sichere Schlüsse auf den Zustand des Gewässers ziehen, wenn die Autökologie der verwendeten Arten bekannt ist. Aus diesem Grunde sollte man den mühevolleren Weg der Ermittlung der Autökologie der einzelnen Arten gehen, bevor man versucht, allgemeingültige Gesellschaften oder gar Verbände aufzustellen, wie dies in der Vergangenheit oft der Fall war.

BEHRE (1966) schlägt vor, extreme Standorte als Ausgangspunkt soziologischen Arbeitens zu wählen. Solche Vorkommen haben erfahrungsgemäß nur eine geringe Artenzahl und werden dadurch für den Bearbeiter überschaubar. BEHRE (1966) hat selbst in der Tidenzone der Unterweser und ihren Zuflüssen verbreitete typische Assoziationen feststellen können. Er vertritt ferner die Ansicht, daß bei verschmutzten Wasserläufen ein dankbares Arbeitsgebiet vorhanden wäre. Man könnte von stark verschmutzten Orten mit sehr typischer Besiedlung über weniger verschmutzte zu normalen Gewässern gelangen.

#### 2.4. D a s H a l o b i e n s y s t e m

Der Gehalt an gelösten Salzen als wichtiger Faktor bei autoökologischen Betrachtungen wird von vielen Autoren anerkannt. Entsprechend der früheren und zum Teil auch heute noch bestehenden Auffassung der notwendigen Typisierung der Gewässer fand das von KOLBE (zit. nach HUSTEDT 1930) eingeführte Halobiensystem Anwendung (HUSTEDT 1930; LIEBMANN 1951; BUDDÉ 1942; SCHLÜTER 1961 a, 1961 b; ZIEMANN 1970; AUTORENKOLLEKTIV DDR 1970; GRUCHMANN et al. 1968).

Halobien sind Organismen, die für ihre Existenz einen erhöhten Salzgehalt benötigen. Infolge dessen können sie als Zeigerorganismen für versalzte Gewässer dienen. LIEBMANN (1951) hat das System von KOLBE übernommen, weist jedoch darauf hin, daß die Zahlen nur grobe Annäherungswerte darstellen. Auch ZIEMANN (1970) stellt fest, daß keine generellen Grenzen für das Vorkommen der Organismen im Salzgehaltsspektrum gezogen werden können. Da sich die Gruppen biologisch besser als chemisch definieren lassen, vertritt LIEBMANN (1951) die Ansicht, daß genauere Werte nicht zu ermitteln sind und daß dieses auch nicht notwendig ist. CHOLNOKY (1968) lehnt alle Halobiensysteme ab, die auf Grund von

Konzentrationsangaben aufgestellt worden sind. Sein Vorschlag, statt der Konzentrationsangaben den osmotischen Druck als Kriterium zu nehmen, ist einleuchtend, da das Vorkommen bestimmter Arten bzw. die Zusammensetzung der Assoziationen von der Anpassung an die osmotischen Verhältnisse bestimmt wird. Im übrigen hat CHOLNOKY (1968) zu diesem Fragenkomplex ausführlich Stellung genommen und die Literaturangaben weitgehendst ausgewertet, so daß sich weitere Ausführungen hier erübrigen.

Eine Beurteilung der Autökologie der Diatomeen bezüglich des Salzgehaltes ist aus eigener Sicht nicht möglich, da Brackwässer im Untersuchungsbereich nicht vorkommen.

## 2.5. D a s p H - S y s t e m

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß es in Zukunft nötig sein wird, nach Möglichkeit die Messung des pH-Wertes vorzunehmen, um die ökologischen Eigentümlichkeiten der Arten besser charakterisieren zu können. Trotz dieser richtigen Auffassung schuf er einige Jahre später das sogenannte pH-System. Er teilt dies ein wie folgt (Tab. 2):

- 1.alkalibionte : pH-Bereich über 7
- 2.alkaliphile : pH-Bereich über 7
- 3.indifferente : pH-Bereich um 7
- 4.acidophile : pH-Bereich unter 7
- 5.acidobionte : pH-Bereich unter 7; optimal bei pH 5,5  
und weniger

Tabelle 2. Das pH-System.

Wie alle derartigen Systeme, so steht auch dieses abseits einer ökologischen Betrachtungsweise. Trotzdem wird bei einzelnen Autoren immer wieder auf dieses System Bezug genommen. So zum Beispiel übernahm WÄLIN (1970) in seiner Arbeit über die Diatomeen des Latnjajaure dieses System. Wie wenig eine empirische Schematisierung den Tatsachen entspricht, zeigen folgende Beispiele:

	pH-System	wirkliches Optimum
<i>Achnanthes minutissima</i>	pH indifferent	7,4 - 7,6
<i>Achnanthes microcephala</i>	"	6,5 - 6,7
<i>Eunotia lunaris</i>	"	5,5 - 6,2
<i>Anomoeoneis exilis</i>	alkalibiont	6,7

Tabelle 3. Vergleich der Einstufung von Diatomeen im pH-Spektrum.

Diatomeen haben im allgemeinen sehr eng begrenzte pH-Optima, die sich nicht in ein Schema einordnen lassen.

Auch WÄLIN (1970) vertritt die Ansicht, daß es besser wäre, statt der allgemeinen Angaben, ein auf den prozentualen Anteil begründetes pH-Spektrum aufzustellen. Er hält es jedoch für unmöglich, da die pH-Ansprüche größtenteils nicht bekannt wären.

### 3. Kennzeichnung des Untersuchungsgebietes

Das Hauptuntersuchungsgebiet umfaßt im wesentlichen das Einzugsgebiet der Agger und der Bröl. Die Größe des Areal beträgt ca. 1 000 km<sup>2</sup>. Neben den Hauptvorflutern, der Agger und der Bröl, wurden die notwendigen Freilanduntersuchungen in fast allen Nebenläufen, Tümpeln, Teichen und Talsperren des Oberbergischen Landes durchgeführt. Die Untersuchungen begannen 1954 und wurden 1969 abgeschlossen. Alle Fließgewässer sind dadurch gekennzeichnet, daß sie ein mehr oder weniger starkes Gefälle haben und Geröll, Schotter und Kiese führen. Infolge des starken Gefälles und der dadurch bedingten Turbulenz liegt der Sauerstoffgehalt meist nahe der Sättigung. Die sommerlichen Wassertemperaturen steigen selten über 15°C, meist liegen sie, vor allem in den Quellbereichen, zwischen 9°C und 12°C. Die Härte des Wassers bzw. sein Calciumgehalt ist, bedingt durch die geologischen Formationen, gering und übersteigt nur selten den Grenzwert von 5° dH. Am Aufbau des Gebirges beteiligen sich Ablagerungen der devonischen und diluvialen Formationen. Die größte Verbreitung erlangen die unter- und mitteldevonischen Bildungen.

Durch die Industrialisierung des Gebietes und durch die starke Bevölkerungszunahme nach dem 2. Weltkrieg sind die Gewässer trotz der großen Selbstreinigungskraft oft stark bis übermäßig belastet. Durch die Tätigkeit des Aggerverbandes und die Durchführung eines großzügigen Sanierungsprogramms hat sich die Wassergüte der Gewässer in den letzten 10 Jahren erheblich gebessert.

Ganzjährige Untersuchungen wurden im Quellgebiet der Agger durchgeführt, wo es sowohl anthropogene hocheutrophe, als auch vom Menschen nicht beeinflusste Gewässer gibt. In dicht besiedelten Gebieten ist es sehr schwer, oligotrophe oder oligosaprobe Gewässer zu finden. Aus diesem Grund wurden auch

Gewässer des böhmisch-bayerischen Grenzgebirges und der Hochschweiz im Gebiet des Sustenpasses in die Betrachtung einbezogen. Saure Biotope des Hohen Venn wurden bei Baraque Michel in Belgien orientierend untersucht bezüglich des Diatomeenvorkommens.

#### 4. U n t e r s u c h u n g s m e t h o d e n

##### 4.1. C h e m i s c h e U n t e r s u c h u n g s - m e t h o d e n

Zur Kennzeichnung der Milieuverhältnisse wurden folgende Indikatoren gewählt:

1. pH-Wert
2. Leitfähigkeit
3. Temperatur
4. Sauerstoffgehalt (Angabe als  $O_2$ -Sättigungsindex)
5. Sauerstoffzehrung (Angabe in % des aktuellen  $O_2$ - Gehaltes)
6. Ammonium-N
7. Nitrit-N
8. Nitrat-N
9. Organische Stickstoffverbindungen (Angabe als N)
10. Gesamtphosphorgehalt (Angabe als P)

D e r p H - W e r t wurde elektrometrisch 2-3 Stunden nach der Probeentnahme im Labor oder an Ort und Stelle mittels eines Taschen-pH-Meters, vor allem in Mikrobiotopen, gemessen.

D i e L e i t f ä h i g k e i t in  $\mu S$  ergibt einen Überblick über den Gesamtsalzgehalt.

D i e B e s t i m m u n g d e s S a u e r s t o f f g e -  
h a l t e s erfolgte nach WINKLER (Deutsche Einheitsverfahren).

Der Ammoniumgehalt wurde mit Hilfe von Neßlerreagenz ermittelt und die Farbintensität im Spektralphotometer bei 440 nm gemessen.

Der Nitritgehalt wurde mit Sulfanilsäure und  $\alpha$ -Naphthylamin bestimmt und die Farbintensität im Spektralphotometer bei 530 nm gemessen.

Zur Bestimmung des Nitratgehaltes wurde die Natriumsalicylat-Methode angewandt. Die Messung erfolgte bei 420 nm.

Die Bestimmung der organischen Stickstoffverbindungen wurde vor und nach Filtration durchgeführt. Zur Filtration dienten Membranfilter mit einer Porengröße von 0,45  $\mu$ m. Die Differenz zwischen den beiden Bestimmungen ergibt den Gehalt an ungelösten organischen Stickstoffverbindungen. Darunter ist das Plankton, andere zufällig schwebende Organismen oder auch Detritus zu verstehen. Bei höheren Gehalten an organischen Stickstoffverbindungen, wie zum Beispiel in abwasserbelasteten Wasserläufen oder Seen, kann die Bestimmung nach den Deutschen Einheitsverfahren H II durchgeführt werden. Zahlreiche Kontrolluntersuchungen haben eine hinreichende Genauigkeit erkennen lassen. Die Werte größer als 1-2 mg/l sind reproduzierbar. Diese Methode hat wie viele Methoden den Nachteil, daß nicht alle Verbindungen vollständig erfaßt werden. Hierzu gehören vor allem die heterozyklischen Verbindungen mit ringständigen Stickstoffatomen. Trotzdem wird mit Hilfe dieser Methode die Belastung der Gewässer durch Abwässer besser gekennzeichnet als durch Anwendung von Simultanbestimmungen wie Sauerstoffzehrung, Kaliumpermanganatverbrauch oder Sauerstoffbedarf (Dichromatmethode). Geringe Abwasserbelastungen, welche durch die genannten Methoden kaum erfaßt werden, lassen sich durch die Bestimmung des organischen Stickstoffgehaltes eindeutig erkennen. Außerdem zeigt sich eine deutliche Parallelität zu der Menge der stickstoffheterotrophen Diatomeen. Die organischen Stickstoffverbindungen wurden durch den KJELDAHL-Aufschluß in Ammoniakstickstoff überführt. Dieser wurde

in einer Vorlage von Borsäure destilliert. Die Ammoniumionen wurden durch Titration mit 0,05 n Schwefelsäure unter Zusatz eines Mischindicators gegen eine Blindprobe titrimetrisch bestimmt.

Bei schwach belasteten Gewässern, wie vielen Seen und Trinkwassertalsperren, empfiehlt es sich, die von SCHMID (1968) beschriebene Methode anzuwenden. Unter der Berücksichtigung besonderer Vorsichtsmaßnahmen erfolgt der Aufschluß mit konzentrierter Schwefelsäure und Perhydrol. Nach beendetem Aufschluß und nachfolgender Destillation wird der in Ammoniumverbindungen überführte organische Stickstoff mit Neßlerreagenz angefärbt und die Farbintensität im Photometer bei 440 nm gemessen. Der mittlere quadratische Fehler beträgt bei dieser Methode 10 µg/l.

Auf die Bestimmung einzelner Phosphorfraktionen wurde verzichtet, da das Vorkommen und die Vermehrung der Diatomeen weniger von einzelnen Phosphor- oder Stickstofffraktionen, sondern vom Verhältnis des Gesamtstickstoffs zum Gesamtphosphor abhängt.

Die Bestimmung des Gesamtphosphors wurde als Molybdo-Vanado-Phosphorsäure nach PROFT (1964) durchgeführt. Die Probe wurde im Trockenschrank bei etwa 120°C zur Hälfte eingedampft. Der Aufschluß erfolgte unter Zugabe von 5 ml Perchlorsäure und 5 ml Salpetersäure. Durch Zugabe von 5 ml Vanadat- und 5 ml Molybdatlösung zum perchlorsauren Aufschluß entsteht ein beständiger gelbbrauner Farbkomplex, dessen Intensität bei einer Wellenlänge von 400 nm im Photometer gemessen wird. Chrom ist das einzige Element, das als Störfaktor zu beachten ist.

In Fällen, wo gelöste Orthophosphationen getrennt von den ungelösten bzw. hydrolyisierbaren Phosphorverbindungen bestimmt werden sollen, wird die Methode nach W. OHLE (1938) angewandt.

Die getrennte quantitative Bestimmung von gelösten Orthophosphorsäureestern und gelösten kondensierten Phosphaten ist nach VOGLER (1970) möglich.

## 4.2. Biologische Methoden

### 4.2.1. Die Probeentnahme

Die Entnahme von biologischen Proben ist von vielen Autoren eingehend beschrieben worden (z.B. LIEBMANN 1951; SCHWOERBEL 1966; CHOLNOKY 1968). Besonders wird auf die Ausführungen von CHOLNOKY (1968, Seite 35 ff) über die Probeentnahme von Diatomeenmaterial verwiesen.

Die Probeentnahme für diese Arbeit wurde jeweils aus einem ökologisch einheitlichen Gewässerabschnitt entnommen. Die Diatomeen der einzelnen Substrate wie Algenwatten, Moospolster, Steine sind getrennt gesammelt, präpariert und ausgezählt worden. Auf diese Weise konnten Mischassoziationen vermieden und eindeutige Vergesellschaftungen mit hoher Aussagekraft festgestellt werden.

Zur Fixierung der Proben an Ort und Stelle wurde konzentrierte Salpetersäure zugegeben. So konnte auf das Auswaschen und Abdampfen der üblichen Fixierungsmittel verzichtet werden. Die Oxidation der organischen Substanzen und damit die Reinigung der Diatomeenschalen beginnt bei diesem Verfahren sofort nach der Probeentnahme.

Die Entnahme von biologischem Material zur Feststellung des Saprobienindex erfolgte nach der Methode von LIEBMANN (1951).

In stehenden Gewässern wurden Diatomeenproben von künstlichen Substraten im Pelagial entnommen. Die Gründe hierfür werden im Abschnitt 5.3. besprochen. Nach dem Verfahren

von SCHLÜTER (1966) wurden 4 Glasplatten auf einem Kunststoffstab so befestigt, daß in der Mitte ein Gummistopfen mit eingeklemmten Objektträgern angebracht werden konnte. Die Objektträger und Platten ( 12x24 cm) hingen, um eine Ansammlung von Detritus zu vermeiden, senkrecht. Die Befestigung des Gerätes erfolgte in einer Tiefe von etwa 1 m an einer Boje in der Mitte des Sees. Die Expositionsdauer betrug, je nach der Eutrophierung des Gewässers, 3 - 6 Wochen. Die bewachsenen Objektträger dienten der allgemeinen biologischen Untersuchung, die ebenfalls wertvolle Hinweise auf den Gewässerzustand gibt. Auch die Sukzession der Organismen kann durch die regelmäßige Entnahme von Objektträgern beobachtet werden. Der Aufwuchs einer Glasplatte wurde zur Bestimmung der Diatomeenassoziation herangezogen und der Bewuchs der übrigen Platten gravimetrisch bestimmt, um produktionsbiologische Aussagen zu erhalten. Auf diese Weise läßt sich der Gütezustand stehender Gewässer einfach ermitteln. Glasplatten von dieser Größe können, wie Versuche gezeigt haben, auch in Fließgewässern und Kläranlagen als künstliche Substrate an geeigneter Stelle exponiert werden.

#### 4.2.2. Die Anfertigung von

#### Diatomeenpräparaten

Über die Präparation von Diatomeen sind zahlreiche Veröffentlichungen erschienen (z.B. HUSTEDT 1930; CHOLNOKY 1968; SCHÖMMER 1949). In den folgenden Ausführungen sollen lediglich einige praktische Vorschläge gemacht werden, die unter Umständen die Arbeit erleichtern können. Das an Ort und Stelle mit konzentrierter Salpetersäure fixierte Material wird durch Sedimentation von groben Bestandteilen gereinigt und bleibt etwa 2 Tage stehen. Danach wird die Salpetersäure vorsichtig ohne Materialverlust abgegossen und durch neue ersetzt. Die Erneuerung der Salpetersäure hat den Vorteil, daß bei

der nachfolgenden Heißbehandlung Selbstentzündungen vermieden werden. Das Kochen des Materials wird am zweckmäßigsten in kleinen Porzellantiegeln auf Kochplatten unter dem Abzug vorgenommen. Damit die Frusteln gesprengt werden und nachher im Präparat möglichst nur Einzelschalen vorliegen, soll die Zeit des Abdampfens mehr als 40 Minuten dauern. Zur Trennung der Diatomeenschalen von der Säure wird zentrifugiert. Mit Erfolg wurden Einsätze mit Rührchen von 6 ml Inhalt verwendet. Auf diese Weise können 20 Proben gleichzeitig bearbeitet werden. Die überstehende Flüssigkeit kann ohne Materialverlust abgegossen werden. Nach Zugabe von Äthanol wird gut geschüttelt und erneut zentrifugiert. Dieser Vorgang wird 2 - 3 mal wiederholt. Nach Abschluß dieser Arbeiten werden gut entfettete Deckgläser ohne Einschaltung der Heizung auf eine Wärmebank gelegt. Nach Herstellung entsprechender Verdünnungen in Äthanol werden ein oder zwei Tropfen aus einer Blutzuckerpipette auf die Deckgläser gebracht. Das Material verteilt sich gleichmäßig und trocknet schnell, ohne daß sich die Diatomeen zusammenballen. Zugluft und Erschütterungen sind zu vermeiden. Nachdem das Äthanol verdampft ist, wird die Heizung (500 Watt-Spirale) eingeschaltet. Nachdem das Material restlos getrocknet und fixiert ist, wird ein kleiner Tropfen eines Einschlußmittels mit hohem Brechungsindex (z.B. Hyrax) aufgebracht. Man läßt das Lösungsmittel verdampfen und nimmt das Deckglas mit dem gereinigten und beschrifteten Objektträger auf. Dieser wird mit dem Deckglas nach oben auf die Wärmebank gelegt, wobei sich das Einschlußmittel gleichmäßig verteilt. Das Einschlußmittel wird nach Abkühlung sofort hart. Eine Abdichtung mit Umrandungslack ist nicht erforderlich. Soll der Einschluß ohne Heißbehandlung erfolgen, so gießt man die überstehende Salpetersäure ab und verfährt in der oben beschriebenen Weise.

Da das oben beschriebene Verfahren zeitaufwendig ist, wurde eine Schnellmethode erprobt. Das sich in der Salpetersäure befindende Diatomeenmaterial wird gut geschüttelt und ein bis zwei Tropfen aus einer 0,1 ml Pipette auf die vorbereiteten Deckgläser gebracht. Durch die Einschaltung der Heizung der Wärmebank verdampft die Säure sehr schnell, wobei eine restlose Oxidation der organischen Substanz erfolgt. Danach kann der Einschluß wie oben beschrieben sofort vorgenommen werden. Über die Haltbarkeit solcher Präparate liegen noch keine Erfahrungen vor. Ein weiterer Nachteil ist, daß die Frusteln nicht gesprengt werden. Dieses ist bei der Auszählung zu beachten.

Diese Schnellmethode hat sich besonders bei der Untersuchung von Planktondiatomeen bewährt. Hierzu filtert man 1 Liter Untersuchungswasser über ein Membranfilter. Der Rückstand wird vorsichtig mit einer kleinen Menge Äthanol abgespült. Hiervon werden wieder ein bis zwei Tropfen auf die vorbereiteten Deckgläser gebracht. Durch das Äthanol wird eine gleichmäßige Verteilung auf diesen sichergestellt. Nach dem Verdampfen des Äthanol wird ein Tropfen konzentrierter Salpetersäure zugegeben und die Heizung der Wärmebank eingeschaltet. Die Salpetersäure verdampft langsam und oxidiert die organischen Substanzen. Zur restlosen Reinigung des Materials muß dieser Vorgang wiederholt werden. Der nachfolgende Einschluß wird wie oben beschrieben durchgeführt.

#### 4.2.3. Die Bestimmung der

#### Diatomeenassoziationen

Die Auszählung der Präparate setzt eine gründliche Artenkenntnis und ausreichende Bestimmungsliteratur voraus. Sie wird im Phasenkontrast bei einer Vergrößerung von 1000-1200 fach vorgenommen. Die Zählung erfolgte nach THOMASSON (zit. bei CHOLNOKY 1968 ). Es wurden nur Schalen, nicht Zellen gezählt. Sollte eine Frustel nicht gesprengt sein, so ist eine doppelte Zählung erforderlich. Nach CHOLNOKY (1968 ) liegt die Fehlerquote bei 300 - 400 gezählten Schalen unter 2%. Unter Zuhilfenahme eines Zählgerätes konnten ohne wesentliche Vergrößerung des Zeitaufwandes 500 bis 800 Schalen gezählt werden. Je nach der Menge der gefundenen Arten betrug der Zeitaufwand für ein Präparat ca. eine Stunde. Die Anzahl der Schalen für die einzelnen Arten wird in % zur Gesamtmenge der Schalen angegeben (Relative Häufigkeit). Die Benennung der Assoziation richtet sich nach der dominierenden und co-dominierenden Art. Zum Schluß wird die Summe der relativen Häufigkeit der die Eutrophierung anzeigenden Diatomeen gebildet und als Eutrophierungsgrad in % angegeben. Im folgenden wird der Eutrophierungsgrad der Einfachheit halber kurz als EG bezeichnet.

#### 4.2.4. Die Saprobienuntersuchungen

Den Saprobienuntersuchungen wurde das von LIEBMANN (1951) verbesserte System zu Grunde gelegt. Neuere ökologische Ergebnisse, die unter genau definierten Bedingungen erzielt wurden, zum Beispiel BICK (1964 und 1966), sind berücksichtigt worden. Die Berechnung des Saprobienindex erfolgte nach PANTLE & BUCK (1955). Der Schätzung der Häufigkeit lag eine

5stufige Zahlenskala zu Grunde. Bei der weiteren Auswertung wurde nach der verbesserten Münchener Methode (HAMM 1969) der Sauerstoffhaushalt mit berücksichtigt. Die Untersuchungen stützen sich auf 15 - 20 Indikatorarten mit einer Gesamthäufigkeit von mehr als 30, da sonst nach TÜMPLING (1962) die Bestimmung des Saprobitätsgrades nicht als repräsentiv angesehen werden kann. Nach HAMM (1969) wurde den einzelnen Saprobienstufen folgender Saprobienindex zugeteilt:

oligosaprob	1,0 - 1,5
oligosaprob-betamesosaprob	1,5 - 1,8
betamesosaprob	1,8 - 2,3
betamesosaprob - alphamesosaprob	2,3 - 2,7
alphamesosaprob	2,7 - 3,2
alphamesosaprob - polysaprob	3,2 - 3,5
polysaprob	3,5 - 4,0

Tabelle 4. Saprobienstufen und numerischer Saprobienindex.

Die Diatomeen blieben bei den Saprobienuntersuchungen und Berechnungen des Index unberücksichtigt. Diatomeenarten, die in einer Indexstufe mit hoher relativer Häufigkeit gefunden werden, können für diese als typisch angesehen werden.

#### 4.3. A u s w e r t u n g u n d D a r s t e l l u n g d e r E r g e b n i s s e

Milieuspektren für abiotische Faktoren, wie sie zum Beispiel von KRAMER (1964) und VENTZ (1965) publiziert wurden, geben zwar Extremwerte, jedoch keine Auskunft über den Schwerpunkt der Verbreitung der Arten im jeweiligen Spektrum.

Hier wurde in Anlehnung an BICK (1966) die mengenmäßige Verteilung im pH-Spektrum für mehrere Arten graphisch dargestellt. Die relative Häufigkeit der einzelnen Funde wurde den entsprechenden Stufen des Spektrums zugeteilt, addiert und in % ausgedrückt (siehe Abb. 5-8; im Anhang, S. 235 ff.). Im autökologischen Teil (siehe Abschnitt 6) werden neben Einzelwerten ökologischer Faktoren auch Mittelwerte des Vorkommens der einzelnen Arten in den Spektren verschiedener Faktoren angegeben.

Mit Hilfe des Eutrophierungsgrades (vgl. S. 30), der aus den Diatomeenassoziationen zu gewinnen ist, lassen sich Belastungsklassen aufstellen (Tab. 5), die auch zur Grundlage graphischer Darstellungen dienen können.

Eutrophierungsgrad (EG)	Belastungsklasse
0 - 5	1
5 - 10	1 - 2
10 - 20	2
20 - 30	2 - 3
30 - 50	3
50 - 70	3 - 4
70 - 100	4

Tabelle 5. Vergleich von Eutrophierungsgrad (EG) und Belastungsklasse.

## 5. A s s o z i a t i o n s b e s t i m m e n d e F a k t o r e n

### 5.1. P h y s i k a l i s c h e F a k t o r e n

Zu den physikalischen Faktoren, die einen Einfluß auf die Entwicklung und Vermehrung der Diatomeen haben, werden meist die Intensität und Qualität des Lichtes, die Temperatur der Gewässer mit ihren tages- und jahreszeitlichen Schwankungen, die Strömungsverhältnisse und nicht zuletzt der pH-Wert gerechnet. Da der mögliche Einfluß der Temperatur mit der Jahresperiodizität der Diatomeen in einem engeren Zusammenhang steht, werden diese Faktoren im Abschnitt 5.4. gemeinsam behandelt.

Über die Einwirkung der Lichtintensität und -qualität auf die Zusammensetzung von Diatomeenassoziationen liegen bisher nur wenige Untersuchungen und Erfahrungen vor. Dieses gilt insbesondere für die Fließgewässer. Nach CHOLNOKY (1968) zeigt die Beständigkeit der Diatomeenassoziationen in einem Bach, daß die Arten von Lichtschwankungen nicht beeinträchtigt werden. Diatomeen können sich schnell innerhalb weiter Grenzen an Lichtveränderungen anpassen.

Der Einfluß der Strömung auf die Entwicklung von Algen ist ebenfalls unzureichend untersucht. Die Einteilung in lenitische und lotische Bereiche scheint keine Parallele in der Diatomeenzonierung zu haben. BUDE (1942) stellte fest, daß es keine typische lenitische Bachalgenflora gibt, da es sich meist um Formen handelt, die aus lotischen Biotopen abgeschwemmt sind und hier von neuem ihr Wachstum beginnen.

Die Bedeutung der Strömungsgeschwindigkeit sieht BUDE (1942) darin, daß stets neue Nährstoffe herangeschafft werden. In ruhigen Zonen dagegen soll alsbald eine Verarmung an Nährstoffen eintreten. Dieses jedoch steht im Widerspruch zu der

starken Algenentwicklung, die oft im Benthos eutropher Teiche beobachtet werden kann. In lenitischen Bereichen eines Baches oder in einem stehenden Gewässer ist allein durch Wind und Wellenbewegung für eine ausreichende Strömung gesorgt, so daß nährstoffarme Zonen nicht in dem Maße vorkommen, um einen Einfluß auf die Algenentwicklung haben zu können. Wie noch im Abschnitt 5.3. gezeigt werden soll, gibt es Assoziationsunterschiede in den einzelnen Bachabschnitten, zum Beispiel auf Steinen, Algenwatten oder Moospolstern. Diese sind jedoch nicht durch eine unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit, sondern durch pH-Verschiebungen oder durch andere Verhältnisse zu erklären.

Wie wenig Einfluß die Strömung auf sogenannte lenitische Formen hat, sollen folgende Assoziationsbeispiele erläutern (Tab. 6-10).

Melosira varians	26,3 %
Diatoma hiemale v. mesodon	22,7 %
Fragilaria intermedia	14,5 %
Navicula viridula	13,0 %
Achnanthes minutissima	8,0 %
übrige 26 Arten	<u>15,5 %</u>
	100,0 %

Tabelle 6. Assoziation Nr.17: Senkrechter Betonabsturz in einem Quellbach.

Melosira varians	72,3 %
Fragilaria capucina	7,5 %
Navicula viridula	4,2 %
Cocconeis placentula	2,2 %
Synedra ulna	2,0 %
übrige Arten	<u>11,8 %</u>
	100,0 %

Tabelle 7. Assoziation Nr.96: Stark strömender Quellbach.

Melosira varians	67,0 %
Synedra ulna	11,8 %
Synedra rumpens	4,3 %
Navicula cryptocephala	2,0 %
Nitzschia sublinearis	5,6 %
übrige Arten	<u>9,3 %</u>
	100,0 %

Tabelle 8. Assoziation Nr.127: Intensiv bewirtschafteter Fischteich.

Man erkennt aus diesen Beispielen, daß die von BUDDÉ (1942) als lenitisch eingestufte Art *Melosira varians* bezüglich der Strömung in drei völlig verschiedenen Biotopen dominieren kann. In den nächsten beiden Beispielen wird das gleiche für *Fragilaria intermedia* gezeigt.

<i>Fragilaria intermedia</i>	42,1 %
<i>Cymbella ventricosa</i>	15,8 %
<i>Diatoma hiemale</i> v. <i>mesodon</i>	11,6 %
<i>Navicula viridula</i>	5,2 %
<i>Synedra rumpens</i>	4,1 %
übrige Arten	<u>21,2 %</u>
	100,0 %

Tabelle 9. Assoziation Nr.123: Unteres Ende des Überlaufes einer 5 m hohen Staumauer.

<i>Fragilaria intermedia</i>	55,6 %
<i>Cymbella ventricosa</i>	11,4 %
<i>Achnanthes minutissima</i>	10,4 %
<i>Synedra ulna</i>	5,4 %
<i>Navicula viridula</i>	1,4 %
übrige Arten	<u>15,8 %</u>
	100,0 %

Tabelle 10. Assoziation Nr.9: Nährstoffreicher Waldtümpel mit geringem Zu- und Abfluß.

Die Assoziationsbeispiele zeigen, daß der Einfluß der Strömung auf die Entwicklung und Vermehrung der Diatomeen, zumindest in den genannten Fällen, unbedeutend ist.

Der pH-Wert eines Gewässers zeigt meist deutliche Schwankungen im Tagesgang, die vom Pufferungsgrad des Gewässers abhängen. Die Stabilität des Pufferungssystems in einem Gewässer kann durch die Alkalität ausgedrückt werden. KING (1970) mißt dem Kohlensäure-Calcium-System in eutrophen Gewässern große Bedeutung bei. Die Menge an Kohlendioxid soll über die Algentypen und deren Produktion entscheiden. Anorganische Kohlenstoffverbindungen sind jedoch meist reichlich vorhanden, so daß es selten zur Limitierung der Algenproduktion kommt. Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, daß die Alkalität nicht als assoziationsbestimmender Faktor zu werten ist, wie dies öfter angenommen wird. Unbestritten ist aber der entscheidende Einfluß des pH-Wertes auf die qualitative Zusammensetzung der Diatomeenassoziation. Diatomeen haben ein pH-Optimum, das meist nur wenige Zehntel-einheiten umfaßt. Darüber hinaus sind sie an eine mehr oder weniger große Schwankungsbreite des pH-Wertes angepaßt, in der eine suboptimale Entwicklung möglich ist. Dominierende oder codominierende Arten geben einen Hinweis auf den mittleren pH-Wert des Gewässers, während die übrigen, mengenmäßig weniger auftretenden Arten, die mögliche Schwankungsbreiten des pH-Wertes erkennen lassen.

Auf Grund zahlreicher Freilanduntersuchungen konnten pH-Spektren aufgestellt werden, die das Optimum, den Pejus und das Pessimum deutlich anzeigen (s. Anhang, Abb. 5 ff.).

## 5.2. Die Trophie der Gewässer und chemische Faktoren

Die Trophie der Gewässer und die assoziationsbestimmenden chemischen Faktoren sind so eng miteinander verknüpft, daß es zweckmäßig erscheint, sie in einem Abschnitt zu behandeln.

Über die Eutrophierung bzw. den Trophiezustand der Gewässer sind zahlreiche Arbeiten veröffentlicht worden, die sich direkt oder indirekt mit dem Problem befassen. VOLLENWEIDER (1968) hat im Auftrag der OECD die wichtigste Literatur des westlichen Sprachbereiches ausgewertet und zu einem Bericht zusammengefaßt.

Unter Eutrophierung wird hier eine zunehmende Anreicherung solcher Stoffe verstanden, die einen Einfluß auf die qualitative Zusammensetzung und die quantitative Entwicklung der Produktion im Gewässer haben. Man kann von einer Eutrophierung nur dann sprechen, wenn die im Wasserkörper verbrauchten Stoffe laufend durch neue ersetzt werden. Die Stoffe selbst sind von geringerem Interesse, solange sie nicht eine Steigerung der Gewässerproduktivität bewirken. Im Zusammenhang mit Eutrophierungserscheinungen werden meist einseitige Massenentwicklungen bestimmter Arten und die damit verbundene strukturelle Veränderung der Biozönose beobachtet.

Massenentwicklungen von Algen haben mannigfaltige Folgeerscheinungen. In Fließgewässern bedingen sie eine sekundäre Belastung, die durch das Absterben der Algen und die damit verbundenen Abbauprozesse entsteht und so zu Veränderung des Chemismus des Wasserkörpers beiträgt. Die Folge davon ist eine Herabsetzung der Wasserqualität und eine Minderung des ökonomischen Wertes.

In stehenden Gewässern führen Massenvermehrungen von Algen zu einer Veränderung der Gewässerfarbe (sog. Vegetations-

färbung) und zu einer Verminderung der Durchsichtigkeit, bzw. Klarheit. Weittragender sind die Folgen auf die chemische Beschaffenheit des Wassers. Besonders in Seen und Talsperren, die zur Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser herangezogen werden, entstehen hierdurch ernste Probleme. Es gehört nicht zur Zielsetzung dieser Arbeit, die Problematik der Seeneutrophierung zu diskutieren. Jedoch sei der Hinweis erlaubt, daß bei Massenaufreten von bestimmten Algen in Trinkwasseraufbereitungsanlagen Schwierigkeiten entstehen können, die mit großen Kosten verbunden sind. Insofern ist die Eutrophierung unter anderem auch ein volkswirtschaftliches Problem.

Stoffe, die zu Eutrophierungserscheinungen führen, werden im allgemeinen als Nährstoffe bezeichnet. Die Definition bzw. Interpretation dieses Ausdruckes ist bei vielen Autoren nicht einheitlich. Man sollte besser den Ausdruck Bioelemente oder biologisch wirksame Stoffe einführen. Es sind dies: Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Magnesium, Calcium, Kalium, Eisen u.a. Es gibt aber noch eine Anzahl von Elementen, die in Spuren benötigt werden. Diese sollten als Biospurenelemente bezeichnet werden. Hierzu gehören in erster Linie : Mangan, Zink, Nickel, Titan, Brom, Fluor, Kupfer, Bor, Kobalt, Molybdän, Lithium und Aluminium.

CHOLNOKY (1968) vertritt den Standpunkt, daß alle Elemente des Baustoffwechsels der Algen nicht als Nährstoffe zu betrachten sind. Nur die Stoffe, die im Energiehaushalt der submers lebenden Pflanzen von Bedeutung sind, können als Nährstoffe angesprochen werden und sind in der Lage, Eutrophierungserscheinungen zu bewirken. Silizium gehört im Sinne CHOLNOKY's zum Baustoffwechsel und ist kein "Nährstoff". Es muß jedoch bedacht werden, daß Silizium bei Massenentwicklung von Diatomeen, zum Beispiel *Asterionella formosa*, limitierend wirken kann.

Dem Silizium wurde in der chemischen Wasseranalyse bisher nur wenig Beachtung geschenkt, weil angenommen wurde, Silizium sei in unseren Gewässern stets in ausreichender Menge vorhanden und könnte nicht limitierend wirken. Eine neuere Arbeit von BRINGMANN & KÜHN (1971) zeigt, daß Silizium als sekundärer trophischer Begrenzungsfaktor in Frage kommt.

In neuerer Zeit wird auch dem Eisen als lebensnotwendigem Element bei Eutrophierungserscheinungen mehr Beachtung geschenkt. Nach BRINGMANN & KÜHN (1971) erwies sich der natürliche Eisengehalt des Wassers, auch nach Chelatisierung mit EDTA, als primärer trophischer Begrenzungsfaktor für die Vermehrung der zur Massenentwicklung neigenden *Asterionella formosa*.

Über Spurenelemente und andere Wachstumsfaktoren, wie zum Beispiel Vitamine, liegen noch zu wenig Erfahrungen vor, um diese in die Betrachtung einbeziehen zu können. Forschungsarbeiten in dieser Richtung wären jedoch wünschenswert, zumal die analytischen Möglichkeiten heute gegeben sind.

Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel sind im Wasser mit wenigen Ausnahmen in reichlicher Menge vorhanden und wirken nicht limitierend. Nach BACKHAUS (1968) läßt sich nicht genau entscheiden, ob der Gehalt an Calciumionen die wichtigste Rolle spielt, oder ob auch der Magnesiumgehalt in gleicher Weise wirksam wird. Als Bezugspunkt für die Algenverbreitung wählte BACKHAUS deshalb die Gesamthärte. Fast alle Autoren sind sich darüber einig, daß für die Eutrophierung Phosphate und Stickstoffverbindungen besonders bedeutend sind. Man läßt sich oft von dem Gedanken leiten, daß Phosphat stets den Initialfaktor bei der Eutrophierung darstellt. Ebenso wie Phosphat kann aber auch Eisen, Silizium oder Stickstoff der Minimumfaktor sein. GRIM (1967) vertritt die Ansicht, daß man früher und zum Teil auch noch heute glaubt, eine Erhöhung der Phosphatzufuhr müsse unmittelbar eine Steigerung der pflanzlichen Produktion zur Folge haben. Solche Vorstellung bezeichnet GRIM als zu extrem, zu einseitig und

zu undifferenziert. Eine Proportionalität und eine quantitative Beziehung, wie sie im Sinne einer funktionalen Abhängigkeit zwischen Phosphatangebot und vorhandener Phytoplanktonmenge beobachtet wird, besteht bei Diatomeenmassenentfaltung nicht. Die gebildete Zellmenge ist vom Phosphatgehalt unabhängig. Phosphat muß nur in greifbarer Form vorhanden bzw. gespeichert worden sein. GRIM bezeichnet weiter die Rolle des Phosphats als Minimumstoff als etwas zweifelhaft, sobald sie im einzelnen ausgeleuchtet wird. Ebenso wie Phosphat können auch physikalische Faktoren im Ablauf eines Jahres produktionsbegrenzend sein.

Nach CHOLNOKY (1968) kommen Diatomeen mit sehr geringen Phosphatmengen aus. Es sind noch keine Arten bekannt geworden, die durch hohe Phosphatkonzentrationen begünstigt werden. Mit welcher geringen Phosphatmengen Diatomeen auskommen können, zeigen Untersuchungen von H.MÜLLER, Konstanz (mdl. Mitt.). Die limitierende Phosphatkonzentration im Chemos-taten beim Wachstum von *Nitzschia actinastroides* lag zwischen 0,26 und 1,3 µg/l. CHOLNOKY (1965) beschreibt den Fall des Chriessisees, in dem auch auffallend große Mengen an gelösten Phosphorverbindungen (bis zu 8 mg/l  $\text{Po}_4$ ) keine Eutrophierung bewirkten, da sehr niedrige Stickstoffkonzentrationen vorlagen. Das atomare N/P-Verhältnis betrug 1,4 - 2,4. Daraus erkennt man, daß der Stickstoff sich im Minimum befand und somit Eutrophierungserscheinungen nicht auftreten konnten. Nach CHOLNOKY (1965) kommt dem Phosphor für Diatomeen nicht die Bedeutung zu, die ihm zugeschrieben wird. Diatomeen können wegen ihres Phosphatspeicherungsvermögens (siehe auch GRIM 1967) mit sehr geringen P-Mengen auskommen, während sie ein Vielfaches an Stickstoffverbindungen benötigen.

Oft bestehen unterschiedliche Meinungen bezüglich der möglichen Aufnahme der Phosphatverbindungen bei Algen bzw. welche Fraktionen als Trophiefaktoren in Frage kommen. Nach

VOLLENWEIDER (1968) ist dies vom ökologischen Standpunkt aus gesehen von sekundärer Bedeutung, da es immer Organismensgruppen geben wird, die entweder  $\text{PO}_4^{3-}$  enzymatisch abspalten können oder direkt Ektoenzyme ans Wasser abgeben, wodurch die Spaltung katalysiert wird. Daraus ergibt sich, daß bei autoökologischen Untersuchungen der Diatomeen der Gesamtphosphorgehalt des Wassers von besonderem Interesse ist.

Wie bereits angedeutet, kommt den organischen und anorganischen Stickstoffverbindungen bei ökologischen Untersuchungen der Diatomeen große Bedeutung zu. Der organische Stickstoff kann in gelöster und ungelöster Form vorliegen. Der partikuläre organische Stickstoff ist in der noch lebenden Substanz, zum Beispiel dem Plankton oder der abgestorbenen organischen Substanz, dem Detritus, vorhanden. Außerdem ist er in Erosionswässern, zum Beispiel bei Lehmtrüben nach stärkeren Regenfällen, in größeren Mengen nachweisbar. Bei einer Lehmtrübe mit einem Gehalt an ungelösten Stoffen von 3432 mg/l wurden 3,58 mg/l organischer Stickstoff und nur 1,56 mg/l anorganischer Stickstoff gefunden. Der Vollständigkeit wegen sei erwähnt, daß im gleichen Wasser 7,95 mg/l Gesamtphosphor, gemessen als  $\text{PO}_4$ , vorhanden waren. Eine weitere Quelle für organische Stickstoffverbindungen sind die bisher wenig beachteten intensiven Fischteichwirtschaften. Das abfließende Wasser eines Fischteiches hat nicht selten Gehalte an organischem Stickstoff von 1,5 - 1,7 mg/l, wohingegen der anorganische N-Gehalt nur 1,4 mg/l beträgt. Gravierender werden die Verhältnisse, wenn solche Fischteiche abgefischt bzw. abgelassen werden (Tab. 11).

pH-Wert	11,5
Leitfähigkeit	380 $\mu$ S
Gesamtrückstand	13884,00 mg/l
davon organisch	12486,00 mg/l
davon anorganisch	1398,00 mg/l
absetzbare Stoffe	69,00 cm <sup>3</sup> /l
Gesamt-P als PO <sub>4</sub>	95,20 mg/l
anorganischer N	2,82 mg/l
organischer N	92,40 mg/l

Tabelle 11. Analysenwerte des Schlammwassers beim  
Ablassen eines Fischteiches.

Daß vollbiologisch gereinigte Abwässer erhebliche Mengen an eutrophierenden Stoffen enthalten, braucht nicht besonders betont zu werden. Der Vollständigkeit halber sei auch hier ein Beispiel gegeben: Der Ablauf einer gut funktionierenden vollbiologischen Kläranlage enthielt 15,6 mg/l anorganischen Stickstoff, 18,6 mg/l organischen Stickstoff und 16,8 mg/l Gesamtphosphor, gemessen als PO<sub>4</sub>.

Daß Niederschläge zur Eutrophierung unserer Gewässer beitragen können, wird meistens nicht beachtet. So zu Beispiel wurde nach einem Starkniederschlag auf dem Vorbecken der Genkeltalsperre ein Rußbelag auf der Wasseroberfläche festgestellt. Das oberflächlich in die Hauptsperre abfließende Wasser hatte einen Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff von 7,6 mg/l (normal 0,2 - 0,3 mg/l) und einem Gesamtphosphorgehalt, gemessen als PO<sub>4</sub>, von 2,5 mg/l (normal 0,01 - 0,03 mg/l).

Die Analysenwerte von frisch gefallenem Schnee sind in Tabelle 12 wiedergegeben.

pH-Wert	4,5
Leitfähigkeit	27 $\mu$ S
organischer Stickstoff	0,260 mg/l
NH <sub>4</sub>	2,100 mg/l
NO <sub>2</sub>	0,028 mg/l
NO <sub>3</sub>	2,000 mg/l
Gesamt-Phosphor (PO <sub>4</sub> )	0,062 mg/l

Tabelle 12. Analysendaten von frisch gefallenem Schnee.

Diese Beispiel zeigen, daß der organische Stickstoff in Größenordnungen vorkommt, die sicherlich eine Bedeutung bei der Eutrophierung unserer Gewässer haben.

Es ist vor allem das Verdienst von CHOLNOKY (1968), auf die Stickstoffheterotrophie verschiedener Diatomeenarten hingewiesen zu haben. ALGEUS (zit. nach CHOLNOKY 1968) hat als erster den Beweis dafür gefunden, daß verschiedene Algen Aminosäuren besser verwerten können als anorganische Stickstoffquellen. Als Testorganismen verwendete er *Scenedesmus obliquus* und *Scenedesmus quadricauda*. CHOLNOKY (1968) hat sowohl im Freiland als auch in Kulturexperimenten die N-Heterotrophie zahlreicher Diatomeen einwandfrei nachweisen können. Eine eingehende Beschreibung seiner Experimente gibt er für das Beispiel *Nitzschia thermalis* (syn. *Nitzschia stagnorum*).

Die Angaben über die Stickstoffheterotrophie von CHOLNOKY (1968) können durch entsprechende Freilanduntersuchungen voll bestätigt werden. Zwei Diatomeenassoziationen von Kläranlagenausläufen sollen hier als Beispiel dienen (Tab. 13).

	Klärwerk A	Klärwerk B
Nitzschia palea	47 %	43 %
Gomphonema parvulum	31 %	40 %
Navicula accomoda	12 %	9 %
Nitzschia thermalis	<u>10 %</u>	<u>8 %</u>
	100 %	100 %
N/P Verhältnis	23 : 1	17 : 1
$\frac{\text{org. N}}{\text{anorg. N}} = N_Q$	1,13	1,65

Tabelle 13. Diatomeenassoziationen von Klärwerksausläufen (relative Häufigkeit in %).

Zur Erläuterung der Tabelle 13 ist festzustellen, daß abgesehen von Gomphonema parvulum alle Arten obligat N-heterotroph sind. G. parvulum ist fakultativ N-heterotroph und kann organische wie anorganische Stickstoffverbindungen verwenden. Wie das N/P-Verhältnis ausweist, handelt es sich bei den Abläufen der vollbiologischen Kläranlagen um optimale Nährlösungen für Algen. Trotzdem entwickelten sich mit großer Konstanz lediglich die aufgeführten Arten.

Im Sickerwasser einer Viehtränke, das durch den Rinderkot einen hohen Anteil an organischem Stickstoff hatte, wurde folgende Diatomeenassoziation gefunden:

Nitzschia thermalis	72%
Nitzschia palea	6%
Nitzschia communis	3%
Navicula accomoda	10%
Melosira varians	2%
Navicula seminulum	2%
übrige Arten	<u>5%</u>
	100%

Tabelle 14. Diatomeenassoziation im Sickerwasser einer Viehtränke (relative Häufigkeit in %).

KOENIG (1957) erläutert in einem Vortrag auf der Jahrestagung der deutschen Limnologen in Koblenz die Untersuchung von 13 Tropfkörpern in Schleswig-Holstein. Von 59 Proben enthielten 54 Proben Diatomeen. Die Arten zeigten eine große Konstanz. Als häufigste Arten wurden festgestellt:

*Navicula accomoda*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia thermalis* (= *N. stagnorum*), *Nitzschia frustulum*, *Gomphonema parvulum*.

Abgesehen von *Gomphonema parvulum* sind alle übrigen Arten obligat N-heterotroph. Chemische Analysen zu diesen Untersuchungen liegen nicht vor; es kann aber angenommen werden, daß in dem mechanisch gereinigten Abwasser, das auf Tropfkörper verspritzt wird, erhebliche Mengen an organischem Stickstoff enthalten sind.

Um die im Freiland gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen, wurden orientierende Kulturexperimente bei Zimmertemperatur und natürlicher Beleuchtung wie folgt durchgeführt:

Aus verschiedenen Wasserläufen und stehenden Gewässern wurde Diatomeenmaterial gesammelt, durch Sedimentation von groben anorganischen Bestandteilen gereinigt und anschließend mit Leitungswasser gewaschen. Die Grundnährlösung wurde nach den von CHOLNOKY (1968) empfohlenen Richtlinien hergestellt. Das Material selbst war insteril, während die Nährlösungen sterilisiert wurden. Zum Vergleich diente eine Kultur, die mit Standortwasser angesetzt wurde. Die übrigen Kulturen enthielten unterschiedliche Stickstoffquellen, und zwar Harnstoff, Aminosäuren und Nitratstickstoff. Zur Probengewinnung für eine ständige mikroskopische Kontrolle wurden in die Kulturgefäße in Alkohol gereinigte Deckgläschen eingebracht. Die Animpfung erfolgte mit 5 ml Diatomeenaufschwemmung. Der pH-Wert der Kulturen betrug 7,2 - 7,4. Alle zwei bis drei Tage wurde eine Prüfung auf  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$  durchgeführt. Dadurch sollte die Desaminierung der Aminosäuren und eine mögliche bakterielle Nitrifizierung der

organischen N-Verbindungen zu Nitrat festgestellt werden. In den Kulturen mit organischen Stickstoffverbindungen konnte zu keiner Zeit Nitrat nachgewiesen werden. Nach der Bildung von  $\text{NH}_4^+$  wurde die Kulturlösung abgegossen und durch neue sterile Kulturlösung ersetzt. Auch bei der Vergleichs- und der  $\text{NO}_3^-$ -Kultur wurden die Lösungen im gleichen Zeitrhythmus gewechselt. Auf diese Weise konnten die Versuchsbedingungen über 6 Wochen in etwa gleich gehalten werden. Eine Bakterientrübe trat zu keinem Zeitpunkt auf. Durch die wöchentliche Entnahme eines Deckgläschens wurde die Entwicklung der Assoziationen verfolgt. Das Endergebnis ist in der nachstehenden Tabelle aufgeführt. Sie stellt eine Auswahl der insgesamt 48 nachgewiesenen Arten dar.

	1	2	3	4	5
	%	%	%	%	%
<i>Achnanthes minutissima</i>	0,8	72,2	0,4	0,7	20,8
<i>Cymbella ventricosa</i>	8,7	7,0	-	-	14,4
<i>Fragilaria intermedia</i>	28,8	8,9	-	-	17,4
<i>Gomphonema parvulum</i>	-	2,2	9,1	3,9	6,3
<i>Meridion circulare</i>	0,2	0,2	-	-	2,9
<i>Navicula seminulum</i>	23,0	0,1	1,5	9,9	6,5
<i>Navicula fluens</i>	-	-	79,1	0,6	-
<i>Navicula muralis</i>	-	-	4,0	-	-
<i>Navicula pelliculosa</i>	-	-	-	0,3	3,6
<i>Nitzschia palea</i>	4,9	0,2	3,2	21,5	0,2
<i>Synedra rumpens</i>	1,5	1,1	0,8	5,0	1,6

Tabelle 15. Artenauswahl aus Kulturversuchen (vgl. Text).

- 1 = Ausgangsmaterial
- 2 = Wasser vom natürlichen Standort
- 3 = Harnstoffzugabe
- 4 = Zugabe von Aminosäuren
- 5 = Nitratzugabe

*Achnanthes minutissima* vermehrt sich in der Probe mit Standortwasser optimal. Die geringere Vermehrung in der Nitratkultur ist für die Art auf das ungünstige N/P-Verhältnis zurückzuführen. *Cymbella ventricosa* und *Fragilaria intermedia* können organische Stickstoffverbindungen nicht verwerten, vermehrten sich aber in der Nitratkultur im Vergleich zum Standortwasser verstärkt. *Gomphonema parvulum*, im Ausgangsmaterial nicht gefunden, zeigte eine geringe Entwicklung in der Kultur mit Standortwasser und eine stärkere Vermehrung in der Harnstoff-, Aminosäuren- und Nitratkultur. Auch wenn es sich nur um orientierende experimentelle Untersuchungen handelt, so finden doch die Angaben von CHOLNOKY (1968) über die fakultative N-Heterotrophie dieser Art ihre Bestätigung. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei *Navicula seminulum*, jedoch reichen diese Versuche nicht aus, um auf eine fakultative Stickstoffheterotrophie schließen zu können. Sie bestätigen aber Freilanduntersuchungen, bei denen die Art in eutrophen Gewässern sehr häufig sein kann. Die bisher ökologisch unbekanntes *Navicula fluens* zeigte bei dieser Kulturanordnung, daß sie in der Lage ist, Harnstoff als Stickstoffquelle zu verwenden, während sie in der Nitrat-Kultur keine Vermehrung zeigte. Bisher nicht erklärbare Freilandergebnisse finden durch diese Versuche eine vorläufige Deutung. Die erzielten Ergebnisse müssen durch weitere Experimente erhärtet werden. Bei *Navicula muralis* ist auffallend, daß sie sich in der Harnstofflösung, nicht aber in der Kultur mit Aminosäuren als Stickstoffquelle vermehrte. Bemerkenswert ist ferner die Entwicklung von *Synedra rumpens* in der Kultur mit Aminosäuren. Bei *Nitzschia palea* werden die Ergebnisse von CHOLNOKY (1968) voll bestätigt. Da es sich bei den zum Animpfen verwendeten Diatomeen nicht um Reinformmaterial gehandelt hat, wuchsen in den Kulturen auch andere Algen. So entwickelten sich in den Lösungen mit organischen Stickstoffquellen sehr stark *Scenedesmus obliquus* und *Scenedesmus quadricauda*. Das gleiche gilt für Acti-

nastrum hantzschii, Microthamnion kützingianum und Tribonema monochloron. In den übrigen Kulturen war die Vermehrung der genannten Arten unbedeutend. Dieses zunächst unbeabsichtigte Ergebnis bestätigt sehr deutlich die Versuche von ALGEUS und zeigt, daß auch noch andere Algen in der Lage sind, organische Stickstoffquellen zu nutzen.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde häufig vom Stickstoff-Phosphor-Verhältnis (N/P-Verhältnis) gesprochen. Nach STUMM (zit. bei UHLMANN & ALBRECHT 1968) beträgt das atomare Gewichtsverhältnis der Hauptbioelemente, Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor in einer Algenbiomasse durchschnittlicher Zusammensetzung C:N:P = 106:16:1. Ein Wasser, in dem die Bioelemente in diesem Verhältnis vorhanden sind, wird im allgemeinen als ideale "Nährstofflösung" bezeichnet. Die Autoren zeigen an Hand vieler Beispiele und Graphiken, inwieweit sich verschiedene stehende Gewässer dieser Zusammensetzung der wichtigsten Bioelemente annähern oder entfernen. Durch Berechnung der Faktorenintensität nach einer modifizierten Gleichung von BAULE & MITSCHERLICH kann festgestellt werden, welches der Bioelemente sich im Minimum befindet und inwieweit das Gewässer von der möglichen Höchstproduktion entfernt ist. Die C-Komponente in dem atomaren Gewichtsverhältnis ist für stehende Gewässer oft von großer Bedeutung und kann limitierend wirken. In Fließgewässern, wo ein ständiger Austausch des Wassers erfolgt, spielt die Menge des anorganischen Kohlenstoffs keine entscheidende Rolle. Da meine ökologischen Ergebnisse hauptsächlich an Fließgewässern gewonnen wurden, konnte auf die C-Bestimmung verzichtet werden, zumal es in der Zeit noch keine befriedigende Methode zur Bestimmung des gesamten anorganischen C-Gehaltes gab. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird deshalb nur von dem N/P-Verhältnis gesprochen. Die grundlegende Arbeit von UHLMANN & ALBRECHT (1968) hat die Bedeutung des N/P-Verhältnisses gezeigt. Zahlreiche Berechnungen an Gewässern meines Untersuchungsgebietes ergaben, daß durch das N/P-Verhältnis

eine Charakterisierung der Gewässer bezüglich der Eutrophierung möglich ist.

Auswertungen mit der Fragestellung, inwieweit der Ammonium-, der Nitrit- oder der Nitratgehalt auf Diatomeen einen Einfluß ausüben, ergaben, daß durch die gleitenden Übergänge der einzelnen Stickstoffkomponenten in einem Fließgewässer keine Korrelation zur qualitativen und quantitativen Entwicklung von Diatomeen zu finden ist. Werden jedoch die einzelnen Komponenten des anorganischen und organischen Stickstoffs auf N umgerechnet und zusammengefaßt, so kann man feststellen, daß unterschiedliche Konzentrationen in Verbindung mit der P-Konzentration eine selektive Wirkung auf die Assoziationen ausüben. Wie die Arbeiten von CHOLNOKY gezeigt haben, gibt es Arten, die in polytrophen, mesotrophen oder oligotrophen Gewässern vorkommen. Da die N/P-Verhältnisse diese Gewässerzustände zu charakterisieren vermögen, müssen sie auch einen assoziationsbestimmenden Einfluß auf die Diatomeen ausüben. Zum Beispiel *Tabellaria flocculosa* und *Diatoma hiemale* v. *mesodon* sind für oligotrophe Gewässerzustände charakteristische Arten. Sie können also niemals bei einem N/P-Verhältnis, welches einem biologisch gereinigten Abwasser gleichkommt (17:1), vorkommen. Sie werden in Gewässern häufig sein, in denen das N/P-Verhältnis wesentlich höher liegt. Andererseits werden *Nitzschia palea*, *Navicula muralis*, *Navicula accomoda* oder andere Arten in oligotrophen Gewässern keine ausreichenden Lebensbedingungen vorfinden, da sie größere Mengen organischen Stickstoffs benötigen; daraus ergäbe sich ein N/P-Verhältnis, das dem hochkonzentrierter, organisch verschmutzter Gewässer ähneln würde. Auf Grund dieser Gedankengänge wurden alle ökologischen Daten der letzten Jahre im Hinblick auf die Aufstellung von Spektren für das N/P-Verhältnis der einzelnen Arten ausgewertet. Dabei stellte sich heraus, daß viele Arten ein eng begrenztes Optimum, andere Arten hingegen ein breiteres Spektrum haben. In der nachstehenden Ta-

belle 16 werden einige Beispiele angeführt.

	Mittelwert N/P
<i>Navicula accomoda</i>	18
<i>Navicula fluens</i>	25
<i>Navicula muralis</i>	45
<i>Nitzschia palea</i>	79
<i>Navicula cryptocephala</i>	311
<i>Navicula viridula</i>	674
<i>Gomphonema angustatum</i> var. <i>producta</i>	848

Tabelle 16. N/P-Verhältnisse (Mittelwerte) an den Fundorten ausgezählter Diatomeenarten.

Hierbei ist es gleichgültig, ob das N/P-Verhältnis durch die Einleitung von Abwässern oder andere N- bzw. P-Quellen entstanden ist.

Um aber zwischen verschiedenen N- und P-Herkünften weiter differenzieren zu können, wurde der  $N_Q$ -Wert oder der N-Quotient eingeführt. Wie schon weiter oben ausgeführt, stellt der  $N_Q$ -Wert das Verhältnis von organischem und anorganischem Stickstoff dar. Ein niedriges Nährstoffverhältnis auf Grund der Einleitung häuslicher Abwässer wird durch den hohen Anteil an organischem Stickstoff auch einen hohen  $N_Q$ -Wert bedingen, während ein niedriges N/P-Verhältnis auf Grund von Ausspülung von anorganischen Düngungen einen niedrigen  $N_Q$ -Wert zur Folge haben wird; entsprechend wird die Ausbildung der Assoziationen sein. Auch hier liegt eine selektive Wirkung vor. Deshalb wurden für den  $N_Q$ -Wert Spektren für die einzelnen Arten aufgestellt. Hierbei zeigte sich, wie auch beim N/P-Verhältnis, daß die einzelnen Arten bestimmte Bereiche des  $N_Q$ -wertes bevorzugen (Tab. 17).

Navicula accomoda	1,81
Navicula fluens	0,79
Navicula muralis	0,84
Nitzschia palea	0,62
Navicula cryptocephala	0,33
Navicula viridula	0,25
Gomphonema angustatum var. producta	0,25

Tabelle 17. Mittelwerte von  $N_Q$  (Verhältnis organischer N/ anorganischer N) für einige Diatomeenarten.

### 5.3. Substrateinflüsse und Mikrobiotope

CHOLNOKY (1968 ) vertritt die Ansicht, daß es nicht möglich ist, spezielle Diatomeenassoziationen für bestimmte Substrate zu finden, vorausgesetzt, daß die chemischen und physikalischen Verhältnisse des Wassers, welches die verschiedenen Substrate umgibt, gleich sind. Dieses gilt auch für die Epiphyten auf submers lebenden höheren Pflanzen. BOCK (1963) vertritt einen ähnlichen Standpunkt.

Bei Gewässeruntersuchungen findet man häufig auf verschiedenen Substraten, die sich oft auf engstem Raum befinden, verschiedene Assoziationen. Dieses erweckt den Eindruck, als habe das Substrat einen Einfluß auf die qualitative Entwicklung der Diatomeen. Ob ein Substrateinfluß möglich ist, soll an einigen Assoziationsbeispielen gezeigt werden.

#### Beispiel 1 (Tab. 18)

In einem kleinen Siefen des Aggergebietes wurden auf einem Stein und in einem Vaucheria-Rasen zwei gänzlich verschiedene Assoziationen gefunden. Das untersuchte Gesamtareal hatte eine Fläche von nur 0,040 qm. Im Vaucheria-Rasen hatte

sich eine *Surirella tenera*- *Meridion circulare*- *Frustulia vulgaris* - Assoziation ausgebildet, während auf dem Stein (Grauwacke) *Navicula viridula* und *Nitzschia communis* dominierend waren. Der Eutrophierungsgrad betrug 1,4 bzw. 23,0 %. *Surirella tenera* ist im Untersuchungsgebiet eine äußerst seltene Art. Der erhöhte Trophiegrad ist auf die oberhalb der Probeentnahmestelle angrenzenden Viehweiden zurückzuführen.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Vaucheria-Rasen %	Steinbesatz %
<i>Achnanthes lanceolata</i>	10,7	1,8
<i>Achnanthes minutissima</i>	3,7	7,2
<i>Cymbella ventricosa</i>	0,1	5,2
<i>Frustulia vulgaris</i>	<u>18,6</u>	0,2
<i>Meridion circulare</i>	<u>19,1</u>	0,9
<i>Navicula viridula</i>	0,9	<u>41,5</u>
<i>Navicula cryptocephala</i>	0,5	6,5
<i>Nitzschia communis</i>	-	<u>14,2</u>
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	5,6	-
<i>Surirella tenera</i>	<u>28,8</u>	
Teilsomme %	88,0	77,5
weitere Arten	<u>12,0</u>	<u>22,5</u>
	100,0	100,0
EG	1,4	23,0

Tabelle 18. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten. April 1968.

Beispiel 2 (Tab. 19)

In einem Waldtümpel mit geringem Zu- und Abfluß wurde ein Stück Holz und ein Stein in unmittelbarer Nachbarschaft exponiert und nach 4 Wochen untersucht. Es hatte sich eine *Achnanthes minutissima*-*Fragilaria intermedia*-Assoziation entwickelt. Es sind keine grundsätzlichen Unterschiede zu erkennen.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Steinbesatz %	Holzbesatz %
<i>Achnanthes minutissima</i>	<u>51,5</u>	<u>47,9</u>
<i>Cymbella ventricosa</i>	6,6	3,6
<i>Diatoma elongatum</i> v. minor	11,7	3,9
<i>Fragilaria intermedia</i>	<u>13,5</u>	<u>24,9</u>
<i>Gomphonema constrictum</i>	2,2	1,4
<i>Navicula viridula</i>	1,3	0,9
<i>Synedra ulna</i>	1,8	3,8
<i>Synedra acus</i>	5,6	9,1
Teilsumme %	94,2	94,8
weitere Arten	<u>5,8</u>	<u>5,2</u>
	100,0	100,0
EG	1,2	1,2

Tabelle 19. Diatomeenassoziation auf verschiedenen Substraten.  
Februar 1968.

Beispiel 3 (Tab. 20)

Ein weiterer Versuch wurde in einem Fließgewässer mit verschiedenen Substraten durchgeführt. Auf einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> wurde ein Grauwacke- und ein Kalkstein in der Nähe eines kräftigen Bestandes von *Ranunculus fluitans* vier Wochen exponiert. Auf den Steinen hatte sich *Ulothrix zonata* angesiedelt, so daß vier verschiedene Substrate getrennt analysiert werden konnten. Nennenswerte Unterschiede wurden, abgesehen von der geringen Entwicklung von *Cymbella ventricosa* und der stärkeren Entwicklung von *Diatoma hiemale v. mesodon* im Pflanzenbestand, nicht festgestellt.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Grauwacke %	Kalkstein %	<i>Ranunculus fluitans</i> %	<i>Ulothrix zonata</i> %
<i>Achnanthes minutissima</i>	3,7	13,5	3,4	7,7
<i>Cymbella ventricosa</i>	<u>22,9</u>	<u>33,5</u>	7,4	<u>34,7</u>
<i>Ceratoneis arcus</i>	2,7	2,2	0,3	2,3
<i>Diatoma hiemale v. mesodon</i>	<u>27,0</u>	<u>27,4</u>	<u>52,3</u>	<u>29,1</u>
<i>Fragilaria intermedia</i>	<u>25,4</u>	<u>11,6</u>	<u>17,7</u>	<u>11,4</u>
<i>Meridion circulare</i>	8,5	3,6	8,0	8,1
<i>Navicula viridula</i>	4,9	1,5	2,7	1,5
Teilsumme %	95,1	93,1	91,8	94,5
weitere Arten	<u>4,9</u>	<u>6,9</u>	<u>8,2</u>	<u>5,5</u>
	100,0	100,0	100,0	100,0
EG	2,0	1,3	1,4	2,5

Tabelle 20. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten. März 1970.

Beispiel 4 (Tab. 21)

In einem weiteren Versuch wurde eine gut gereinigte Glasplatte neben einen Grauwackestein 4 Wochen in einem schwach belasteten Quellbach exponiert. Wie die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, konnten keine besonderen Abweichungen festgestellt werden.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Glasplatte %	Stein %
<i>Achnanthes minutissima</i>	4,8	0,8
<i>Diatoma hiemale</i> v. <i>mesodon</i>	<u>35,2</u>	<u>45,9</u>
<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>acuta</i>	6,7	6,9
<i>Meridion circulare</i>	<u>14,4</u>	<u>18,2</u>
<i>Navicula viridula</i>	7,6	2,1
<i>Nitzschia communis</i>	<u>12,2</u>	<u>12,8</u>
<i>Nitzschia kützingiana</i>	1,0	2,3
<i>Synedra ulna</i>	5,0	4,2
Teilsumme %	86,9	93,2
weitere Arten	<u>13,1</u>	<u>6,8</u>
	100,0	100,0
EG	15,9	16,1

Tabelle 21. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten. Mai 1969.

Beispiel 5 (Tab. 22)

Im Deffernikbach im Bayerischen Wald (Falkensteingebiet) wurden auf einem Stein (Granit) und im Moosrasen (*Eurhynchium rusciforme* und *Nardia obovata*) gänzlich verschiedene Assoziationen gefunden. Der Bach ist ohne anthropogene Einflüsse. In der Assoziation, die auf dem Stein gefunden wurde, dominierten *Diatoma hiemale v. mesodon*, *Fragilaria virescens* und *Fragilaria capucina*, während im Moosrasen *Synedra ulna* und *Nitzschia hantzschiana* vorherrschten. Der Eutrophiegrad betrug auf dem Stein 3,0 und im Moosrasen 21,2 ‰.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Moos ‰	Stein ‰
<i>Achnanthes minutissima</i>	2,2	6,0
<i>Cymbella ventricosa</i>	2,5	4,6
<i>Diatoma hiemale v. mesodon</i>	0,8	<u>18,5</u>
<i>Fragilaria virescens</i>	3,6	<u>19,2</u>
<i>Fragilaria capucina</i>	3,6	<u>22,0</u>
<i>Navicula cryptocephala</i>	4,4	1,2
<i>Gomphonema longiceps v. subclavata</i>	-	6,0
<i>Nitzschia hantzschiana</i>	<u>17,6</u>	2,3
<i>Synedra ulna</i>	<u>32,6</u>	0,6
Teilsumme ‰	67,3	80,4
weitere Arten	<u>32,7</u>	<u>19,6</u>
	100,0	100,0
EG	21,2	3,0

Tabelle 22. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten. September 1967.

Beispiel 6 (Tab. 23)

Die Untersuchung einer Quelle in der Zentralschweiz, unweit von Färnigen in 2200 m Höhe, ergab auf drei verschiedenen Substraten auch drei verschiedene Assoziationen. Auf dem Kalkstein wurde eine *Diatoma hiemale-Fragilaria virescens*-, im *Draparnaldia glomerata*-Rasen eine *Ceratoneis arcus*- und im *Philonotus seratia*-Rasen eine *Achnanthes minutissima-Navicula seminulum*-Assoziation gefunden. Das Gesamtareal der kleinen Quelle betrug etwa  $1/4 \text{ m}^2$ .

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Stein %	Algen %	Moos %
<i>Achnanthes minutissima</i>	11,4	<u>23,8</u>	<u>39,2</u>
<i>Cymbella hebridica</i>	0,1	3,6	0,2
<i>Cymbella ventricosa</i>	-	14,3	0,3
<i>Cymbella amphicephala</i>	-	2,8	-
<i>Ceratoneis arcus</i>	-	<u>28,7</u>	0,1
<i>Diatoma hiemale</i>	<u>44,9</u>	6,8	0,1
<i>Diatoma hiemale v. mesodon</i>	4,2	3,9	2,0
<i>Fragilaria virescens</i>	<u>18,8</u>	-	0,6
<i>Fragilaria capucina v. lanceolata</i>	8,7	3,4	8,9
<i>Navicula seminulum</i>	0,4	0,7	<u>23,8</u>
<i>Nitzschia amphibia</i>	-	0,8	11,2
<i>Synedra minuscula</i>	2,8	1,1	0,3
Teilsomme %	91,3	89,9	86,6
andere Arten	<u>8,7</u>	<u>10,1</u>	<u>13,4</u>
	100,0	100,0	100,0
EG	0,0	1,5	35,0

Tabelle 23. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten. September 1968.

Beispiel 7 (Tab. 24)

In der Uferzone der Genkeltalsperre konnten vergleichende Untersuchungen an pflanzlichen Substraten durchgeführt werden. Es wurden jeweils die Epiphyten-Assoziationen auf *Ranunculus fluitans*, *Cladophora glomerata* und *Equisetum palustre* analysiert. Die Algen und Makrophytenbestände wuchsen dicht beieinander, so daß Unterschiede in den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers nicht vorhanden waren. Die dominierenden Arten des *Cladophora*- und *Ranunculus*-bestandes waren *Achnanthes minutissima*, *Gomphonema angustatum* v. *producta* und *Synedra ulna*, während auf den *Equisetum*-Stengeln eine *Achnanthes minutissima*-*Tabellaria flocculosa*-Assoziation gefunden wurde. Der Eutrophierungsgrad war auf allen Substraten praktisch gleich.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	<i>Ranunculus fluitans</i> %	<i>Clad. glom.</i> %	<i>Equisetum</i> %
<i>Achnanthes minutissima</i>	<u>57,6</u>	<u>42,2</u>	<u>37,9</u>
<i>Cymbella ventricosa</i>	5,0	2,7	0,2
<i>Gomphonema constrictum</i>	1,3	2,7	2,9
<i>Gomphonema angustatum</i> v. <i>producta</i>	<u>14,0</u>	<u>15,9</u>	2,2
<i>Synedra ulna</i>	<u>12,2</u>	<u>33,8</u>	3,4
<i>Synedra acus</i>	0,7	0,4	7,3
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1,6	0,1	<u>20,3</u>
Teilsumme %	92,4	95,1	74,2
weitere Arten	<u>7,6</u>	<u>4,9</u>	<u>25,8</u>
	100,0	100,0	100,0
EG	2,0	0,0	1,0

Tabelle 24. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten; *Ranunculus fluitans* - *Cladophora glomerata* - *Equisetum*. Juli 1970.

Beispiel 8 (Tab. 25)

Im Vergleich zum Beispiel 7 wurden im Pelagial der gleichen Talsperre künstliche Substrate und zwar Nylonschnüre und Glasplatten nebeneinander exponiert. Diese Untersuchung wurde auf Anregung von CHOLNOKY (1968) durchgeführt, der die Ansicht vertritt, Nylonschnüre seien Glasplatten vorzuziehen. Auf den Nylonschnüren wurde dominierend *Tabellaria flocculosa* und co-dominierend *Achnanthes minutissima* gefunden, während auf den Glasplatten eine *Achnanthes minutissima*- *Stephanodiscus astraea* v. *minutula*-Assoziation wuchs.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Nylon %	Glas %
<i>Achnanthes minutissima</i>	<u>18,1</u>	<u>30,5</u>
<i>Anomoeoneis exilis</i>	2,1	-
<i>Fragilaria capucina</i>	7,4	1,8
<i>Fragilaria crotonensis</i>	2,9	9,4
<i>Navicula cryptocephala</i>	0,1	<u>14,9</u>
<i>Stephanodiscus astraea</i> v. <i>minutula</i>	-	<u>31,8</u>
<i>Synedra acus</i>	2,0	0,5
<i>Synedra ulna</i>	2,5	1,2
<i>Tabellaria flocculosa</i>	<u>53,5</u>	0,2
<i>Tabellaria fenestrata</i>	4,0	0,5
Teilsomme	92,6	90,8
weitere Arten	<u>8,4</u>	<u>9,2</u>
	100,0	100,0
EG	1,5	1,0

Tabelle 25. Diatomeenassoziation auf verschiedenen Substraten; Nylonschnüre - Glasplatten. März 1969

Beispiel 9 (Tab. 26)

Zur Ermittlung des Eutrophierungsgrades wurden häufig vergleichende Untersuchungen des Besatzes auf Glasplatten des Pelagials mit dem Besatz auf Steinen im Litoral der gleichen Talsperre durchgeführt. Wie dieses Beispiel zeigt, war der Eutrophierungsgrad im Litoral deutlich höher.

Arten (Auszug aus dem Protokoll)	Litoral %	Pelagial %
<i>Achnanthes minutissima</i>	<u>74,9</u>	<u>62,3</u>
<i>Cymbella ventricosa</i>	2,2	3,1
<i>Cymbella microcephala</i>	-	4,6
<i>Diatoma elongatum</i>	-	3,5
<i>Nitzschia paleacea</i>	<u>10,8</u>	-
<i>Synedra acus v. angustissima</i>	-	<u>22,1</u>
<i>Synedra rumpens</i>	5,2	0,1
Teilsomme %	93,1	95,7
weitere Arten	<u>6,9</u>	<u>4,3</u>
	100,0	100,0
EG	12,1	0,2

Tabelle 26. Diatomeenassoziationen auf verschiedenen Substraten; Litoral: Steine; Pelagial: Glasplatten. Juni 1969.

## Diskussion der Ergebnisse

Die zum Teil stark abweichenden Assoziationen auf verschiedenen Substraten machen eine getrennte Probeentnahme und Analyse erforderlich. Nur so können Mischassoziationen vermieden werden, die eine Wassergütebeurteilung erheblich erschweren. Typisch hierfür ist das Beispiel 1 (Tab. 18), wo der Eutrophierungsgrad und die qualitative Entwicklung der Assoziationen große Unterschiede aufweisen. Vergleichend hierzu wurden weitere *Vaucheria*-Bestände untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, daß überall andere Assoziationen vorkamen, wodurch die Ansicht von CHOLNOKY bestätigt wird, daß es keine speziellen Vergesellschaftungen für bestimmte Substrate gibt. Der unterschiedliche Eutrophierungsgrad läßt den Schluß zu, daß im Algenrasen eine Art Mikroklima herrschen muß, das nicht dem des freien Wassers entspricht. Die chemische und physikalische Erfassung eines Mikroklimas gestaltet sich in Folge der Kleinheit des Raumes schwierig. Am einfachsten ist der Nachweis der Änderung des pH-Wertes durch die Assimilation der Algen. So zum Beispiel konnten während der Mittagszeit in Algenrasen pH-Werte von 9,0 - 9,6 gemessen werden, wogegen im freien Wasser nur Werte von 7,0 - 7,5 gefunden wurden. Diese Werte unterliegen tagesperiodischen Schwankungen und sind außerdem von der Lichtintensität abhängig. Parallel dazu verhält sich das Sauerstoff-Kohlensäureverhältnis und die unterschiedliche Aufnahme biologisch wirksamer Stoffe aus dem vorbeiströmenden Wasser. Im stehenden Wasser können unter Umständen Verarmungszonen entstehen. Die Epiphyten auf Algenrasen müssen an die schwankenden Milieuverhältnisse angepaßt sein. Auf das Vorhandensein von Mikroklimaten hat auch WEBER (1959) hingewiesen.

Für Untersuchungen, die der Feststellung des Eutrophierungsgrades dienen, sollten die Proben ausschließlich von Steinen, künstlichen Substraten oder anderen festen Gegenständen entnommen werden. Dieses gilt auch für autökologische Unter-

suchungen, wenn nicht gleichzeitig die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers in den Algen- und Makrophytenbeständen untersucht werden. Feste Substrate, zum Beispiel Steine, Holz oder Glasplatten haben keinen Einfluß auf die qualitative Entwicklung von Diatomeenassoziationen, wie die Beispiele 2,3 und 4 zeigen. Anders liegen die Verhältnisse in den Moosrasen von Beispiel 5 und 6.

Im Deffernikbach (Tab. 22) betrug der Eutrophierungsgrad der Assoziation auf dem Stein 3,0, während im Moosrasen 21,2 % ermittelt wurden. Abwassereinleitungen oder andere Verunreinigungen sind ausgeschlossen. Der hohe EG im Moos kann durch ein Mikroklima erklärt werden, das nicht den chemischen und physikalischen Eigenschaften des freien Wassers entspricht. Wie schon an anderer Stelle ausgeführt, wirkt ein Moospolster im Bach als Filter für Detritus und andere Partikel, die hier festgehalten und mikrobiell zersetzt werden.

Auch das Beispiel 6 (Tab. 23) zeigt im Moospolster einen beachtlichen EG von 35,0%, obwohl anthropogene Belastungen in dieser großen Höhe ausgeschlossen werden können. Bemerkenswert ist die codominierende Häufigkeit von *Navicula seminulum*, die für eutrophe Gewässer besonders typisch ist.

Die Untersuchungen der Makrophytenbestände im Beispiel 7 (Tab. 24) läßt eine bemerkenswerte Sonderheit erkennen. Auf den Stengeln von *Equisetum* wurde eine *Achnanthes minutissima*-*Tabellaria flocculosa*-Assoziation gefunden. Bezüglich des pH-Wertes zeigen die Arten ein entgegengesetztes Verhalten. *Achnanthes minutissima* hat ihr Optimum bei pH 7,5 - 7,8 und *Tabellaria flocculosa* bei 5,5. Solche extrem niedrigen pH-Werte können niemals in der Talsperre vorkommen und sind vom ersten Einstau an bis heute nicht gemessen worden. Hier kann es sich nur um einen echten Substrateinfluß handeln.

Ähnliche Verhältnisse zeigt das Beispiel 8 (Tab. 25). Im Pelagial sollte der Unterschied zweier künstlicher Substrate geprüft werden. Auf Nylonschnüren entwickelte sich *Tabellaria flocculosa* mit einer Häufigkeit von 53,5% und *Achnanthes minutissima* mit 18,1 %. Auch hier liegt ein echter Substrateinfluß vor. Das Wasser hatte in dieser Entwicklungsperiode einen assimilationsbedingten pH-Wert von 8,1 - 8,5. Auf den gleichzeitig exponierten Glasplatten wuchs *Tabellaria flocculosa* nur mit einer Häufigkeit von 0,2 %. Dieser Zufallsfund ist durch die unmittelbare Nachbarschaft zu den Nylonschnüren zu erklären. Zur Überprüfung der Beeinflussung des pH-Wertes durch das Substrat wurde in der Talsperre ein Stück gereinigte Nylonschnur von 20 cm Länge entnommen und in 300 ml Standortwasser (pH 8,1) verschlossen und dunkel aufbewahrt. Laufende Kontrollen des pH-Wertes ergaben zunächst eine schnelle und dann eine langsamer werdende Abnahme des pH-Wertes, der nach 15 Tagen den Wert 5,5 erreichte. Eine Vergleichsprobe ohne Nylonschnur hatte nach 2 Tagen einen pH-Wert von 7,2 und veränderte sich dann nicht mehr. Die Säureabgabe der Nylonschnur kann hierdurch als erwiesen angesehen werden. Die rasche pH-Abnahme in den ersten Tagen ist auf die Unterbrechung der Assimilationstätigkeit der Planktonalgen zurückzuführen. Wie dieses Beispiel zeigt, sind Nylonschnüre als künstliche Substrate ungeeignet.

Glasplatten haben sich bis jetzt als indifferent erwiesen. Größere Glasplatten (12 x 24 cm) sind besonders vorteilhaft. Der Einsatz von Objektträgern ist nur dann vorteilhaft, wenn gleichzeitig auch andere Algen oder Diatomeen lebend untersucht werden sollen.

Zur Überprüfung des Trophiezustandes stehender Gewässer wurden vergleichende Untersuchungen im Pelagial und Litoral vorgenommen (Beispiel 9, Tab. 26). Dabei zeigte sich, daß Litoralproben stets einen höheren Trophiegrad aufwiesen als die Proben von künstlichen Substraten im Pelagial. Der Einfluß des oft schlammigen Untergrundes des Ufersaumes ist deutlich

erkennbar. Aber auch ohne Schlammablagerungen können in der Brandungszone veränderte Assoziationen gefunden werden, weil biologisch wirksame Stoffe aus dem Untergrund frei werden. Oft ist in diesem Bereich eine deutliche Lehmtrübe mit hohen Phosphor- und Stickstoffgehalten festzustellen. Trophieuntersuchungen sollten deshalb auf künstlichen Substraten im Pelagial durchgeführt werden.

#### 5.4. Die Jahresperiodizität der Diatomeen und der Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung von Assoziationen

##### 5.4.1. Allgemeines

Die Jahresperiodizität der Algen als assoziationsbestimmender Faktor ist, wie bereits im Abschnitt 2 ausgeführt wurde, von EICHENBERGER (1967) an einem Vorflutermodell näher untersucht worden. BUDE (1942) versuchte auf Grund floristischer Untersuchungen eine Abhängigkeit zwischen Jahreszeit und Diatomeenentwicklung nachzuweisen. Auch ROUND (1968) beschreibt den Jahreszyklus verschiedener planktischer Formen und von Algen-gesellschaften unterschiedlicher Substrate. Für die epilithische Flora räumt er ein, daß sie ganzjährig vorhanden und daß über die verschiedenen Aspekte im Wechsel der Jahreszeiten wenig bekannt ist, wohingegen bei Epiphyten ein deutlicher Wachstumszyklus beobachtet werden kann, der jahreszeitlich bedingt ist.

Die jahreszeitliche Entwicklung der Makrophyten ist in unseren Breiten klimatisch bedingt. Diese Periodizität ist aber nicht ohne weiteres auf das Wachstum der submers lebenden Mikrophyten zu übertragen, da hier die klimatischen Extreme

wesentlich gemildert werden. Die Besiedlung höherer Pflanzen im Wasser, z.B. Phragmites, ist vom Entstehen und Vergehen dieses Substrates abhängig und nicht artspezifisch. Hier wird eine Jahresperiodizität induziert, die in Wirklichkeit gar nicht vorhanden ist.

Massenentfaltungen einzelner Arten sind zu allem Jahreszeiten möglich, vorausgesetzt, daß die Milieuverhältnisse optimal sind. Eine jahreszeitliche Abhängigkeit der Entwicklung von Diatomeen würde bedeuten, daß auch die Temperatur auf die qualitative Ausbildung von Assoziationen einwirken würde. CHOLNOKY (1968) hat hierzu ausführlich Stellung genommen; er nimmt an, daß die Temperatur auf die Vermehrung der Diatomeen keinen oder einen unbedeutenden Einfluß ausübe und daß eine selektive Wirkung überhaupt nicht in Frage kommen kann. Unbestritten ist jedoch der Zusammenhang zwischen Temperatur und bestimmten abiotischen Faktoren. Zum Beispiel besteht eine Abhängigkeit zu der Menge der im Wasser gelösten Gase, zum pH-Wert etc., so daß eine indirekte Wirkung möglich ist. Daß der Einfluß der Temperatur gegenüber anderen Faktoren als gering anzusehen ist, soll an folgendem Beispiel verdeutlicht werden.

*Asterionella formosa* wurde bisher als kälteliebend bezeichnet (LIEBMANN 1951). RUTTNER (1952) zählt sie zur Gruppe der kaltstenothermen oder oligothermen Organismen, soweit sie in Alpenseen vorkommt. In den Seen des Flachlandes soll die Art eurytherm sein. Weiter sagt RUTTNER (1952) wörtlich: "Wir haben hier Rassen bzw. Varietäten vor uns, die wohl nach den Gesichtspunkten der morphologischen Systematik nicht zu trennen, aber in ihren physiologischen Merkmalen sehr verschieden sind, sogenannte Oekotypen, die sich natürlich nicht nur in Bezug auf die Temperaturansprüche unterscheiden können." Für diese Art galt immer die Auffassung, daß sie eine Frühjahrs- bzw. Herbstform sei (z.B. ROUND 1968). Neuere Untersuchungen am Bodensee (GRIM 1967) haben gezeigt, daß *Asterionella for-*

mosa zu allen Jahreszeiten zur Massenentfaltung befähigt zu sein scheint. Auch haben sich im Bodensee die früher auftretenden Frühjahrsmaxima in den Sommer hinein verschoben.

Eigene Untersuchungen ergaben, daß die frühere Annahme, *Asterionella* wandere mit zunehmender Erwärmung in kühlere Schichten ab, nicht zutreffend ist. Zu keinem Zeitpunkt konnte unterhalb der photischen Zone eine Vermehrung festgestellt werden. Auch die von ROUND (1968) beschriebenen Freilandversuche mit Algenkulturen in Versuchsflaschen in verschiedenen Seetiefen zeigten bei guter Belichtung und höherer Temperatur den stärksten Zuwachs, während mit zunehmender Tiefe eine Abnahme festzustellen war. Zeitweilige Maxima im Hypolimnion entstehen durch die Verfrachtung aus höheren Schichten oder durch Zusammenballungen infolge von verschiedenen Strömungen.

HOFFMANN (1966) stellte an der Waidatalsperre fest, daß *Asterionella formosa* regelmäßig zu allen Jahreszeiten in der Hauptsperre vertreten war und Wasserblüten bildete. Das Maximum von 4 Millionen Zellen pro Liter wurde Anfang September 1962 beobachtet. HOFFMANN stellte weiter fest, daß *Asterionella* in der Waidasperre wie in anderen Talsperren im Niederschlagsgebiet der Weißen Elster nicht kälteliebend ist. Die Maxima der Entwicklung liegen im August und September bei einer Temperatur von 18°C.

Nach den Untersuchungen am Bodensee, der Waidasperre und eigenen Beobachtungen muß angenommen werden, daß eine Vermehrung von *Asterionella* nicht temperatur- sondern nährstoffbedingt ist. *Asterionella formosa* entwickelt sich bei einem Phosphorgehalt von 2 µg/l optimal, während sie bei 5 µg/l bereits gehemmt wird. Daraus kann gefolgert werden, daß in eutrophen Seen und Talsperren *Asterionella* sich erst dann optimal entwickelt, wenn im Gewässer durch andere Planktonorganismen ein Phosphatverbrauch bis zu einem gewissen Grade stattgefunden hat und hierdurch das optimale N/P-Verhältnis

eingestellt worden ist. Außerdem ist nur dann eine Massenvermehrung zu erwarten, wenn der Siliziumgehalt höher als 3 mg/l ist. Die Entwicklung hört auf, wenn dieser Wert unter 0,5 mg/l absinkt. Die Voraussetzungen hängen u.a. von der Beschaffenheit der Zuflüsse, also dem Nährstoffeintrag, der Entwicklung anderer Arten, dem Wirkungsmechanismus der Vorsperren ab, jedoch nicht von der Jahreszeit.

Im Abschnitt 2.1. wurde bereits ausgeführt, daß eine Jahresperiodizität in belasteten Gewässern von derjenigen in anderen Gewässern abweichen kann und auch nicht konstant ist. Dieses wurde am Beispiel von *Asterionella formosa* verdeutlicht. Auch die bereits erwähnte Arbeit von EICHENBERGER (1967) bestätigt diese Annahme.

Zur Überprüfung der Frage, ob es eine Jahresperiodizität der Diatomeen gibt und wenn ja, welchen Einfluß sie auf die Entwicklung von Assoziationen ausübt, habe ich eigene Untersuchungen durchgeführt. Hierzu wurde ein Gebiet ausgewählt, in dem die untersuchten Bäche und Teiche auf engstem Raum zusammenliegen. Das Quellgebiet der Agger erschien besonders geeignet, weil hier eine einheitliche geologische Formation vorliegt, so daß grundsätzliche Unterschiede in der Wasserbeschaffenheit nicht zu erwarten sind. Das gesamte Gebiet ist, abgesehen von geringen Teilstücken, mit Mischwald bestanden. Eine geringe Belastung durch häusliche und landwirtschaftliche Abwässer ist in zwei Wasserläufen durch einige Gehöfte gegeben, während andere völlig unbelastet oder durch eine intensive Fischwirtschaft stark eutrophiert sind. Die Probeentnahmestellen liegen zum größten Teil nur einige hundert Meter auseinander, so daß unter der Voraussetzung, daß die Jahresperiodizität eine feststehende Tatsache ist, die Entwicklung der Assoziationen überall gleich sein müßte, wenn nicht noch andere Faktoren einen Einfluß ausüben.

Die wichtigsten Ergebnisse der ganzjährigen Untersuchung sind als Beispiele graphisch dargestellt. Die relative Häufigkeit einzelner Arten ist den wirksamen biotischen und abiotischen Faktoren gegenübergestellt. In Abb.1 bis 4 wird die Häufigkeit einiger Diatomeenarten in verschiedenen Fließgewässern und einem Teich dargestellt.

Abb. 1 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung in einem völlig unbeeinflussten Quellbach. Die Temperatur schwankt zwischen  $11^{\circ}\text{C}$  im Sommer und  $2-3^{\circ}\text{C}$  im Winter. Der pH-Wert unterliegt keinen größeren Schwankungen. Er beträgt im Mittel 7,45. Das N/P-Verhältnis beträgt in der wärmeren Jahreszeit 200 - 500 und steigt während der Frostperiode (starker Dauerfrost und viel Schnee) auf über 2000 an. Mit Beginn der Schneeschmelze wird wieder der ursprüngliche Wert erreicht. Der N-Quotient schwankt zwar, ist aber abgesehen von der Zeit des Laubfalls gleichbleibend niedrig. Der Eutrophierungsgrad (EG) ist während des ganzen Jahres fast gleich und sehr gering.

In Abb.2 ist die Entwicklung einiger Diatomeenarten in der Agger unterhalb der Zuflüsse verschiedener Quellbäche und der Abflüsse einer Fischteichwirtschaft zusammen mit den wirksamen biotischen und abiotischen Faktoren aufgetragen. Der pH-Wert liegt, abgesehen von den Monaten Mai und Juni, um 7,5 und sinkt nur während der Schneeschmelze vorübergehend auf 6,6 ab. Die Temperaturen liegen während des Sommers zwischen  $12$  und  $14^{\circ}\text{C}$  und während des Winters zwischen  $1$  und  $3^{\circ}\text{C}$ . Die starken Schwankungen der Wassergüte kommen durch das N/P-Verhältnis, den N-Quotient und den EG zum Ausdruck.

Ein wiederum völlig anderes Bild zeigt Abb.3 von einem Quellgewässer, das durch häusliche und landwirtschaftliche Abwässer schwach belastet ist. Die Temperatur des Gewässers steigt von  $6^{\circ}\text{C}$  im April auf  $14^{\circ}\text{C}$  im August an. Das Minimum wurde im Januar mit  $2^{\circ}\text{C}$  gemessen. Der pH-Wert liegt, abgesehen von der Zeit der Schneeschmelze, zwischen 7,5 und 7,9.

Das N/P-Verhältnis schwankt vom April bis Dezember zwischen 400 und 700, während es von Januar bis März entsprechend der Erhöhung des  $N_Q$ -Wertes auf 150 - 300 zurückgeht. Der N-Quotient liegt von April bis Dezember zwischen 0,15 und 0,35 und steigt im Januar auf 0,85 und erreicht im März wieder den Normalwert. Die Ursache hierfür ist das stoßweise Ablassen von Jauche, da diese während des strengen schneereichen Winters landwirtschaftlich nicht verwertet werden konnte. Solche vorübergehenden Stöße wirken sich erfahrungsgemäß nicht assoziationsbestimmend auf Diatomeen aus, da sich die Biologie eines Gewässers auf den mittleren Gütezustand einstellt. Die Erhöhung der Trophie von August bis November ist zwar biologisch, aber nicht chemisch nachweisbar.

Abb.4 zeigt die Verhältnisse in einem extensiv betriebenen Fischteich, der während der Untersuchungsperiode mit Karpfen und Schleien besetzt war. Der Zufluß erfolgte aus anderen Teichen und war stark eutroph. Das Temperaturmaximum wurde im Juni und Juli mit  $16^{\circ}\text{C}$  und das Minimum im Januar mit  $1^{\circ}\text{C}$  gemessen. Der pH-Wert stieg infolge einer starken Planktonentwicklung auf über 9 an und schwankt von Juli bis März zwischen 7,1 und 7,5. Der N-Quotient betrug von Mai bis August 1,5 und ging dann langsam, insbesondere nach Einstellung der Fischteichwirtschaft im Oktober auf den Normalwert von 0,2 - 0,3 zurück. Entsprechend verhält sich das N/P-Verhältnis, das gegen Schluß der Untersuchungsperiode auf über 600 ansteigt. Der EG schwankt bis zum Dezember zwischen 25 und 45 und geht entsprechend dem fallenden  $N_Q$ -Wert und dem steigenden N/P-Verhältnis auf Normalwerte zurück.

## 5.4.2. Die Jahresperiodizität einzelner Arten

### 5.4.2.1. *Achnanthes minutissima*

Die Entwicklung der Art beginnt im unbelasteten Gewässer (Abb.1) im Mai und erreicht ein Maximum mit 40-50% im Juni, das infolge günstiger Milieuverhältnisse (pH 7,4 - 7,6; N/P 200-500; EG > 10) bis November anhält. Der Rückgang auf 15-18 % während der Monate Dezember bis März ist durch den Anstieg des N/P-Verhältnisses und die damit verbundene stärkere Entwicklung von *Diatoma hiemale* v. *mesodon* bedingt. Die Temperatur übt keinen Einfluß aus, da hier im Dezember bei etwa 2°C das Jahresmaximum mit 32% erreicht wird.

Im zweiten Gewässer (Abb.2) begann die Entwicklung von *Achnanthes minutissima* ähnlich wie in Abb.1 gezeigt, jedoch wurde sie durch die plötzlich einsetzende Eutrophierung gehemmt. Die Ursache für diese Eutrophierung war der Abfluß eines oberhalb liegenden kleinen Fischteiches, in dem Jungfische (Forellen) gefüttert wurden. Durch die so veränderten Wassergüteverhältnisse konnten sich verschiedene Nitzschia-Arten stark entwickeln. Die Vermehrung von *Achnanthes minutissima* wurde gehemmt. Das Maximum der Vermehrung erreicht die Art im Februar bei Temperaturen von 3°C, bei steigendem N/P-Verhältnis, fallendem  $N_Q$ -Wert und niedrigem EG.

Im abwasserbelasteten Fließgewässer (Abb.3) beginnt die Vermehrung von *Achnanthes minutissima* nur zögernd und erreicht das Maximum im Juli und wird im August trotz des optimalen pH-Wertes und N/P-Verhältnisses nicht mehr gefunden. Als Ursache hierfür kommt die Erhöhung der Trophie des Gewässers von August bis November in Frage.

Im Teich (Abb.4) konnte sich *Achnanthes minutissima* in den Frühjahrs- und Sommermonaten wegen der starken Eutrophierung nicht entwickeln. Erst mit Abnahme des N-Quotienten und des

EG begann im September die Vermehrung. Sie blieb bei wechselnder Häufigkeit gering und erreichte ein wenig ausgeprägtes Maximum im Februar.

#### 5.4.2.2. *Diatoma hiemale* v. *mesodon*

In dem unbelasteten Gewässer (Abb.1) ist eine optimale Entwicklung von Dezember bis April festzustellen. Aber auch während des Sommers ist die Art fast konstant mit etwa 10% in den Assoziationen vertreten. Voraussetzung für eine optimale Entwicklung ist vor allem ein niedriger EG bzw.  $N_Q$ -Wert, die beide während des ganzen Jahres gleichbleiben. Bezüglich des N/P-Verhältnisses ist die Art nicht sehr wählerisch, so daß die Unterschiede von Sommer und Winter keine Rolle spielen. Die Art bevorzugt einen pH-Bereich von 7,0 - 7,4. Die Überschreitung dieser Werte in den Sommermonaten ist ein Grund für den Rückgang der Entwicklung, zumal der anschließende Bereich von 7,5 - 7,6 optimal für die Entwicklung von *Achnanthes minutissima* ist. Daß ein Konkurrenzverhalten der Arten untereinander auf diese Weise assoziationsbestimmend sein kann, zeigt die Abb.1 sehr deutlich. Man könnte aus der Darstellung ferner den Schluß ziehen, daß die Temperatur einen Einfluß auf die Entwicklung habe. Daß dieses nicht zutrifft, geht aus der Tatsache hervor, daß *Diatoma hiemale* v. *mesodon* im August in der Schloßquelle Gimborn dominierend mit 81% gefunden wurde. Die Temperatur betrug hier 10,5°C, was den Sommertemperaturen des beschriebenen Gewässers entspricht. In einem anderen Quellbach wurde bei einer sommerlichen Wassertemperatur von 15,4°C *Diatoma hiemale* v. *mesodon* dominierend mit 73% gefunden.

Wie diese Beispiele zeigen, hat die Temperatur keinen Einfluß auf die Vermehrung der Art, da sie von 2 - 15°C dominierend sein kann. Die maximale Entwicklung im Winter, bei einer Sonnenscheindauer von nur 15 - 30 Stunden im Monat, läßt vermuten, daß die Art eine geringere Lichtintensität bevorzugt.

Diese Vermutung wird dadurch gestärkt, daß sich die Fassung der Schloßquelle Gimborn nicht dem direkten Tageslicht ausgesetzt befindet. Hier herrschen bezüglich der Lichtintensität Verhältnisse, wie sie im Winter in den Bächen vorgefunden werden. In dem Gewässer der Abb.2, unterhalb der intensiv betriebenen Teichwirtschaft, setzt eine zögernde Entwicklung mit abnehmenden EG und sinkendem N-Quotient und pH-Wert ein, woraus gefolgert werden kann, daß stärkere Eutrophierungen gemieden werden. In dem Quellbach der Abb.3 mit schwacher häuslicher Abwasserbelastung kommt die Art nur sehr vereinzelt vor. Die Ursache ist neben der Abwasserbelastung der pH-Wert, der, abgesehen von der Zeit der Schneeschmelze, zwischen 7,6 und 7,8 lag. Außerdem ist die Lichtintensität in diesem Gewässer durch seine topogene Lage in einem Wiesental gegenüber anderen Bächen hoch. In dem Fischteich (Abb.4) findet die Art durch die starke Eutrophierung keine Lebensmöglichkeit. Im allgemeinen wird sie in beschatteten Quellbächen mit stärkerer Strömung gefunden. Jedoch ist sie von dieser nicht abhängig. So wurde sie z.B. auf künstlichem Substrat in einem Stauweiher dominierend festgestellt. Hierzu sei bemerkt, daß die Lichteinwirkungen durch eine mehrere Zentimeter dicke Eisdecke abgeschwächt war. Auch CHOLNOKY (1968) bestätigt das Vorkommen in stehenden Gewässern.

#### 5.4.2.3. *Navicula viridula*

In dem nicht beeinflussten Gewässer (Abb.1) kommt *Navicula viridula* trotz optimaler pH- und Nährstoffverhältnisse nur zögernd zur Entwicklung. Im Gewässer der Abb.2 findet die Art bei dem überwiegend hohen Eutrophierungsgrad sowie bei hohen und stark schwankenden N/P- und  $N_Q$ -Verhältnissen trotz des günstigen pH-Wertes keine Möglichkeit zur Vermehrung. In dem schwach belasteten Quellgewässer (Abb.3) kann sich *Navicula viridula* während des ganzen Jahres unter für sie günstigen Milieuverhältnissen entwickeln. Da die Bedingung auch für *Achnanthes minutissima* fast optimal ist, geht der Rückgang von *Navicula viridula* parallel mit dem Anstieg von *Achnanthes*

minutissima. Auch hier erkennt man das Konkurrenzverhalten der Arten untereinander. Beide werden in der Entwicklung durch die Erhöhung der Trophie von August bis November gehemmt, wodurch *Melosira varians* die Möglichkeit hat, sich zu vermehren. Durch den zu niedrigen pH-Wert im Februar und März ist ein Rückgang von *Achnanthes minutissima* und *Navicula viridula* zu beobachten, während sich hierdurch begünstigt *Gomphonema olivaceum* v. *minutissima* entwickeln kann. Im Teich (Abb.4) hat *Navicula viridula* keine Lebensmöglichkeiten und wird deshalb auch nicht gefunden.

#### 5.4.2.4. *Nitzschia dissipata*

Nach Abb.1 könnte der Eindruck entstehen, daß die Art niedrige Temperaturen bevorzugt und somit eine echte Jahresperiodizität vorliegen würde. Dieses ist jedoch nicht der Fall, da sie zu allen Jahreszeiten in stehenden und fließenden Gewässern angetroffen wird. In diesem Fall wurde sie durch den pH-Wert (Optimum 7,8), durch das N/P-Verhältnis (Optimum 800 - 1200) und den niedrigen  $N_Q$ -Wert (Optimum 0,26) begünstigt. In den übrigen zur Darstellung gebrachten Gewässern fand sie diese Bedingungen nicht und trat deshalb nur vereinzelt auf.

#### 5.4.2.5. *Melosira varians*

*Melosira varians*, eine Art eutropher Gewässer, findet in dem unbelasteten Wasserlauf (Abb.1) keine optimalen Lebensbedingungen. Unter der Berücksichtigung aller vorliegenden Ergebnisse wird sie zu allen Jahreszeiten in stehenden und fließenden Gewässern gefunden. In dem hoch eutrophen Gewässer der Abb.2 fand sie nach Rückgang des pH-Wertes in den Bereich 7,4 - 7,6, einem N/P-Verhältnis von 100 - 300, einem durchschnittlichen  $N_Q$ -Wert von 0,6 und einem hohen EG von um oder über 40 in den Monaten Juli bis Oktober günstige Milieuverhältnisse. In dem Gewässer der Abb.3 war ein schwach ausgepräg-

tes Maximum durch die Erhöhung des Eutrophierungsgrades im Oktober und November möglich. In den Fischteichen (Abb.4) begann die Entwicklung im August nach Rückgang des pH-Wertes, bei einem  $N_Q$ -Wert mit fallender Tendenz von 1,5 - 0,6, bei einem N/P-Verhältnis von 100 - 300 und einem EG zwischen 20 und 46 und endete im November nach Beendigung der Eutrophierungserscheinungen.

#### 5.4.2.6. *Nitzschia kützingiana*

*Nitzschia kützingiana* ist eine obligat N-heterotrophe Art (CHOLNOKY 1968), welche in dem unbelasteten Gewässer der Abb.1 keine Lebensmöglichkeiten findet. In dem eutrophen Wasserlauf (Abb.2) kann sie sich unter günstigen pH-Bedingungen (7,8 - 8,3), einem Gehalt an organischem Stickstoff um 1,0 mg/l, bzw. einem  $N_Q$ -Wert um 0,6 und einem hohen Eutrophierungsgrad optimal entwickeln. Durch den Rückgang des pH-Wertes erfolgt eine Ablösung durch die Vermehrung von *Melosira varians*. Fast gleiche Verhältnisse finden wir im Fischteich (Abb.4), wo sie das Maximum im Juni bei einem Gehalt von 1,5 mg/l organisch gebundenem Stickstoff, sowie bei einem hohen EG und N-Quotient erreicht. Der pH-Wert lag in dieser Zeit teilweise über 9, was durch Assimilationsprozesse bedingt war. Eine optimale Entwicklung ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zu allen Jahreszeiten möglich. Eine Temperaturabhängigkeit ist nicht festzustellen, da sie sich von 2 - 20°C gleich gut vermehrt. In eutrophen Teichen und Seen wird die Art oft dominierend im Diatomeenplankton gefunden.

#### 5.4.2.7. *Rhoicosphenia curvata*

Diese Art ist keine Winterform, wie man vielleicht der Abb.4 entnehmen könnte. Sie entwickelt sich ebenfalls während des ganzen Jahres, sofern die Milieuverhältnisse entsprechend sind. Sie bevorzugt einen pH-Bereich von 7,2 - 7,5, ein N/P-Verhältnis zwischen 200 und 500, einen nicht zu hohen Eutro-

phierungsgrad und  $N_Q$ -Wert. Sie ist typisch für die Zone abklingender Eutrophie, was in diesem Fall gegeben ist.

Wie die Ergebnisse anderer Autoren und die eigenen Untersuchungen zeigen, hat die Jahreszeit und die davon abhängige Temperatur keinen Einfluß auf die Entwicklung einzelner Arten oder Assoziationen. Vielmehr ist deutlich zu erkennen, daß die Menge und die Verhältnisse der biologisch wirksamen Elemente hierfür bestimmend sind.

## 6. Beschreibung der Ökologie einzelner Diatomeenarten

### (1) *Achnanthes affinis* GRUNOW

Die Art ist im Untersuchungsgebiet sehr selten. Nach CHOLNOKY (1968, Tabelle 35, S.284) kommt sie bei pH 5,2 - 5,9 mit 22,6% vor. Er zieht daraus den Schluß, daß dieser pH-Bereich für die Art optimal ist. Dieses steht im Widerspruch zu seinen Angaben auf S.385, wo er das "Optimum kaum, wenn überhaupt über 7,0" angibt. CHOLNOKY (1960) vertritt die Auffassung, daß nach den bisherigen Funden in Afrika die Art an niedrige pH-Werte gebunden zu sein scheint. Sie wird häufig zusammen mit *Anomoeoneis brachysira* (pH-Optimum 5,2 - 5,3) gefunden. Ferner zählt er sie zu den Arten, die zum optimalen Gedeihen eine ständig hohe Sauerstoffkonzentration benötigen. SCHLÜTER (1961 b) fand, wenn auch vereinzelt, *A. affinis* in einem Weiher bei einem mittleren pH-Wert von 7,5. Nach eigenen Funden im bayerischen-böhmischen Grenzgebirge kam die Art vereinzelt (um 1%) in vom Menschen unbeeinflussten Gewässern bei pH 5,5 - 6,5 vor. Für eine abschließende Beurteilung ist die Autökologie der Art noch zu wenig bekannt. Auf Grund der afrikanischen Vorkommen und der eigenen Beobachtungen scheint sie eine Art saurer, unbelasteter Gewässer zu sein.

(2) *Achnanthes biasoletiana* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art zerstreut von der Ebene bis zum Gebirge vor. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß sie oft mit kleinen Exemplaren von *Achnanthes minutissima* verwechselt wurde und daß sie eine Brackwasserform sei. Dieses kann auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht bestätigt werden. Die Art wurde, wenn auch nur vereinzelt, in Quellgewässern des Oberbergischen Landes gefunden. Von allen Fundstellen sind besonders zwei hervorzuheben. Im Quellgebiet der Dörspe war sie mit 8,5% an einer *Navicula viridula*-*Cymbella ventricosa*-Assoziation beteiligt. Die abiotischen Faktoren unterliegen durch wechselnde Abwasserbelastungen starken Schwankungen. Bei einem mittleren pH-Wert von 7,5 betrug der Saprobienindex 2,44 und der EG 13,4. Im mesotrophen Quellgebiet der Agger wurde sie als codominierende Art mit 18,8% gemeinsam mit *Achnanthes minutissima* gefunden. Der pH-Wert betrug hier ebenfalls 7,5 und der EG 11,2. Die Leitfähigkeit betrug bei der Probeentnahme 94  $\mu$ S und das atomare N/P-Verhältnis 466:1. Für eine abschließende ökologische Beurteilung reichen die Befunde nicht aus.

(3) *Achnanthes clevei* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) ist *A. clevei* eine Art eutropher Seen und langsam fließender Gewässer. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art in einem Graben bei pH 7,6, einer Sauerstoffzehrung von 25,3% und einer Ammoniumkonzentration von 0,25 mg/l. BUDE (1942) fand sie in der schwach sauren Eder und in Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal gefunden (pH 7,8; EG 5,9; N/P-Verhältnis 179:1).

(4) *Achnanthes coarctata* BREB.

Die Art kommt nach HUSTEDT (1930) an überrieselten Felsen, vorzugsweise auf Ur- und Eruptivgestein, vor. Nach afrikanischen Vorkommen hat die Art ein pH-Optimum von 6 und ist ty-

pisch für ständig hohe Sauerstoffkonzentrationen (CHOLNOKY 1968). Im Untersuchungsgebiet ist sie eine äußerst seltene Art, die nur vereinzelt in Gewässern des Bayerischen Waldes bei pH 6,5 gefunden wurde. Wahrscheinlich ist sie eine Art oligotropher und oligosaprobe mäßig saurer Gewässer. Die Angabe, die Art sei eine Brackwasserart, beruht auf Verwechslungen (CHOLNOKY 1960).

(5) *Achnanthes conspicua* A.MAYER

Nach HUSTEDT (1930) wurde sie bisher nur vereinzelt im Litoral von Seen beobachtet. BUDE (1942) fand sie in der schwach sauren Eder. Nach CHOLNOKY (1968) ist die Autökologie der Art nicht bekannt. Er vermutet ein hochliegendes pH-Optimum, SCHLÜTER (1961 b) bezeichnet die Art als montan und fand sie vereinzelt in Flachmoorweihern. Die eigenen Fundstellen liegen im Bayerischen Wald, meist in Höhen über 1000 m und zwar im Höllbachgefälle und im Arberseeabfluß bei pH 5,5 - 6,0 und einem EG von Null. Sie kam in einer *Eunotia pectinalis*-*Eunotia exigua*-Assoziation vor, in der die Summe der Eunotien 74,4% betrug. Dieses läßt den Schluß zu, daß der optimale pH-Wert zwischen 5,5 und 6,5 schwanken kann. Nach den Fundstellen zu urteilen, bevorzugt die Art saure, unbelastete Biotope. *Achnanthes conspicua* v. *brevistriata* weicht in der Autökologie nicht von der Art ab, da sie an den gleichen Stellen gefunden wurde.

(6) *Achnanthes delicatula* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) und CHOLNOKY (1968) ist sie eine Salzwasserform. Auch BUDE (1942) fand sie ausschließlich in den Salinen des Sauerlandes. ZIEMANN (1967) bezeichnet sie als mesohalobe Form und fand sie häufig in der Werra und Wipper. Unter mesohalob ist nach ZIEMANN (1971) ein Gewässer mit einem Halobienindex von +30 - +75 zu verstehen. Im Untersuchungsgebiet wurde sie in einem austrocknenden, temporären

Tümpel, wo infolge der Verdunstung sicher ein Anstieg des osmotischen Druckes zu verzeichnen war, gefunden.

(7) *Achnanthes exigua* GRUNOW

HUSTEDT (1930) vertritt die Meinung, daß die Art verbreitet und nicht selten in Gewässern aller Art vorkomme. BUDE (1942) fand sie nur in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. CHOLNOKY (1968) vertritt den Standpunkt, daß *A. exigua* in neutralen und schwach alkalischen, aber katharoben Gewässern des Gebietes von Natal allgemein verbreitet vorkommt. Dieses steht im Widerspruch zu anderen Assoziationsangaben. Nach CHOLNOKY (1968) hat die Art ein pH-Optimum um 8,0 und ist an hohe Sauerstoffkonzentrationen gebunden. SCHLÜTER (1961 b) fand sie vereinzelt in den Moorweihern und Stranggräben des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,1 - 7,6. Im hiesigen Untersuchungsgebiet wurde sie vereinzelt in Quellbächen bei pH 7,0 - 7,4 gefunden.

(8) *Achnanthes exilis* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art verbreitet, kommt aber nur zerstreut vor. CHOLNOKY (1966 a) fand *A. exilis* in einer nicht verunreinigten Quelle in Afrika mit 39,9%, zusammen mit *Achnanthes minutissima* (36,7%) bei einem pH-Wert von 8,2. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0 an und vertritt ferner den Standpunkt, daß die Art ständig hohe Sauerstoffkonzentrationen beansprucht. Nach KOLKWITZ (1950) ist *A. exilis* eine Kennart der oligosaprogenen Zone. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) ist sie eine oligohalobe Litoralform, die in allen Süßgewässern vorkommt. Im Untersuchungsgebiet ist sie eine seltene Art mit einer Fundstelle in einem unbelasteten Gewässer mit pH 7,5.

(9) *Achnanthes hungarica* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) handelt es sich um eine häufige Art stehender Gewässer. CHOLNOKY vertritt den Standpunkt, daß die Art ein pH-Optimum von 8,5 habe. Bezüglich des Sauerstoffgehaltes sollen die Ansprüche nicht sehr hoch liegen. SCHLÜTER (1961 b) fand sie häufig im sogenannten Beckerfließ bei einem mittleren pH von 7,7 , einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 1,44 mg/l und einem Kaliumpermanganatverbrauch von 41 mg/l. Nach AUTORENKOLLEKTIV DDR (1970) gehört die Art mit einem Indikationsgewicht von 4 zur alpha-mesosaprobe Zone bzw. zur polysaprobe Zone, wobei der Schwerpunkt der Verbreitung in der Güteklasse IV liegt. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) kommt die Art im fließenden und stehenden Wasser bei pH 7 - 8,3 vor. Im Untersuchungsgebiet wurde sie in stark verschlammten und verschmutzten Weihern und Bachläufen bei einem pH-Wert von 6,75 - 7,8 und einem EG von 46,8 - 63,3 gefunden. Zur endgültigen Beurteilung, insbesondere ob *A. hungarica* stickstoffheterotroph bzw. Abwasseranzeiger ist, sind weitere Freilandbeobachtungen und insbesondere Kulturversuche erforderlich.

(10) *Achnanthes lanceolata* BREB.

Nach HUSTEDT (1930) ist *A. lanceolata* in Gewässern aller Art verbreitet. Jedoch zeigt sie eine Vorliebe für Quellen und kleinere Bäche. CHOLNOKY (1968) ermittelte den optimalen pH-Wert zwischen 7,2 und 7,5. Schwankungen zum sauren Bereich hin werden ertragen. Die Meinung von HUSTEDT (1930), daß die Art krenophil sei , bezeichnet CHOLNOKY (1966) als hypothetisch. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) kommt die Art bei pH 4 - 9 vor. Das Maximum der Entwicklung soll im alkalischen Bereich sein. Sie soll auch in temporären Gewässern vorkommen und lange Trockenperioden überdauern können. BACKHAUS (1968) vertritt die Auffassung, daß *A. lanceolata* keine bestimmten Mindestanforderungen an den pH-Wert stellt und daß kaum Anhaltspunkte für verbreitungsregulierende Faktoren zu finden seien. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art in Weiher und Fließ-

gewässer bei pH 7,1 - 7,6, aber auch in Moosrasen auf Niederungsmoor bei pH 6,2. Es handelte sich um belastete Gewässer mit einer Sauerstoffzehrung von 87,8% und einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 0,25 - 2,50 mg/l. Nach den "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" (1970) gehört die Art zur betamesosaprobien Stufe (Güteklasse II). Die Versuche von BRAUNE (1968) zeigten, daß sich *A. lanceolata* im sauerstoffverarmten bzw.  $\text{O}_2$ -freien Milieu gut entwickeln kann.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

##### pH-Wert:

Der optimale pH-Bereich liegt zwischen 7,2 und 8,0; Schwankungen zum sauren Bereich werden gut ertragen, pH-Werte über 8,0 gemieden. Damit können die Angaben von CHOLNOKY und von SCHLÜTER bestätigt werden.

##### N/P-Verhältnis:

*A. lanceolata* entwickelt sich am besten bei einem N/P-Verhältnis von 300 - 1000 mit einem Schwerpunkt von 500 - 700. Geringere Vorkommen sind auch bei einem N/P-Verhältnis von 0 - 300 möglich.

##### N-Quotient:

Das Spektrum des N-Quotienten zeigt einen Schwerpunkt im Bereich 0,2 - 0,3, woraus zu schließen ist, daß saubere Gewässer bevorzugt werden.

##### EG:

In einem Gewässer mit einem EG über 10 wird die Art nur vereinzelt gefunden; sie bevorzugt demnach oligotrophe bis schwach mesotrophe Zustände. Der rechnerische Mittelwert beträgt 10.

##### saprobienindex - Güteklasse:

Das Vorkommen der Art beschränkt sich auf den Bereich 1,6 - 2,3, d.h. Güteklasse I-II bzw. II.

(11) *Achnanthes linearis* W.SMITH

HUSTEDT (1930) stellt fest, daß die Art verbreitet und häufig besonders in Gebirgsgewässern vorkommt. BUDE (1942) fand sie in Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. SCHLÜTER (1961 b) beobachtete sie vereinzelt in den Niedermoorweihern des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,1 - 7,4; bei einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 0,33 - 0,90; einer Sauerstoffzehrung von 30,9 - 53,9%. Ebenfalls vereinzelt in calciphilen Moosrasen bei pH 6,1 ; 2,1 mg/l  $\text{O}_2$ ; Sauerstoffzehrung 88,9%. CHOLNOKY (1968) stellte ein pH-Optimum von 6,5 - 6,8 fest. Nach CHOLNOKY (1960, 1962, 1966) soll sie ständig hohe  $\text{O}_2$ -Konzentrationen für ihre Entwicklung benötigen. Im Untersuchungsgebiet kommt sie verhältnismäßig selten vor. Die größte Häufigkeit (2-3%) erlangte sie in Quellbächen bei pH 7,0 - 7,8; EG 0,1 - 13,4; N/P-Verhältnis 420:1;  $\text{N}_\text{Q}$ -Wert 0,34.

(12) *Achnanthes marginulata* GRUNOW

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß es sich um eine nordisch-alpine Form handelt. Solche Formen wird es mit Sicherheit nicht geben, da sich Diatomeen überall dort entwickeln, wo sie optimale Lebensbedingungen vorfinden. CHOLNOKY (1968) vertritt die gleiche Ansicht. Im Untersuchungsgebiet wurde sie vereinzelt im Zufluß zum Großen Arbersee bei pH 6,5 gefunden. Es ist anzunehmen, daß sie schwach saure, völlig unbelastete Biotope bevorzugt besiedelt.

(13) *Achnanthes microcephala* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art in verschiedenen Gewässern verbreitet, meist häufig und oft massenhaft. CHOLNOKY (1968) bestimmte das pH-Optimum zu 6,5 - 6,8. Er vertritt ferner die Ansicht, daß die Art der beste Indikator für hohe Sauerstoffkonzentrationen in schwach sauren Gewässern ist. SCHLÜTER (1961 b) fand *A. microcephala* in calciphilen Moosrasen auf Niedermoor bei pH 6,1 - 6,7. BUDE (1942) fand die

Art in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer (Westfalen) bei pH 6,4 - 6,8. In eigenen Untersuchungen wurde sie in stehenden Gewässern von pH 6,8 - 7,7 und EG 1,0 - 3,6 gefunden. Die höchste relative Häufigkeit wurde an Perlonschnüren beobachtet, die - wie bereits erwähnt - ein Mikroklima mit sauren pH-Werten erzeugen. Der pH-Wert von 6,5 - 6,8 dürfte, wie verschiedene Autoren nachgewiesen haben, optimal sein. Ferner ist die Art auf Grund der Fundorte charakteristisch für schwach belastete Gewässer.

(14) *Achnanthes minutissima* KÜTZ.

Die Angaben von HUSTEDT (1930), "sehr gemein, im ganzen Gebiet oft massenhaft", trifft nur auf Gewässer zu, die den ökologischen Ansprüchen der Art genügen. Nach CHOLNOKY (1968) liegt das pH-Optimum zwischen 7,5 und 7,8; außerdem soll die Art ein guter Indikator für sauerstoffreiche Gewässer sein. SCHLÜTER (1961 b) stellt *A. minutissima* in den von ihr aufgestellten Diatomeengesellschaften unter die Rubrik "sonstige Begleiter". Sie vertritt die Ansicht, daß, obwohl die Art häufig bis massenhaft vorkommt, die Physiognomie der Assoziationen durch diese kleine Form wenig beeinflußt wird. Die pH-Werte in den von ihr untersuchten Gewässern betragen 7,1 - 7,6 und lagen damit in einem Bereich, in dem sich die Art optimal entfalten kann. In calciphilen Moosrasen auf Niedermoor fand SCHLÜTER *A. minutissima* bei einem pH-Wert von 6,1 "massenhaft". Bei diesem pH-Wert ist aber eine Vermehrung der Art kaum möglich, so daß angenommen werden kann, daß es sich hier um eine Verwechslung mit *A. microcephala* handeln muß. Der Habitus beider Arten ist sehr ähnlich. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal sind die Streifen, die bei *A. minutissima* radial und bei *A. microcephala* parallel angeordnet sind (CHOLNOKY 1970). Nach KOLKWITZ (1950) ist die Art typisch für die oligosaprobe Zone. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR kommt *A. minutissima* in der oligosaprogen und betamesosaprogen Zone mit einem Indikationsgewicht von 2 vor.

Nach BACKHAUS (1968) lassen sich für die Art nur "vage Anhaltspunkte" für verbreitungsregulierende Faktoren finden. Dem pH-Wert gegenüber soll sie sich indifferent verhalten. Ferner hält BACKHAUS *A. minutissima* typisch für saubere Bäche mit relativ hohem Gehalt an anorganischen Nährstoffen und geringem Gehalt an organischen Substanzen. Er bezeichnet sie als betamesosaprob mit Tendenz zur Oligosaprobie. Diese Charakterisierung stimmt mit den eigenen Ergebnissen gut überein. Nach BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1968-1970) dominierte *A. minutissima* im Aufwuchs der Wahnbachtalsperre bei pH-Werten zwischen 7 und 8. In der oligotrophen Riveristalsperre ist infolge der schlechten Pufferung des Gewässers mit schwankenden pH-Werten zu rechnen. Im allgemeinen werden dort pH-Werte im leicht sauren Bereich (6,6 - 6,9) und teilweise sogar unter pH 6 gemessen. In der trophogenen Zone lagen die pH-Werte wegen der Assimilationstätigkeit der Planktonalgen eine pH-Einheit höher (7,4 - 7,9). Auch hier stellte sich *A. minutissima* als Erstbesiedler auf künstlichen Substraten ein.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

##### pH-Wert:

Optimum zwischen 7,2 - 7,8 mit einem Schwerpunkt bei 7,4 - 7,6. Schwankungen des pH-Wertes zum sauren Milieu werden nicht so gut ertragen wie Veränderungen zum alkalischen. In Kulturen wurde bei pH 7,3 - 7,6 die größte Vermehrungsrate beobachtet.

##### N/P-Verhältnis:

Bevorzugt wird der eutrophe bis oligotrophe Bereich besiedelt. Der rechnerische Mittelwert beträgt N:P = 528:1.

##### N-Quotient:

Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt zwischen 0,2 und 0,3. Der Mittelwert von 0,29 läßt erkennen, daß mit organischen Stoffen stark belastete Gewässerabschnitte gemieden werden. In Kulturen mit Harnstoff bzw. Aminosäuren als N-Quelle

konnte keine Vermehrung festgestellt werden.

EG:

Deutlich erkennbarer Schwerpunkt zwischen 0 und 5, d.h. saubere Gewässer werden bevorzugt. Der rechnerische Mittelwert beträgt 7.

Saprobienindex - Güteklasse:

Verbreitungsschwerpunkt zwischen 1,6 und 1,8, d.h. Güteklasse I-II.

(15) *Achnanthes subatomus* HUSTEDT

Im Untersuchungsgebiet selten. Sie wurde in stehenden Gewässern auf Glasplatten in der oligotrophen Perlenbachtalsperre in einer *A. minutissima*-Assoziation und in der eutrophen Wahnbachtalsperre in einer *Nitzschia perminuta*-*A. lanceolata*-Assoziation mit geringer Häufigkeit gefunden. Über die Autökologie ist sonst nichts Näheres bekannt.

(16) *Amphiprora ornata* BAILEY

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Grundschlamm und im Litoral wahrscheinlich über das ganze Gebiet verbreitet vor und zwar in Flüssen, Teichen und Gräben, sowie Seen. Sie soll bisher meist übersehen worden sein. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß alle ihm bekannten *Amphiprora*-Arten Brackwasserformen oder marin sind. Sie sollen einen pH-Wert um oder über 8,0 bevorzugen. ROUND (1968) zählt sie ebenfalls zu den Brackwasserarten und zwar zur epipelischen Flora. Auch BUDDE (1942) fand Arten von *Amphiprora* in der salzhaltigen Lippe und in den Salinen des Sauerlandes. ZIEMANN (1967) rechnet *Amphiprora paludosa* zu den mesohaloben Formen und fand sie häufig in der versalzten Werra. Gegen zu hohen Kaliumgehalt ist sie nach ZIEMANN (1971) empfindlich. Im Untersuchungsgebiet wurde *Amphiprora ornata* auf künstlichem

Substrat (Glasplatten) in Vorsperren sehr vereinzelt bei pH 7,4 - 7,7 gefunden. Es handelte sich um mesotrophe Gewässer.

(17) *Amphora ovalis* KÜTZ. und var. *pediculus* KÜTZ.

HUSTEDT (1930) vertritt die Auffassung, daß die Art im ganzen Gebiet verbreitet und häufig vorkommt. Größere Formen sollen im Detritus des Litorals festgestellt worden sein. Nach ROUND (1968) gehört die Art zur Bodenflora und ist häufig auf basischen Lehmen. Ferner soll sie zur epipelischen Gesellschaft gehören und in Teich- See- und Flußsedimenten gefunden werden. Im Strausberger Naturschutzgebiet fand SCHLÜTER (1961 b) die Art am häufigsten im Stranggraben 14 bei pH 7,6 , 0,35 mg/l NH<sub>4</sub> und einer Sauerstoffzehrung von 25,3%. KOLKWITZ (1950) zählt die Art zu den oligosaprogenen Organismen. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von über 8,0; wahrscheinlich zwischen 8,2 und 8,4. Nach BUDDE (1942) wird *A. ovalis* in den Gebirgsbächen des Sauerlandes, in der Ruhr, Lippe und Eder, sowie in den Teichen und Seen des NSG Heiliges Meer gefunden. Im Untersuchungsgebiet kommt sie meist nur vereinzelt vor. Die pH-Werte lagen zwischen 7,2 und 7,8, wobei sich die relative Häufigkeit mit zunehmendem pH-Wert steigerte. EG zwischen 15 und 50. Saprobienindex zwischen 1,7 und 2,2. Damit könnte die Art der betamesosaprogenen Zone zugeteilt werden. *Amphora ovalis* var. *pediculus* ist nach HUSTEDT (1930) eine epiphytische Art. Im Untersuchungsgebiet bei pH 7,8 - 7,9, EG 15 - 30 und Saprobienindex 1,7 - 2,2 gefunden. Nach BUCK (1971) beträgt der korrigierte Indexschwerpunkt der Art 1,78 und die Streuung 0,44. Die empfohlene Einstufung ist oligo-betamesosaprob. Hier kann eine gute Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen festgestellt werden.

(18) *Amphipleura pellucida* KÜTZ.

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art häufig und verbreitet in Gräben, Teichen und im Litoral der Seen vorkommt. ROUND (1968) zählt sie zur epipelischen Flora auf Torfsedimenten. BUDE (1942) fand *A. pellucida* in den Gebirgsbächen des Sauerlandes, in Ruhr, Lippe, sowie in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer und in den Mooren des Sauerlandes. Im Strausberger Naturschutzgebiet stellte SCHLÜTER (1961 b) die Art bei pH 7,3 - 7,5, einer Sauerstoffzehrung von 25% und mehr und einem Ammoniumgehalt von 0,25 mg/l fest. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,3. Auf Grund der eigenen Funde kann festgestellt werden, daß die Art in schwach sauren bis nicht belasteten Gewässern vorkommt. pH 7,2 - 7,4 ; EG 0,9 - 5,1; Saprobienindex 1,7 - 1,9. Die Art kann der betamesosaprogenen Zone zugeteilt werden.

(19) *Anomoeoneis exilis* (KÜTZ.) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art als Litoralform in Gebirgsseen weit verbreitet. Sie soll aber auch in Seen und Teichen der Ebene vorkommen. QUENNERSTEDT (zit. bei ROUND 1968) berichtet über die epilithische Flora basenarmer schwedischer Seen. Er nennt *A. exilis* gemeinsam mit typischen Arten des sauren Bereiches wie *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia lunaris* und *Frustulia rhomboides* v. *saxonica*. ROUND (1968) bezeichnet *A. exilis* als acidophile Art. BUDE (1942) fand die Art in Teichen und Mooren des Sauer- und Münsterlandes. SCHLÜTER (1961 b) führt die Art bei folgenden Fundorten auf: Moosrasen auf Niedermoor: pH = 6,7, O<sub>2</sub>-Zehrung = 73,9%, NH<sub>4</sub> = 1,40 mg/l. Flachmoorweiher: pH = 7,4, O<sub>2</sub>-Zehrung = 30,9%, NH<sub>4</sub> = 0,33 mg/l. CHOLNOKY (1968) stellte die Art in der 45°C heißen Quelle Großbarmen bei Okahandja dominierend mit 85,7% bei pH 6,8 fest. Auch in der 35°C warmen Quelle Kleinbarmen bei Okahandja betrug die Dominanz 88,9%. Die Quellen haben einen hohen CO<sub>2</sub>-Gehalt und einen niedrigen pH-Wert. CHOLNOKY ermittelte das pH-Optimum von 6,7.

*A. exilis* wurde von mir häufig auf künstlichen Substraten in der Genkeltalsperre gefunden. Sie war oft codominierend bei pH-Werten von 7,2 - 7,7. Dieses steht im Widerspruch zu den afrikanischen Funden. Die Art wurde fast ausschließlich bei EG o -2, N/P-Wert von 658 und  $N_Q$ -Wert von 0,21 gefunden. Es handelt sich also um eine Art der oligotrophen Gewässer. Bei einem Saprobienindex-Schwerpunkt von 1,7 gehört sie zur oligo-betamesosaproben Zone. Um die typische Vergesellschaftung in der Genkeltalsperre zu verdeutlichen, sind hier einige Assoziationsbeispiele zusammengestellt. Die Zahlen geben die %-Anteile an.

	Boje I 24.9.73	Boje II 24.9.73	Boje III 26.9.72 24.9.73		Boje IV 24.9.73
<i>Achnanthes minutissima</i>	36,3	39,7	64,5	49,3	41,6
<i>Anomoeoneis exilis</i>	32,4	22,6	17,9	22,8	21,9
<i>Cymbella microcephala</i>	14,1	25,2	14,3	13,3	20,3
<i>Fragillaria capucina</i>	2,4	1,7	0,3	1,7	5,1
<i>Synedra acus</i>	4,2	1,1	1,3	5,1	4,0

(20) *Anomoeoneis seriens* (BREB.) CLEVE

HUSTEDT (1930) zählt sie zu den nordisch-alpinen Formen. CHOLNOKY (1968) ermittelte den optimalen pH-Wert von 5,2. Im Aggergebiet fehlt die Art völlig. Jedoch wurde sie im Großen Arbersee im Sphagnum bei pH 5,5, EG = 0 und einer Summe der Eunotien von 56,4 % gefunden. Hier ist eine gute Übereinstimmung mit afrikanischen Vorkommen zu verzeichnen. Nach dem Vorkommen im Bayerischen Wald und in der Schweiz handelt es sich um eine oligotrophe und oligosaprobe Art.

(21) *Anomoeoneis styriaca* (GRUN) HUSTEDT

Auch hier vertritt HUSTEDT (1930) die Ansicht, daß es sich wahrscheinlich um eine nordisch-alpine Form handelt. Sie soll nur aus dem Lunzer/Untersee bekannt sein. Nach CHOLNOKY (1968) hat sie ein pH-Optimum sicherlich unter 6,0. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur im Sediment der Aggertalsperre (tiefere Schichten) gefunden .

(22) *Asterionella formosa* HASSALL

HUSTEDT (1930) zählt die Art zu den gemeinsten Planktondiatomeen, die in vielen eutrophen Seen als Massenform auftritt. Das pH-Optimum beträgt nach CHOLNOKY (1968) wahrscheinlich 7,8. Nach KOLKWITZ (1950) ist sie ein oligosaprobe, nach LIEBMANN (1951) ein betamesosaprobe bis oligosaprobe Organismus. Nach den "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchungen" der DDR werden 6 Punkte für die oligosaprobe und 4 Punkte für die betamesosaprobe Zone vergeben; Indikationsgewicht 3. GORF (1965) fand im Elsterstausee Greiz-Dörlau eine Massenentwicklung von *A. formosa* mit 380 000 Kolonien (ca. 3 Millionen Zellen/l) gemeinsam mit einer Wasserblüte von *Microcystis flos-aquae*. Der Zufluß zu dem flachen Stausee mit einem Inhalt von 0,76 Millionen m<sup>3</sup> ist mit einem NH<sub>4</sub>-Gehalt bis über 10 mg/l, einem Phenolgehalt bis 3,5 mg/l, einem KMnO<sub>4</sub>- Verbrauch bis über 140 mg/l und einem Saprobienindex von 3,5 stark belastet und alpha-mesosaprob. Im See findet eine Reinigung des abwasserbelasteten Zuflusses statt, so daß der Saprobienindex des Planktons auf 2,3 - 2,4 zurückgeht. 1962 wurde eine Wasserblüte von *A. formosa* mit 1 750 000 Kolonien, was etwa 8 - 10 Millionen Zellen/l entsprechen dürfte, beobachtet.

Nach LIEPOLT (1957) ist *A. formosa* neben *Oscillatoria rubescens* die beherrschende Planktonform des Zellersees. Das sehr weiche, kalkarme Wasser des Zellersees ist während des ganzen Jahres mit einem pH-Wert von 6,5 - 6,8 leicht sauer. Durch die

Assimilation der Algen steigt der pH-Wert zur Zeit der Massenentwicklung über 7, einmal sogar bis 8,7 an. LIEPOLT bezeichnet den See als außerordentlich arm an anorganischen Phosphaten. Die Nitratwerte betragen im Frühjahr zwischen 4 und 9 mg/l und im Sommer 2 - 3 mg/l. Aus diesem Grunde können Wasserblüten von *A. formosa* nur im Frühjahr vorkommen, da eine Entwicklung unter einem Nitratgehalt von 3 mg/l nicht möglich ist.

Nach RODHE (1950) kommt *A. formosa* mit sehr geringen Phosphatmengen aus. Er beobachtete ferner, daß die Art sich in natürlichen Gewässern bei geringeren  $PO_4$ -Konzentrationen vermehrt als in Kulturen. VOLLENWEIDER (1968) vertritt die Ansicht, daß die Art zu der Algengruppe gehört, deren optimales Wachstum bereits unterhalb von  $20 \mu g P (PO_4)/l$  beginnt, aber deren Toleranzgrenze oberhalb von  $20 \mu g P (PO_4)/l$  liegt.

BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1970) fanden im Mai 1970 in der eutrophen Wahnbachtalsperre *A. formosa* bei pH-Werten zwischen 7 und 8, mit einer Zelldichte von 100 000 Individuen/ml. Dieses entspricht einer Biomasse von  $28 \text{ cm}^3 / \text{m}^3$  Wasser. Die Nährstoffbelastung in  $\text{g/m}^2$  und Jahr betrug für Stickstoff 80,7 und für Phosphor 2,30. Damit beträgt das atomare N/P-Verhältnis 77:1. In der oligotrophen Riveristalsperre bei Trier mit meist sauren pH-Werten wird *A. formosa* nicht genannt. Auch nach den Untersuchungen von SCHNITZLER (1970) spielt die Art in der Riveristalsperre keine nennenswerte Rolle. Die Ursache hierfür soll nicht der pH-Wert sein, sondern der zu geringe Phosphatgehalt. Diese Beispiele zeigen deutlich, daß *A. formosa* eher eine Art eutropher als oligotropher Gewässer ist. Diese Auffassung vertritt auch FINDENEKG (1954).

Nach HUBER-PESTALOZZI (1942) kann *A. formosa* in einem großen pH-Intervall gedeihen. Nach Ergebnissen von NYGAARD (zit. bei HUBER-PESTALOZZI) reicht das pH-Intervall von 4,2 - 8,3. LIEB-MANN (1951) gibt als Optimum 7,2 und als Bereich ebenfalls 4,2 - 8,3 an. Diese Ergebnisse können von mir nicht bestätigt

werden. Es gibt keine Diatomeenart, bei der eine Vermehrung in einem solch großen pH-Bereich möglich ist. Der Neutralpunkt setzt hier eine deutliche Grenze. Nach UTERMÖHL (zit. bei HUBER-PESTALOZZI 1942) ist *A. formosa* in Bezug auf das Stickstoff- und Phosphor-Spektrum ziemlich eurytroph. Aus diesem Grunde sei es verständlich, wenn die Art sowohl in stark eutrophen als auch in oligotrophen Gewässern vorkommt. HUBER-PESTALOZZI (1942) vertritt weiter die Auffassung, daß es sich vermutlich um bestimmte Lokalrassen handelt. Nach BRINGMANN & KÜHN (1971) erwies sich der Fe-Gehalt als primärer, Silizium als sekundärer und  $\text{NO}_3$  als tertiärer trophischer Begrenzungsfaktor. Phosphatverbindungen traten nur in seltenen Fällen als tertiärer Begrenzungsfaktor auf. Die Ergebnisse wurden aus 451 Testkulturen von 41 Entnahmestellen gewonnen. Weitere Ausführungen zur Ökologie von *A. formosa* wurden bereits im Abschnitt 5.4.1. gemacht.

#### Eigene Untersuchungen:

Bei einer Massenentwicklung von *A. formosa* in der Genkeltalsperre konnten folgende ökologische Daten festgestellt werden: Ende Februar hatte die Talsperre eine Sichttiefe von 7 m und zeigte in der chemischen und physikalischen Untersuchung keine Besonderheiten. Bereits einen Monat später ging die Sichttiefe auf 2,5 m zurück. Die Zelldichte von *A. formosa* betrug zu diesem Zeitpunkt 4500 Individuen/ml. Die sonst üblichen 20 - 30  $\mu\text{g/l}$   $\text{PO}_4$  waren bereits restlos gezehrt. Die Nitrateliminierung, bezogen auf die gesamte Wassermasse, betrug 3450 kg  $\text{NO}_3$ -N. Trotzdem ging die Entwicklung weiter und erreichte das Maximum vier Wochen später mit 10 480 Zellen/ml. Sie hörte auf, als der Nitratgehalt unter 3 mg/l absank. Die nachfolgende stärkere Entwicklung von *Dinobryon sociale* senkte den  $\text{NO}_3$ -Gehalt weiter bis auf 2 mg/l. Der Phosphatgehalt betrug im Epilimnion noch immer Null, während im Hypolimnion bereits wieder 23 - 30  $\mu\text{g/l}$  gemessen werden konnte. Die Sicht-

tiefe betrug Ende Juli wieder 8 m. Durch die Massenentwicklung war nicht nur der gesamte Wintervorrat an Phosphaten, sondern auch der Phosphornachschub aus den Zuflüssen vollständig gezehrt und vorläufig im Sediment festgelegt worden. Die Stickstoffeliminierung betrug 7500 kg  $\text{NO}_3\text{-N}$ , bezogen auf die gesamte Wassermasse.

Vanadium ist ein Spurenelement, das zur Auslösung einer Asterionella -Wasserblüte erforderlich ist. Zu Beginn der Massenentwicklung standen 3,7  $\mu\text{g/l}$  zur Verfügung, es wurde aber bis auf 0,5  $\mu\text{g/l}$  gezehrt. Zu Beginn der Wasserblüte wurden pH-Werte von 6,8 - 7,0 und zur Zeit der größten Zelldichte 7,2 - 7,3 gemessen. Der Eisengehalt betrug zu Beginn der Wasserblüte 70 - 120  $\mu\text{g/l}$  und wurde bis zum Maximum vollständig gezehrt. Der Mangengehalt war im gleichen Zeitraum unverändert.

Die Ursache für diese Massenentwicklung war vermutlich der winterliche Austausch der gesamten Wassermasse und die hierdurch bedingte  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Fracht von 17,1 t, das entspricht einer Flächenbelastung von 28  $\text{g/m}^2$ .

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Massenentwicklungen von *A. formosa* sind auch in oligo-mesotrophen Seen möglich. Die Art kommt infolge des Speichervermögens mit geringen  $\text{PO}_4$ -Mengen aus, während sie ein Vielfaches an Stickstoff benötigt. Der optimale pH-Wert beträgt 7,2 - 7,3. Zur Auslösung einer Wasserblüte sind Spurenelemente, wie z.B. Vanadium und auch ein bestimmter Eisengehalt erforderlich.

Weitere Einzelergebnisse kann man wie folgt zusammenfassen: eine optimale Vermehrung ist bei pH 7,2 - 7,8 möglich. Das rechnerische Mittel beträgt 7,3. Die Art bevorzugt ein N/P-Verhältnis zwischen 113:1 und 434:1; der Mittelwert beträgt 380:1. Die Art meidet Abwassereinflüsse, was durch den niedrigen N-Quotienten von 0,26 und einem EG von 6,0 zum Ausdruck kommt. Der Saprobienindex beträgt 1,9 (Güteklasse II).

(23) *Asterionella gracillima* (HANTZSCH) HEIBERG

HUSTEDT (1930) vertritt den Standpunkt, daß diese Art als Planktonform weit verbreitet ist, jedoch seltener als *A. formosa*. Nach CHOLNOKY (1968) ist diese Art ökologisch noch weniger bekannt als *A. formosa*. Das pH-Optimum soll höher liegen und etwa 8,0 betragen. Auf Grund eigener Untersuchungen kann festgestellt werden, daß *Asterionella gracillima* immer gleichzeitig mit *A. formosa* auftritt, jedoch nur etwa 10% der Zelldichte von *A. formosa* erreicht. Die ökologischen Ansprüche werden nicht gleich sein. Das von CHOLNOKY beobachtete höhere pH-Optimum ist zutreffend, da die Art erst nach dem Beginn einer Massenentwicklung von *A. formosa* in Erscheinung tritt. Vermutlich kommt sie mit noch geringeren Mengen an biologisch wirksamen Elementen aus und ist deshalb typisch für oligotrophe Gewässer.

(24) *Caloneis bacillum* (GRUNOW) MERESCHKOWSKY

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art im ganzen Gebiet verbreitet und nicht selten in Gewässern aller Art. In der Regel kommt sie jedoch vereinzelt vor. ROUND (1968) zählt die Art zur Bodenflora, vor allem auf basenreichen Lehmen. CHOLNOKY (1960, 1962) bezeichnet die Art als Bewohnerin neutraler bis schwach alkalischer, oligotropher Gewässer, während er (CHOLNOKY 1968) ein pH-Optimum von um oder etwas unter 8 angibt. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art häufiger auf calciphilen Moosrasen bei pH 6,1, einem Sauerstoffgehalt von 2,1 und einem Ammoniumgehalt von 1,4 mg/l. Ferner fand sie die Art selten bis vereinzelt in den Gewässern des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,3 - 7,7. WEBER (1959) fand die Art in der österreichischen Donau bei pH 7,6.

Eigene Ergebnisse: häufiger wurde *C. bacillum* nur bei pH 7,8 gefunden, was mit den Angaben von CHOLNOKY gut übereinstimmt. Bezüglich der Saprobie der Gewässer ist ein Vorkommen in der

oligosaproben wie der beta-mesosaproben Zone möglich. Der Schwerpunkt des Vorkommens liegt jedoch bei einem mittleren Saprobienindex von 2,0 (Güteklasse II).

(24a) *Caloneis bacillum* var. *lancettula* (SCHULZ) HUSTEDT

Diese Varietät zeigt zwar morphologische, vorläufig jedoch keine ökologischen Unterschiede zur Typus-Art.

(25) *Caloneis clevei* (LAGST.) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art nur selten vor, was auch für dieses Untersuchungsgebiet zutreffend ist. CHOLNOKY (1968) ermittelte das pH-Optimum von 7,5 - 8,0. In tropischen oder subtropischen Gebieten ist sie oft eine charakteristische Art. Hier wurde sie nur einmal in einer Quelle der Zentralalpen gefunden.

(26) *Caloneis pulchra* MESSIKOMMER

Diese Art ist ebenfalls sehr selten. HUSTEDT (1930) nennt nur einen Fundort in einem Torfmoor in der nördlichen Schweiz und zwar an dem Moos *Scorpidium scorpioides*. Von mir wurde die Art ebenfalls nur einmal gefunden und zwar in einer Quelle am Sustenpaß in der Zentralschweiz an dem Moos *Philonotis seriata*. Sie scheint als Epiphyt Moose zu bevorzugen und dürfte nach den Fundorten zu urteilen ein pH-Optimum von 6 - 7 haben.

(27) *Caloneis silicula* CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und häufig in Gewässern aller Art vor. CHOLNOKY (1968) bestimmte das pH-Optimum von 8,5. Die Art ist im Untersuchungsgebiet zwar die häufigste Art dieser Gattung, jedoch recht selten und wurde meist in stehenden Gewässern gefunden. Der pH-Wert lag meist bei 8,3. Die Varietäten haben die gleiche Autökologie wie die Art. Den Fundorten nach zu urteilen gehört die Art zur beta-mesosaproben Zone.

(28) *Campylodiscus noricus* var. *hybernica* f. *tenera* HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) im ganzen Gebiet verbreitet und häufig besonders im Grundschlamm der Seen. CHOLNOKY (1968) vertritt die Auffassung, daß sie eine Brackwasserdiatomee mit einem pH-Optimum von 8,5 ist. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal in einem Quellgewässer (eine Einschleppung ist unmöglich) bei pH 7,4, einem atomaren N/P-Verhältnis von 400:1 und einem N-Quotient von 0,47 gefunden. Eine abschließende Beurteilung ist nicht möglich.

(29) *Ceratoneis arcus* KÜTZ.

Die Art kommt nach HUSTEDT (1930) in Bächen und Quellen verbreitet, in Gebirgsgegenden oft massenhaft und rein, vor. CHOLNOKY (1968) ermittelte das pH-Optimum von 7,2 - 7,3. Ferner soll sie pH-Schwankungen nicht vertragen und außerdem ein guter Zeigerorganismus für den Sauerstoffreichtum eines Gewässers sein.

Nach KOLKWITZ (1950) gehört sie zur oligosaprogenen Zone. LIEB-MANN (1951) führt sie in seinem revidierten Saprobiensystem nicht an. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR gehört sie zur xeno- bzw. oligosaprogenen Zone.

Im Untersuchungsgebiet kommt sie nur in oligotrophen und oligosaprogenen Quellgewässern vor. Die Ökologie von *C. arcus* wird durch folgende Werte gekennzeichnet:

pH	7,2 - 7,5
N/P	370:1 - 750:1
N-Quotient	0,06 - 0,15
EG	0,81 - 2,5
Saprobienindex	1,5 - 1,7
Güteklasse	I

In einer Quelle in NN + 2200 m der Zentralschweiz wurde die Art dominierend als Epiphyt auf *Draparaldia glomerata* gefunden. Codominierend in dieser Assoziation war *Achnanthes* mi-

nutissima. Weitere wichtige Arten waren *Diatoma hiemale*, *Cymbella amphicephala* und *Cymbella hebridica*. Der pH-Wert betrug 7,3 - 7,4.

(30) *Cocconeis diminuta* PANTOCSEK

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art in Teichen, Seen und ruhigen Flüssen weit verbreitet ist. In vielen holsteinischen Seen ist sie häufig. Nach CHOLNOKY (1968) ist über die Ökologie der Art wenig bekannt. Nach den Funden in Afrika (z.B. in den Flüssen von Swaziland) soll das pH-Optimum um 8,0 liegen. SCHLÜTER (1961 b) stellte die D-Subassoziation von *Cocconeis diminuta* auf. Sie kam im Stranggraben 14 des Strausberger Naturschutzgebietes regelmäßig bei pH 7,6 vor; Sauerstoffzehrung 23,4 ‰; 20 µg/l PO<sub>4</sub>; 0,39 mg/l NH<sub>4</sub>.

Eigene Untersuchungsergebnisse

pH-Wert:

Ein gutes Wachstum ist im pH-Bereich von 7,3 - 7,8 möglich; Optimum 7,5. Schwankungen zum sauren Bereich werden nicht vertragen.

N/P-Verhältnis:

Wie der Mittelwert von 743:1 anzeigt, bevorzugt die Art oligotrophe Gewässerabschnitte. Bei zunehmender Eutrophie geht die Art merklich zurück.

N<sub>Q</sub>-Wert:

Der mittlere N-Quotient von 0,29 läßt deutlich erkennen, daß verschmutzte Gewässerabschnitte gemieden werden.

Eutrophierungsgrad:

Der mittlere EG von 5,7 zeigt wie alle anderen Werte, daß verschmutzte, nährstoffreiche Gewässer gemieden werden. Das Hauptverbreitungsgebiet sind oligotrophe Bäche und Flüsse.

Saprobienindex - Güteklasse:

Der optimale Indexbereich liegt zwischen 1,6 und 1,8 entspre-

chend der Güteklasse I-II. Belastungen eines Gewässers mit fäulnisfähigen organischen Stoffen werden gemieden. Nach den vorliegenden, übereinstimmenden Ergebnissen ist *Cocconeis diminuta* eine typische Art für oligotrophe und oligosaprobe Quellbäche.

(31) *Cocconeis disculus* (SCHUMANN) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) soll die Art im Grundschlamm norddeutscher Seen vorkommen. CHOLNOKY (1968) vertritt die Auffassung, daß die Ökologie kaum bekannt ist. Der Verbreitungsschwerpunkt soll zwischen pH 7 und 8 liegen. BUDE (1942) fand sie bei seinen floristischen Untersuchungen der sauerländischen Gewässer nur in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. Die Art ist im Untersuchungsgebiet verhältnismäßig selten. In Seen und Weihern wurde sie bis jetzt nicht gefunden, sondern ausschließlich in Waldquellbächen. Der optimale pH-Wert liegt bei 7,5 - 7,6.

(32) *Cocconeis pediculus* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art in Gewässern aller Art verbreitet und häufig. Am besten soll sie in salzigen Wasserläufen gedeihen. CHOLNOKY (1968) widerspricht dieser Auffassung. Sie ist nach seiner Meinung ein Epiphyt bei einem pH-Optimum von 8,5 und ein Zeigerorganismus für sauerstoffreiche Zustände. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als euryhalin, indifferent und als Epiphyt auf Fadenalgen und großen Diatomeen. BUDE (1942) fand sie nur in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art im verschmutzten Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,7; Sauerstoffzehrung 36,8 %; 360 µg/l PO<sub>4</sub> ; 1,44 mg/l NH<sub>4</sub>. WEBER (1960) stellt fest, daß die Art die epiphytische Lebensweise bevorzugt. In der Donau kommt sie überwiegend auf *Cladophora* bei 7,5 - 7,6 vor.

Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR ist sie mit dem Indikationsgewicht von 3 typisch für die oligo-beta-mesosaprobe Zone. BUCK (1971) empfiehlt bei einem korrigierten Indexschwerpunkt von 1,44 und einer Streuung von 0,38 eine Einstufung in die oligosaprobe Zone. OKOLOTOWICZ (1971) hält auf Grund seiner Ergebnisse eine Einstufung in die beta-mesosaprobe Zone für richtig.

Nach eigenen Untersuchungen bevorzugt die Art den pH-Bereich von 8,0 - 8,2, was mit den Ergebnissen von CHOLNOKY gut übereinstimmt. Sie ist ein Epiphyt, der auf verschiedenen Algen gefunden wird. Sie kommt im Untersuchungsgebiet nur in eutrophen Gewässern vor. Die Leitfähigkeit von 257  $\mu\text{S}$  wurde nicht überschritten. Sie bevorzugt somit keine salzhaltigen Gewässer. Das N/P-Verhältnis liegt zwischen 32 und 65:1. Der N-Quotient schwankt zwischen 0,21 und 0,43. Dominierend wurde die Art bei einem Trophiegrad von 10,8 gefunden. Schwankungen bis 48 sind möglich. Nach dem mittleren Saprobienindex von 1,9 gehört die Art zur Güteklasse II.

(33) *Cocconeis placentula* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art als Aufwuchsdiatomee sehr gemein. Die Varietäten sollen im allgemeinen seltener sein, vielleicht weil sie von den Autoren nicht besonders hervorgehoben werden. *C.placentula* var. *euglypta* soll besonders in wärmeren Ländern weit verbreitet und häufig sein. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalob, indifferent und eurytop. Sie soll als Epiphyt auf verschiedenen Substraten vorkommen. BUDDÉ (1942) fand die Art bei seinen Untersuchungen der sauerländischen Gewässer nur in der Lippe. SCHLÜTER (1961 a) vertritt den Standpunkt, daß die Art nicht als Kennart benutzt werden kann, da sie eine große ökologische Spannweite besitzt (euryöke Form). Sie soll in fließenden wie stehenden Gewässern häufig sein. WEBER (1960) stellte *C. placentula* var. *euglypta* an allen Entnah-

mestellen bei pH 7,5 - 7,6 fest. Sie ist demnach in der Donau eine stetige Art. BACKHAUS (1968) vertritt den Standpunkt, und er bezieht sich dabei auf seine Untersuchungen in der obersten Donau, daß eine optimale Entwicklung nur bei einer Gesamt-Härte von 7,5<sup>o</sup>DH möglich ist. Nach CHOLNOKY (1968) hat sie ein pH-Optimum etwa bei 8,0 und ist ein guter Indikator für mäßig alkalische Gewässer. Ihre Varietäten, die teilweise echte Rassen sein sollen, unterscheiden sich ökologisch nicht vom Typus. BRAUNE (1968) stellte fest, daß sich die Art sowohl im sauerstoffreichen als auch im sauerstoffverarmten Milieu gleich gut vermehrt. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR kommt die Art mit einem niedrigen Indikationsgewicht von 1 von der xenosaprobe Zone bis zur beta-mesosaprobe Zone vor. Nach BUCK (1971) beträgt der korrigierte Indexschwerpunkt 1,61 und die Streuung 0,46. BUCK empfiehlt eine Einordnung in die oligosaprobe bis beta-mesosaprobe Zone. OKOLOTOWICZ (1971) kommt auf Grund seiner Untersuchungen in der Bucht von Puck - Mechlinki zu dem Ergebnis, daß *C.placenta* zur beta-alpha-mesosaprobe Zone gehört.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

#### pH-Wert:

Der mittlere pH-Wert wurde unter Berücksichtigung der Häufigkeit zu 7,6 errechnet. Der optimale Bereich liegt zwischen 7,4 und 7,8. Schwankungen zum sauren Bereich hin werden nicht ertragen, während sie im alkalischen Bereich bis 8,2 verhältnismäßig häufig gefunden wurde.

#### N/P-Verhältnis:

Bezüglich des Stickstoff-Phosphorverhältnisses ist die Art nicht sehr wählerisch. Sie kann sich bei einem N/P-Verhältnis von 100:1 bis 700:1 gleich gut vermehren.

#### Eutrophierungsgrad:

Auch das Spektrum des EG läßt keine großen Abweichungen erkennen. Sie kommt von 0-50 fast mit gleicher Häufigkeit vor.

Diese Angabe wie der Befund bezüglich des N/P-Verhältnisses bestätigt die Angabe von SCHLÜTER (1961 a), daß die Art eine große ökologische Spannweite besitzt.

N-Quotient:

Die Art bevorzugt einen Bereich von 0,1 - 0,3; daraus ist zu schließen, daß sie stärkere organische Belastungen meidet.

Saprobienindex - Güteklasse:

Hier liegt ein deutlicher Schwerpunkt zwischen 1,8 und 2,0. Ein Vorkommen in der Güteklasse I ist eher möglich als in der Güteklasse III.

(34) *Coscinodiscus lacustris* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) handelt es sich um eine halophile Litoralform, die sehr häufig in den Flußmündungen an unseren Küsten, in Salinen und schwach salzigen Tümpeln, selbst in ziemlich reinem Süßwasser weit verbreitet ist. CHOLNOKY (1968) hält die Arten des Binnenlandes für Brackwasserdiatomeen mit einem pH-Optimum über 8,0. REDEKE (1935; zit. bei HUBER-PESTALOZZI 1942) zählt zahlreiche Standorte im Süß- und Brackwasser Hollands auf. PANKOW (1965) fand die Art im Kummerower See in der Nähe des Mündungsgebietes der Peene bei einem Chloridgehalt zwischen 55 und 70 mg/l.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie einmal mit geringer Häufigkeit bei pH 7,8, einem Trophiegrad von 15 und einem Saprobienindex von 2,16 gefunden. Bei der Fundstelle handelte es sich um reines Süßwasser. Eine Einschleppung aus salzhaltigen Gewässerabschnitten ist ausgeschlossen.

(35) *Coscinodiscus rothii* (EHRB.) GRUNOW

Verbreitet im Küstengebiet der Nord- und Ostsee, aber auch im Binnenland (HUSTEDT 1930). Auch diese Art wurde einmal im Untersuchungsgebiet mit geringer Häufigkeit bei pH 7,9 und

einem Saprobienindex von 2,25 gefunden. Auch hier handelt es sich um reines Süßwasser, wo eine Einschleppung aus salzhaltigen Gewässern ausgeschlossen ist.

(36) *Cyclotella austriaca* (PERAG.) HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) eine Litoralform besonders in Seen der nördlichen Kalkalpen. Nach CHOLNOKY (1968) ist wenig über die Ökologie bekannt. Vermutlich hat sie ein pH-Optimum unter 7,0. Im Bergischen oder Oberbergischen Land wurde sie bis jetzt nicht gefunden, sondern nur im Deffernickbach (Baye-rischer Wald) nahe der Grenze zur CSSR. Nach diesem Fundort zu urteilen lebt sie in einem pH-Bereich um 6,5 und bevor-zugt saubere, oligotrophe Gewässer.

(37) *Cyclotella commensis* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art eine Planktonform in Seen der subalpinen Region. HUBER-PESTALOZZI (1942) zählt die Art zu dem Euplankton der alpinen und subalpinen Seen. BUDE (1942) fand die Art in der Ruhr. Nach CHOLNOKY (1968) hat *C. commensis* ein pH-Optimum unter 7,0. Nach KOLKWITZ (1950) ist sie eine Art oligosaprober Gewässer. Auch nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR wird sie der Güteklasse I zugeteilt. Im Untersuchungsgebiet wurde sie einmal in der Agger unterhalb der Aggertalsperre bei pH 7,2, EG 3,4 und Saprobienindex 1,73 beobachtet.

(38) *Cyclotella comta* (EHRB.) KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) pelagisch in stehenden und fließenden Gewässern des ganzen Gebietes verbreitet und häufig. SCHLÜ-TER (1961 b) fand die Art vereinzelt im Stranggraben 14 bei pH 7,6; 23,4% O<sub>2</sub>- Zehrung; 20 µg/l PO<sub>4</sub>; 0,39 mg/l NH<sub>4</sub>. CHOL-NOKY (1968) vertritt die Auffassung, daß sie ein pH-Optimum im alkalischen Bereich hat. BUDE (1942) fand die Art in der Ruhr, Lippe und der schwach sauren Eder, sowie in den Seen

und Weihern des NSG Heiliges Meer. Nach BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1970) wurde *C. comta* in der eutrophen Wahnbachtalsperre vereinzelt im Plankton und im Aufwuchs in den Jahren 1968 - 1970 gefunden. HUBER-PESTALOZZI (1942) bezeichnet *C. comta* als euplanktische Art. Nach KOLKWITZ (1950) gehört sie zur oligosaproben Zone. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" ordnen sie mit einem Indikationsgewicht von 3 der oligosaproben Zone zu. HOFFMANN (1966) fand die Art mit geringer Individuendichte in der eutrophen Waidaltalsperre. HOFFMANN (1968) machte die Beobachtung, daß für eine stärkere Entwicklung der Art die Verweilzeit des Wassers in den Vorsperren nicht ausreichend ist. Dieses läßt auf eine geringe Teilungsrate schließen.

In der Agger- und Genkeltalsperre trat sie in der Zeit von 1963- 1968 auf und wurde seither nicht mehr gefunden. In der Aggertalsperre entwickelte sie 1963 eine Wasserblüte und zwar gemeinsam mit *Anabaena spiroides*, *Microcystis flos-aquae*, *Nitzschia paleacea*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia acicularis* u.a. Es wurden im Epilimnion bis zu 60 600 Zellen/ml gezählt. Mit der Abnahme des pH-Wertes auf 7,0 in der 10 m Schicht ging die Zellenzahl auf 62/ml zurück. Zur gleichen Zeit entwickelte sich die Art auch in der oligo- bis mesotrophen Genkeltalsperre bis zu 93 Zellen/ml. Hierbei handelt es sich offenbar nur um eine Verschleppung aus der nahe gelegenen Aggertalsperre. Zu einer weiteren Vermehrung kam es nicht. 1964, also ein Jahr später, wurde in der Aggertalsperre ein zweites, wenn auch geringeres Maximum mit 538 Zellen/ml bei pH 8,2 festgestellt. Der mittlere Saprobienindex beträgt 2,20. Damit kann die Art der beta-mesosaproben Zone zugeteilt werden.

(39) *Cyclotella glomerata* BACHMANN

Nach HUSTEDT (1930) handelt es sich um eine seltene Art subalpiner Seen. Das pH-Optimum liegt nach CHOLNOKY (1968) unter

7,0. HUBER-PESTALOZZI (1942) zählt die Art zu den euplanktischen Formen. Im Untersuchungsgebiet wurde sie lediglich in den tieferen Sedimentschichten der Aggertalsperre häufig gefunden, woraus abzuleiten ist, daß *C. glomerata* früher häufiger vorgekommen sein muß.

(40) *Cyclotella kützingiana* THWAITES

Die Art kommt nach HUSTEDT (1930) häufig in stehendem und fließendem Wasser, besonders in Waldseen vor. Nach HUBER-PESTALOZZI (1942) wird sie mehr im Litoral und seltener im Plankton gefunden. CHOLNOKY (1968) stellte ein pH-Optimum um 8,0 fest. KOLKWITZ (1950) zählt sie zu den Oligosaprobien. HERBST (1966) fand *C. kützingiana* vereinzelt im Bleibtreuensee, der einen Durchschnitts-pH von 7,9 hat. Das gleichzeitige Vorkommen von *Oscillatoria rubescens* läßt den Schluß zu, daß es sich um ein eutrophes Gewässer handelt. BUDDÉ (1942) fand die Art nur in der Ruhr und in der Lippe. VENTZ (1968) berichtet von einer Massenentwicklung im Medeweger See. Bei einem atomaren N/P-Verhältnis von 75:1 ohne Berücksichtigung des organisch gebundenen Stickstoffs, wurde der vorhandene Phosphor von 248 µg/l um 70% auf 74 µg/l gezehrt. Nach den Angaben von VENTZ errechnet sich der  $N_Q$ -Wert zu 0,40.

Eigene Untersuchungsergebnisse

*C. kützingiana* kommt sowohl im Plankton als auch im Litoral stehender und fließender Gewässer vor. Im Plankton eutropher Vorsperren wurde sie bis zu 14 100 Zellen/ml gefunden. Im Litoral stark eutropher Fischteiche kam sie perennierend mit großer Häufigkeit vor.

pH-Wert:

Im Untersuchungsgebiet liegt der Schwerpunkt der Verbreitung zwischen pH 7,4 und 7,6. Sie verträgt Assimilationsmaxima bis pH 9,3. Der Mittelwert, unter der Berücksichtigung der relativen Häufigkeit, beträgt 7,9, was mit den Ergebnissen von CHOLNOKY gut übereinstimmt.

**N/P-Verhältnis:**

Der eutrophe Gewässerbereich mit einem N/P-Verhältnis um 140:1 wird bevorzugt besiedelt.

**N-Quotient:**

Der mittlere  $N_Q$ -Wert von 1,02 läßt erkennen, daß sich die Art in Gewässern mit stärkerer organischer Belastung optimal vermehrt.

**Eutrophierungsgrad:**

Der mittlere EG von 31,8 bestätigt eindeutig die Ausführungen zum N/P-Verhältnis und zum N-Quotient.

**Saprobienindex - Güteklasse:**

Die Art kann bei einem mittleren Index von 2,25 der Güteklasse II zugeteilt werden.

(41) *Cyclotella meneghiniana* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) eine halophile Art, die im Litoral stehender und fließender Gewässer vorkommt. Nach KOLKWITZ (1950) ist sie ein Organismus der oligosaprobien Zone, während sie LIEBMANN in die Güteklasse III einreicht. Nach CHOLNOKY (1968) ist sie eine Süßwasser-Diatomee mit einem pH-Optimum von 8,0 - 8,5. Sie kann in  $O_2$ -armen Gewässern gut gedeihen und ist fakultativ stickstoffheterotroph. BUDE (1942) fand sie häufig in den Salinen und Salzgräben des Sauerlandes. HUBERPESTALOZZI (1942) bezeichnet sie als Litoralform, die seltener im Plankton gefunden wird. Sie soll verbreitet und häufig in den Küstengebieten ganz Europas vorkommen, besonders in Tümpeln, Gräben und Flüssen, seltener dagegen in größeren Seen. Sie soll brackige Gewässer bevorzugen und deshalb als halophil bezeichnet werden. ZIEMANN (1967) fand sie häufig in der versalzten Werra und Wipper und bezeichnet sie ebenfalls als halophile Form. 1970 wurde die Art von ZIEMANN nach der Terminologie von SIMONSEN (1962) als holoeuryhaline Art mit einem Chloridmaximum von mehr als 10 000 mg/l bezeichnet.

Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR gehört *C. menezhiniana* als halophile Form zur Gruppe der Oligohalobien. Sie wird mit einem Indikationsgewicht von 3 der alpha-mesoproben bzw. der polysaproben Zone zugeteilt. BUCK (1971) berechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,41 bei einer Streuung von  $\pm 0,48$ . Auf Grund dessen teilt er sie der Güteklasse II/III zu. OKOLOTOWICZ (1971) rechnet sie auf Grund seiner Untersuchungen in der Bucht von Puck, Hela, Gydinia zu den Organismen der alpha-mesosaproben Zone. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art häufig im Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes. SCHLÜTER gibt folgende ökologische Daten als Mittelwert an:

pH-Wert	7,7
O <sub>2</sub> -Zehrung in%	36,8
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	41,1 mg/l
Cl	37,8 mg/l
SO <sub>4</sub>	66,5 mg/l
PO <sub>4</sub>	0,36 mg/l
NH <sub>4</sub>	1,44 mg/l

In den oberbergischen Gewässern wird sie relativ selten gefunden. Alle Fundorte mit nennenswerter Häufigkeit haben einen pH-Wert von 7,6 - 9,3, einen hohen EG von 24-93, ein niedriges N/P-Verhältnis (kleiner als 100) und einen N-Quotient von 1,18 und 1,67. Wenn auch diese Ergebnisse für eine endgültige Beurteilung nicht ausreichen, so zeigen sie doch, daß die Art eutrophe Zustände bevorzugt und somit als Zeigerorganismus verwendet werden kann.

(42) *Cyclotella operculata* (AG.) KÜTZ.

HUSTEDT (1930) beschreibt sie als Litoral- und Planktonform stehender Gewässer. HUBER-PESTALOZZI (1942) bezeichnet sie als Litoralform in Tümpeln und Teichen. In größeren Seen soll sie auch planktisch vorkommen. HOFFMANN (1966) beobachtete in der Vorsperre der eutrophen Waidatalsperre mehrere Massen-

entwicklungen hintereinander. Sie ist die dominierende Kieselalge dieser Vorsperre mit einem Maximum von 85 000 Zellen pro ml. Vierzehn Tage nach einem Sommerhochwasser, bei dem der Inhalt der Vorsperre rund fünfzigmal erneuert wurde, entwickelte sich *C. operculata* bei einer Aufenthaltszeit von 1,22 Tagen massenhaft mit 20 000 Zellen/ml. Bei geringer Vermehrungsrate betrug der Durchmesser der Zelle 15  $\mu$ m, wohingegen sich bei Massenentwicklungen der Durchmesser auf 5  $\mu$ m verkleinerte. Verwechslungen mit *Cyclotella comta* und *Stephanodiscus* sp. sind möglich. Nach CHOLNOKY (1968) ist die Ökologie wenig bekannt. Auf Grund seiner Beobachtungen vermutete er einen mittleren pH-Wert von über 8,0. In den oberbergischen stehenden Gewässern wurde sie nur vereinzelt gefunden. Auf Grund der Ergebnisse von HOFFMANN (1966) kann jedoch angenommen werden, daß es sich um eine Art eutropher Gewässer handelt.

(43) *Cyclotella pseudostelligera* HUSTEDT

Diese Art wurde nach HUBER-PESTALOZZI (1942) im Unterlauf der Ems gefunden. Sonstige Angaben sind nicht bekannt. Im Untersuchungsgebiet war sie einmal mit 0,6% an einer *Fragilaria capucina*-*Cyclotella wolterecki* - Assoziation im Plankton der Genkelvorsperre beteiligt. Der pH-Wert betrug 7,5, der EG 10,2 das N/P-Verhältnis 1775:1 und der N-Quotient 0,20. Rückschlüsse auf die Autökologie können daraus nicht gezogen werden. Hierzu sind weitere Beobachtungen erforderlich.

(44) *Cyclotella stelligera* CLEVE

HUSTEDT (1930) bezeichnet sie als Litoralform, die meist vereinzelt unter anderen Diatomeen vorkommt. HUBER-PESTALOZZI (1942) vertritt die Ansicht, daß die Art eine stark verbreitete Litoralform ist, die zuweilen planktisch vorkommt. WEBER (1960) fand sie vereinzelt in der Donau bei pH 7,5. SCHNITZLER (1970) stellte in der schwach sauren Riveristal-

talsperre (pH 6,8 - 7,0) ein Sommer-Herbstmaximum in einer Tiefe von 0 - 15 m fest. Er fand mehr als 250 Zellen pro ml. Bei Düngeversuchen in Plastiksäcken (60 µg/l PO<sub>4</sub> und 4 mg/l NO<sub>3</sub>; N/P-Verhältnis = 15:1) entwickelte sich *C. stelligera* bis zu 6 000 Zellen/ml. Im freien Wasser war zur gleichen Zeit nur eine geringe Entwicklung zu verzeichnen. JÄRNE-FELT (1952; zit. bei SCHNITZLER 1970) stellte die Art zu den oligotrophen Organismen. Dieser Auffassung muß auf Grund der Düngeversuche von SCHNITZLER widersprochen werden. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von um oder über 8,5. Nach den besser untersuchten afrikanischen Vorkommen scheint die Art in eutrophen Gewässern optimal zu gedeihen. Nach BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1970) wird *C. stelligera* auch in den Jahren 1969 - 1970 in der schwach sauren Reveristalsperre gefunden.

Auf Grund eigener Untersuchungsergebnisse kann festgestellt werden, daß die Art im Litoral wie im Plankton vorkommen kann. Der mittlere pH-Wert beträgt 8,0. Dominierend wurde sie im Litoral nur in eutrophen Teichen gefunden. So z.B. in einem Fischteich bei pH 9,3, einem N/P-Verhältnis von 18:1, einem EG von 45 und einem N-Quotienten von 1,62. Im Plankton der mesotrophen Genkeltalsperre erreichte sie einmal für wenige Tage in der 0 m Schicht ein Maximum von 160 Zellen/ml. Der pH-Wert betrug zu dieser Zeit 7,8. Die Art bevorzugt einen N/P-Bereich von 15 - 300:1. Der mittlere N-Quotient aller Untersuchungen liegt mit 0,64 verhältnismäßig hoch und zeigt, wie der mittlere EG von 11, daß die Art eutrophe Gewässer bevorzugt besiedelt.

(45) *Cyclotella wolterecki* HUSTEDT

HUBER-PESTALOZZI (1942) gibt einen Fundort auf Java an und zwar in einem Teich des botanischen Gartens von Buitenzorg. Weitere Angaben sind aus der Literatur nicht bekannt. Im Untersuchungsgebiet wurde sie im Vorbecken der Genkeltalsper-

re codominierend im Diatomeenplankton gefunden. Die ökologischen Kenndaten sind folgende:

pH-Wert	7,5
N/P	1775:1
N-Quotient	0,20
EG	10

Auch in der Hauptsperre war sie am Diatomeenplankton mit 4,3% einer *Asterionella formosa*-Assoziation beteiligt. Folgende ökologische Kenndaten wurden festgestellt:

pH-Wert	7,5
N/P-Wert	1720:1
N-Quotient	0,26
EG	9,1

Vermutlich ist sie in unserem Gebiet weiter verbreitet als bisher angenommen wurde. Sie kann leicht übersehen bzw. mit *Stephanodiscus hantzschii* verwechselt werden.

(46) *Cymatopleura elliptica* (BREB.) W.SMITH

Die Art soll nach HUSTEDT (1930) und HUBER-PESTALOZZI (1942) in Mitteleuropa verbreitet und häufig sein. Sie soll als typischer Plankter mit einem Wintermaximum, das bis zum Frühling andauert, in vielen schweizer und mitteleuropäischen Seen vertreten sein. Nach CHOLNOKY (1968) hat sie ein pH-Optimum um 8,5 und scheint mäßige osmotische Druckschwankungen ertragen zu können. Deshalb soll sie in küstennahen Gewässern recht häufig sein. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR gehört sie zur Güteklasse II. BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,69 mit einer Streuung von 0,33. Er vertritt ferner die Ansicht, daß sie ein Organismus der oligo-betamesosoproben Zone ist. BUDE (1942) fand die Art in der Ruhr, Lippe und Eder, sowie in den Mooren des Sauer- und Münsterlandes. Nach LIEBMANN (1951) kommt sie besonders im Winter in stehenden und fließenden Gewässern verbreitet und häufig, auch planktisch in der Güteklasse II vor. Im Untersuchungsgebiet ist *C. elliptica* eine sehr sel-

tene Art. In den Talsperren wurde sie weder im Plankton noch in den oberen und tieferen Sedimenten festgestellt. Daraus kann gefolgert werden, daß sie auch in früheren Jahren nicht vorgekommen ist. Sie wurde lediglich einmal in einem Wasserfall eines unbelasteten Waldgewässers beobachtet.

(47) *Cymatopleura solea* (BREB.) W.SMITH

Nach HUSTEDT (1930) im ganzen Gebiet verbreitet und häufig. HUBER-PESTALOZZI (1942) vertritt die Ansicht, daß die Art in der kalten Jahreszeit hier und da im Plankton gefunden wird. WESENBERG-LUND (zit. bei HUBER-PESTALOZZI) faßt die Art als Bodenform auf, die sich vielleicht ins Plankton mischen kann. Auch ROUND (1968) zählt sie zur epipelischen Gesellschaft eutropher Gewässer. KOLKWITZ (1950) zählt sie zu den Organismen der oligosaproben Zone. LIEBMANN (1951) fand sie besonders in der kalten Jahreszeit in alkalischen Gewässern. Sie soll unempfindlich gegenüber chemischen Umwelteinflüssen sein. Auch er hält sie für eine Bodenform, die gelegentlich im Plankton vorkommt. Er zählt sie zu den Leitorganismen der Güteklasse II. Nach den Angaben von CHOLNOKY (1968) hat die Art ein pH-Optimum unter 8,0. BUDE (1942) fand die Art in der Ruhr, Lippe und Eder, sowie im Heiligen Meer und in den Mooren des Sauerlandes. SCHLÜTER (1961 b) stellte die Art vereinzelt in den Gräben des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,5 - 7,6 und einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 0,25 - 0,39 mg/l fest. BUCK (1971) berechnete den korrigierten Indexschwerpunkt zu 2,11. Bei einer Streuung von 0,46 ist sie ein Organismus der betamesosaproben Zone. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR wird sie mit einem Indikationsgewicht von 2 in der Güteklasse II und III gefunden. ZIEMANN (1970) zählt sie zu den mesoeuryhalinen Arten bei einem Chloridmaximum von 4000 - 5000 mg/l.

Nach eigenen Feststellungen beträgt der mittlere pH-Wert 7,5. Da sie mit großer Häufigkeit auf dem Schlamm eutropher Teiche

gefunden wurde und der mittlere Trophiegrad 15,1 beträgt, dürfte sie eine Art nährstoffreicher Gewässer sein. Der mittlere Saprobienindex beträgt 2,09, was mit den Ergebnissen von BUCK (1971) gut übereinstimmt.

(48) *Cymbella aequalis* W. SMITH

Nach HUSTEDT (1930) soll die Art besonders im Gebirge verbreitet und nicht selten sein. Nach CHOLNOKY (1968) könnte das pH-Optimum zwischen 7,3 und 7,5 liegen. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art häufig in calciphilen Moosrasen auf Niedermoor bei pH 6,1; 2,1 mg/l O<sub>2</sub>; 88,0% Sauerstoffzehrung; 30 µg/l PO<sub>4</sub>; 1,4 mg/l NH<sub>4</sub>. Sie vertritt ferner die Ansicht, daß die Art eine enge Bindung an aerische Standorte hat. Im Untersuchungsbereich ist sie sehr selten. Sie wurde nur einmal bei pH 7,5 in einem eutrophen Gewässerabschnitt mit geringer Häufigkeit gefunden.

(49) *Cymbella affinis* KÜTZ.

Die Art soll im Gebiet verbreitet und nicht selten vorkommen. Die stärkste Entwicklung soll sich auf wärmere Länder beschränken (HUSTEDT 1930). Nach CHOLNOKY (1968) ist über die Ökologie der Art wenig bekannt; das pH-Optimum soll etwa zwischen 7,8 und 8,0 liegen. BUDE (1942) fand die Art in der schwach sauren Eder. HERBST (1966) stellte sie vereinzelt im Villenhofener Maar fest. Der pH-Bereich betrug 7,6 - 8,1 und das Mittel 7,9. Der Bereich für NO<sub>3</sub> lag zwischen 0,05 und 1,5 mg/l. PO<sub>4</sub> und NH<sub>4</sub> waren nicht nachweisbar.

Im Untersuchungsgebiet ist sie häufiger als die vorige Art. Häufiger trat sie auf künstlichen Substraten in der Genkeltalsperre und ihren Vorbecken auf. Aber auch in den Quellbächen des Oberbergischen Landes ist sie nicht selten. Der mittlere pH-Wert aller Vorkommen, unter der Berücksichtigung der relativen Häufigkeit, beträgt 7,5. Der EG lag zwischen 0,5 und 2,7, während das N/P-Verhältnis zwischen 300 und 600:1 schwankte. Der mittlere Saprobienindex errechnete sich zu 2,01,

was der betamesosaprobe Zone entspricht.

(50) *Cymbella amphicephala* NAEGELI

Nach HUSTEDT (1930) im ganzen Gebiet häufig und nicht selten. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum zwischen 7,3 und 7,4. HERBST (1966) fand sie vereinzelt im Villenhofener Maar (ökologische Daten siehe *Cymbella affinis*).

Die Fundstelle mit der größten Häufigkeit der eigenen Untersuchungen lag in einer Quelle in der Zentralschweiz. Hier kam die Art als Epiphyt auf *Draparnaldia glomerata* vor. Im oberbergischen Untersuchungsgebiet wurde sie auf künstlichen Substraten in den Talsperren und in sauberen sauerstoffreichen Quellbächen gefunden. Der pH-Wert lag zwischen 7,3 und 7,5 und der EG zwischen 1,5 und 3,0. Nach dem Vorkommen und Saprobienindex, der zwischen 1,5 und 1,8 lag, kann die Art der Güteklasse I zugeteilt werden.

(51) *Cymbella aspera* CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) überall und häufig. SCHLÜTER (1961 b) fand sie verhältnismäßig häufig in calciphilen Moosrasen auf Niedermoor bei pH 6,1 und in Flachmoorweihern bei pH 7,4. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0. BUDE (1942) fand die Art in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer, sowie in Moorstellen des Sauer- und Münsterlandes.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie fast ausschließlich auf künstlichen Substraten (Perlonschnüren wie Glasplatten) teilweise sehr häufig gefunden. Der pH-Bereich lag zwischen 7,2 und 8,1. Bei einem mittleren Saprobienindex von 2,05 gehört die Art zur betamesosaprobe Zone.

(52) *Cymbella austriaca* GRUNOW

Nach CHOLNOKY (1968) ist die Art an einen pH-Wert von unter

6,0 gebunden. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal auf Perlonschnüren in der Genkeltalsperre beobachtet. Bezüglich der Abgabe von Säure aus Perlonschnüren siehe Abschnitt 5.3. Eine Entwicklung war nur durch die Entstehung eines Mikroklimas in Bezug auf den pH-Wert möglich.

(53) *Cymbella cesati* GRUNOW

Nach LIEBMANN (1951) kommt sie zu allen Jahreszeiten verbreitet in Gebirgswässern der oligosaprogenen Zone vor. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" der DDR ordnen sie mit einem Indikationsgewicht von 5 der xenosaprogenen Zone zu. BUDE (1942) fand sie in Teichen und Moorstellen des Sauer- und Münsterlandes. Nach CHOLNOKY (1968) hat sie ein pH-Optimum um 6,0. Ferner scheint sie zu den Arten zu gehören, die sich in Gewässern mit hohem Sauerstoffgehalt optimal vermehren. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art häufig in Moosrasen bei pH 6,1; 2,1 mg/l O<sub>2</sub>; 88% Sauerstoffzehrung; 30 µg/l PO<sub>4</sub>; 1,4 mg/l NH<sub>4</sub>.

Im Untersuchungsgebiet ist sie eine sehr seltene Art. Sie wurde nur einmal in geringer Häufigkeit in einem verschmutzten Weiher gefunden.

(54) *Cymbella cistula* (HEMPRICH) GRUNOW

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art überall verbreitet und häufig vorkommt. Nach CHOLNOKY (1968) soll sie ein pH-Optimum unter 8,0 haben. Außerdem soll die Art sich in sauerstoffreichen Gewässern optimal vermehren. KOLKWITZ (1950) ordnet sie der oligosaprogenen Zone zu, während die Art bei LIEBMANN (1951) nicht erwähnt wird. SCHLÜTER (1961 b) fand *C. cistula* vereinzelt im verschmutzten Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes bei:

pH	7,7
PO <sub>4</sub>	360,0 µg/l
NH <sub>4</sub>	1,4 mg/l

Häufig dagegen stellte SCHLÜTER die Art im Weiher 18 fest und zwar bei:

pH	7,4
PO <sub>4</sub>	20,00 µg/l
NH <sub>4</sub>	0,33 mg/l

BUDDE (1942) fand die Art in der Lippe, in der schwach sauren Eder und in den Seen und Moorstellen des Heiligen Meeres.

Im Untersuchungsgebiet wird *C. cistula* meist in stehenden Gewässern, vereinzelt auch in den Bächen des Mittelgebirges und in den Quellen des Hochgebirges gefunden. Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen bevorzugt die Art Gewässer mit folgenden Kenndaten:

pH	7,2 - 7,6
N : P	300 : 1 - 400 : 1
N-Quotient	0,2 - 0,3
EG	0,5 - 4,0
S-Index	1,8 - 2,0
Güteklasse	II

(55) *Cymbella cymbiformis* (KÜTZ.) HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art als Litoralform allgemein verbreitet und häufig. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß die Ökologie kaum bekannt ist. Das pH-Optimum soll wahrscheinlich um 7,5 liegen und der Sauerstoffanspruch hoch sein. HERBST (1966) fand die Art im Plankton des Villenhofener Maares mit 2000 Zellen/l. Der durchschnittliche pH-Wert betrug 7,9 und der NO<sub>3</sub>-Gehalt 0,05 - 1,5 mg/l; PO<sub>4</sub> bzw. NH<sub>4</sub> waren nicht nachweisbar.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur in stehenden Gewässern mit folgenden Kenndaten beobachtet:

pH	7,2 - 7,5
N : P	300 : 1 - 400 : 1
N-Quotient	0,2 - 0,3
EG	0,4 - 3,1
S-Index	1,7 - 2,1
Güteklasse	I - II bis II

(56) *Cymbella gracilis* (RABENHORST) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) soll die Art im Gebirge verbreitet und ziemlich häufig vorkommen. Nach CHOLNOKY (1968) auch in den Tropen häufig. Das pH-Optimum liegt bei 6,3 bis 6,5. Sie soll Gewässer mit hohem Sauerstoffgehalt bevorzugen. BUDE (1942) fand sie in der schwach sauren Eder, im Heiligen Meer und in den Mooren des Sauer- und Münsterlandes. Nach den "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" der DDR gehört die Art mit einem Indikationsgewicht von 4 zur Gruppe der xenosaprogenen Organismen. Da das Vorkommen der Art an schwach saure Gewässer gebunden ist, wird sie im Untersuchungsgebiet verhältnismäßig selten gefunden. Der pH-Wert der wenigen Fundstellen lag um 7,0 und der EG schwankte zwischen Null und 2,6. Häufiger war die Art in den schwach sauren bis stark sauren Gewässern des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges. So zum Beispiel war sie mit 5,0% an einer *Eunotia pectinalis*-*E. exigua*-Assoziation bei pH 6,0 beteiligt. Der Trophiegrad betrug Null und die Summe der Eunotien 74,4%.

(57) *Cymbella hebridica* (GREGORY) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) handelt es sich bei *C. hebridica* um eine nordisch-alpine Art, die überwiegend im Riesengebirge und in den Alpen gefunden wird. Nach CHOLNOKY (1968) liegt das pH-Optimum wahrscheinlich tief unter dem Neutralpunkt.

Im Bergischen bzw. Oberbergischen Land wird sie nicht gefunden. Häufiger wurde sie im bayerisch-böhmischen Grenzgebirge und in den Quellgewässern der Hoch-Schweiz angetroffen. Es handelte sich meist um eine *Eunotia pectinalis*- oder um eine *Ceratoneis arcus*-Assoziation. Danach dürfte der optimale pH-Wert zwischen 6,0 und 7,0 liegen. Auf jeden Fall bevorzugt die Art saubere, unbelastete Gewässer.

(58) *Cymbella helvetica* KÜTZ.

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art im ganzen Gebiet verbreitet, besonders als Litoralform stehender Gewässer vorkommt. BUDE (1942) fand sie in den Seen und Teichen des NSG Heiliges Meer. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal und zwar in der Genkeltalsperre angetroffen. Häufiger dagegen in Quellgewässern der Zentral-Schweiz. Den Fundorten nach zu urteilen dürfte das pH-Optimum zwischen 7,0 und 7,5 liegen, wobei Schwankungen zum sauren Bereich hin ertragen werden. Sie bevorzugt saubere, unbelastete Gewässer.

(59) *Cymbella microcephala* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art überall verbreitet und nicht selten. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt im Moosrasen und im Hauptgraben 19 des Strausberger Naturschutzgebietes, häufiger dagegen im Weiher 18 bei pH 7,4; 31 % Sauerstoffzehrung; 20 µg/l PO<sub>4</sub>; 0,33 mg/l NH<sub>4</sub>. BUDE (1942) stellte die Art in der schwach sauren Eder und in den Seen und Weihern des Heiligen Meeres fest. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,0 - 7,2; Sie soll keine großen pH-Schwankungen ertragen und ein guter Indikator für schwach alkalische, oligotrophe Gewässer sein.

Im Untersuchungsgebiet kommt sie ausschließlich in stehenden Gewässern vor. Diese können durch folgende Daten charakterisiert werden:

pH-Optimum	7,5 (Die Art kann assimilationsbedingte Schwankungen bis 9,0 ertragen.)
N : P	400 : 1
N-Quotient	0,04 - 0,29
EG	0,2 - 6,2
Saprobienindex	1,7 - 2,1
Güteklasse	II - I/II.

(60) *Cymbella naviculiformis* AUERSWALD

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im ganzen Gebiet verbreitet und häufig vor. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0. Er vertritt ferner die Ansicht, daß die

Art pH-Schwankungen nicht gut ertragen kann und daß sie bevorzugt Gewässer mit einem sättigungsnahen Sauerstoffgehalt besiedelt.

Im Untersuchungsgebiet kommt sie in Fließ- und kleineren stehenden Gewässern zerstreut vor. Der optimale pH-Bereich liegt bei 7,5. Der EG der Fundstellen schwankt zwischen 0,7 und 5,8, woraus zu schließen ist, daß die Art saubere bis wenig belastete Bäche und Teiche bevorzugt besiedelt.

(61) *Cymbella norvegica* GRUNOW

Die Angabe, daß die Art nordisch-alpin sei (HUSTEDT 1930), wird von CHOLNOKY bezweifelt. Er vertritt die Ansicht, daß die Art wahrscheinlich nur an saure pH-Werte angepaßt sei.

In den Gewässern des Bergischen und Oberbergischen Landes wird sie nicht gefunden. Sie wurde lediglich in Quellgewässern der Zentral-Schweiz beobachtet. Zur endgültigen Beurteilung reichen die vorhandenen Daten nicht aus. Jedoch kann angenommen werden, daß die Art schwach saure bis neutrale, saubere Gewässer bevorzugt.

(62) *Cymbella parva* CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) soll die Art eine der häufigsten Litoralformen unserer Seen sein. Dieses kann für die Talsperren des Untersuchungsgebietes nicht bestätigt werden. Sie wurde vereinzelt in der Genkeltalsperre, aber auch in Fließgewässern beobachtet. Das pH-Optimum dürfte bei 7,2 - 7,5 liegen. Der EG der untersuchten Gewässer liegt zwischen 2 und 3, während der Saprobienindex zwischen 1,53 und 1,97 schwankt. Danach meidet die Art Gewässer mit höherer organischer Belastung. Sie kann der Güteklasse I - I/II zugeordnet werden.

(63) *Cymbella perpusilla* CLEVE

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art in Gebirgen wahrscheinlich überall verbreitet ist. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 6,0 - 6,5, was durch die eigenen Untersuchungsergebnisse voll bestätigt werden kann. Außerdem konnte festgestellt werden, daß die Art unbelastete Bäche und stehende Gewässer bevorzugt besiedelt.

(64) *Cymbella prostrata* (BERKELEY) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Litoral des süßen und des leicht salzigen Wassers überall verbreitet und häufig vor. BUDE (1942) fand sie in den Gebirgsbächen des Sauerlandes, sowie in der Ruhr und in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. Nach ROUND (1968) ist sie ein Epiphyt auf höheren Pflanzen. Ferner soll sie auf Kalk vorkommen. KOLKWITZ (1950) zählt sie zu den oligosaprogenen Organismen. BUCK (1971) gibt einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,03 bei einer Streuung von 0,38 an. Danach wird die Art der Güteklasse II zugeordnet. Zu dem gleichen Ergebnis kommen auch die Autoren der "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung der DDR. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß die Art keine Brackwasserdiatomee sei und daß sie ein hoch liegendes pH-Optimum von über 8,0 hat.

Im Untersuchungsgebiet wird die Art nur sehr vereinzelt festgestellt, so daß keine Angaben zur Autökologie gemacht werden können.

(65) *Cymbella sinuata* GREGORY

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im ganzen Gebiet zerstreut aber nicht selten vor. BUDE (1942) fand sie in den Gebirgsbächen des Sauerlandes, in der Ruhr, Lippe, Eder und in den Weihern und Seen des NSG Heiliges Meer. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art im Stranggraben 14 des Strausberger Naturschutz

gebietes bei pH 7,6. WEBER (1960) stellte sie in der österreichischen Donau bei pH 7,5 fest. Nach CHOLNOKY (1968) scheint sie ein pH-Optimum um oder über 8,0 zu haben.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

Im Oberbergischen Land häufig und verbreitet in Quellen und Fließgewässern.

#### pH-Wert:

Der optimale Bereich liegt zwischen 7,2 und 8,0 mit einem Schwerpunkt zwischen 7,2 und 7,6. Der rechnerische Mittelwert unter Berücksichtigung der Häufigkeit beträgt 7,5.

#### N/P-Verhältnis:

Eine Entwicklung ist in fast allen Bereichen möglich. Jedoch ist ein deutlicher Schwerpunkt zwischen 500 und 700 : 1 zu erkennen.

#### N-Quotient:

Der optimale Bereich liegt zwischen 0,1 und 0,5 mit einem sehr deutlichen Schwerpunkt von 0,2 - 0,3. Der rechnerische Mittelwert beträgt 0,43.

#### Eutrophierungsgrad:

Der Verbreitungsschwerpunkt zwischen 5 und 20 ‰ zeigt, daß die Art schwach bis mäßig belastete Gewässer bevorzugt besiedelt. Mittelwert 9,4.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Auch der Saprobienindex mit einem Schwerpunkt von 2,0 - 2,3 bzw. 2,5 weist auf schwach bis mäßig belastete Gewässer hin. Bei einem Mittelwert von 2,12 kann die Art der betamesosaprobien Zone zugeteilt werden.

(66) *Cymbella tumidula* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Gebiet zerstreut vor und wurde wahrscheinlich oft mit anderen kleinen Arten ver-

wechselt. Nach CHOLNOKY (1968) ist sie ökologisch wenig bekannt. Ihr pH-Optimum soll aber zwischen 7,0 und 8,0 liegen. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal in einem Quellfluß vereinzelt bei einem Saprobienindex von 1,82 gefunden.

(67) *Cymbella turgida* GREGORY

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art hauptsächlich in den Tropen vorkommt. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als Kosmopolit. Sie soll eine oligohalobe, litorale Form stehender alkalischer Gewässer sein. CHOLNOKY (1968) gibt das pH-Optimum zwischen 7,0 und 7,5 an. pH-Schwankungen sollen schlecht ertragen werden, wodurch die Art ein guter Indikator für schwach alkalische Zustände des Gewässers ist.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art in Teichen und Stauweihern bei pH-Werten um 7,5 und einem Saprobienindex um 2,0 vereinzelt gefunden.

(68) *Cymbella turgidula* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) soll der Verbreitungsschwerpunkt in tropischen Gebieten liegen. Vereinzelt wurde sie in der Schweiz und in Ungarn gefunden.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal gefunden, so daß keine ökologischen Angaben gemacht werden können.

(69) *Cymbella ventricosa* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im ganzen Gebiet verbreitet und sehr häufig vor. KOLKWITZ (1950) ordnet sie der Güteklasse I zu. Nach LIEBMANN (1951) ist die Art typisch für die beta-mesosaprobe Zone und kommt zu allen Jahreszeiten verbreitet und häufig in stehenden und fließenden Gewässern vor. Sie ist gegenüber chemischen Einflüssen und pH-Schwankungen sehr widerstandsfähig. BUCK (1971) teilt sie ebenfalls, bei

einem Index-Schwerpunkt von 1,75 und einer Streuung von 0,51, der beta-mesosaproben Zone zu. Nach den "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" der DDR (1970) wird die ökologische Potenz in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN (1964) wie folgt angegeben:

x	o	b	a	p	I
2	4	3	1	-	1

BACKHAUS (1968) findet die Art typisch für kleinere schnellfließende Gewässer mit hohem anorganischen Nährstoffgehalt und einer stärkeren Belastung mit fäulnisfähigen organischen Substanzen. Sie soll typisch für das Ende der alpha-mesosaproben Zone sein.

ZIEMANN (1970) bezeichnet *C. ventricosa* als polyeuryhaline Art bei einem Chloridmaximum von 14 000 mg/l. BUDDÉ (1942) fand die Art fast überall in Bächen und Flüssen sowie in Moorstellen des Sauerlandes und im Heiligen Meer. ROUND (1968) bezeichnet die Art als epilithische Diatomee. SCHLÜTER (1961 b) fand sie häufiger im Weiher 24 bei pH 7,5; 0% Sauerstoffzehrung;  $PO_4$  nicht nachweisbar; 0,1 mg/l  $NH_4$ . Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) ist *C. ventricosa* eine oligohalobe, eurytope, litorale Form. CHOLNOKY (1968) gibt das pH-Optimum mit 7,7 - 7,8 an. Sie ist eine N-autotrophe Art sauerstoffreicher Gewässer. Wegen der gallertigen Hülle der Kolonien sehr resistent; sie kann leicht in saure Gewässerabschnitte verschleppt werden. CHOLNOKY (1960, 1962a, 1962c) macht folgende ökologische Bemerkungen: in neutralen bis schwach alkalischen, oligotrophen bzw. stickstoffarmen Gewässern der Gebiete wie Natal, Ost-Transvaal oder Kaap-Provinz eine allgemein verbreitete wie auch häufige Art.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

*C. ventricosa* kommt im Untersuchungsgebiet in fließenden und stehenden Gewässern auf geeigneten Substraten vor. In Kulturen konnte nachgewiesen werden, daß die Art Harnstoff und

Aminosäuren nicht verwenden kann. Sie vermehrte sich ausschließlich in Kulturen mit Nitrat als Stickstoffquelle.

**pH-Wert:**

Deutlicher Verbreitungsschwerpunkt zwischen pH 7,4 und 7,6. Schwankungen zum sauren und stärker alkalischen Bereich sind erträglich.

**N/P-Verhältnis:**

Der optimale Bereich der Entwicklung von *C.ventricosa* liegt bei niedrigen N/P-Verhältnissen. Dieser Befund stimmt mit Ergebnissen von BACKHAUS (1968) überein, der die Art typisch für Gewässer mit hohem anorganischem Nährstoffgehalt findet.

**N-Quotient:**

Deutlicher Verbreitungsschwerpunkt zwischen 0,2 und 0,3. Eine Entwicklung ist jedoch auch dann möglich, wenn der organische N-Gehalt höher ist als der anorganische.

**Eutrophierungsgrad:**

Gegen die Belastung eines Gewässers durch Abwasser zeigt die Art keine besondere Empfindlichkeit. Sie wird noch in Assoziationen mit 50% abwasserzeigender Diatomeen häufig gefunden. Die Angabe "eurytop" von BOURRELLY & MANGUIN (1952) ist zutreffend.

**Saprobienindex und Güteklasse:**

Die Art wird häufig bei einem Saprobienindex von 1,8 - 2,3 gefunden, kann aber auch noch in der alpha-mesosaprobien Zone relativ häufig vorkommen. Der Mittelwert beträgt 2,07. Somit gehört die Art zur Güteklasse II. Der Indikationswert ist allerdings gering.

(70) *Denticula tenuis* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im ganzen Gebiet verbreitet und sehr häufig vor. ROUND (1968) zählt die Art zu den epiphytischen Diatomeen einer alkaliphilen Flora der Quellen. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) ist die Ökologie dieser Art noch unbekannt. Vielleicht ist sie eine Art der Luftbiotope,

der überrieselten Felsen und der Quellen. Nach STREBLE & KRAUTER (1973) ist die Art überall häufig. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 8,0.

Im Untersuchungsgebiet ist *D. tenuis* eine sehr seltene Art. Sie wurde mit geringer Häufigkeit im Litoral der oligotrophen Genkeltalsperre und in einem Fließgewässer bei pH-Werten um 7,5 gefunden.

(71) *Diatoma anceps* (EHRB.) GRUNOW

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art in fließenden Gewässern weit verbreitet und nicht selten ist. CHOLNOKY (1968) nimmt ein pH-Optimum von 6,0 - 7,0 an und bezeichnet die Untersuchung der Autökologie als dringend notwendig.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art sehr selten. Sie wurde bis jetzt nur zweimal mit sehr geringer Häufigkeit in stehenden Gewässern an künstlichen Aufwuchsträgern beobachtet.

(72) *Diatoma elongatum* (LYNGBYE) AGARDH

Nach HUSTEDT (1930) bevorzugt die Art stehende Gewässer und lebt pelagisch. In den norddeutschen Seen ist sie eine Massensform des Planktons. Ein leichter Salzgehalt soll sich fördernd auf das Wachstum auswirken. CHOLNOKY (1968) widerspricht dieser Auffassung. Sie kann keine osmotischen Druckschwankungen ertragen. Er ermittelte ein pH-Optimum von 7,4 - 7,8. LIEBMANN (1951) ordnete die Art, ebenso wie KOLKWITZ (1950), der Güteklasse II zu. Stehende und langsam fließende Gewässer werden bevorzugt besiedelt. Ferner soll sie planktonisch und im Schlamm leben, wenn dieser reich an organischem Material und Chloriden ist. Die Art soll typisch für die Zone abklingender Selbstreinigung und halophil sein. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) ist *D. elongatum* eine oligohalobe, indifferente, stenotherme, planktische Form mit großer Abundanz in den oligotrophen Seen Europas. OKOLOTOWICZ (1971) zählt die Art zur beta-mesosaproben Zone. Nach Autorenkollektiv DDR (1970)

ist die Art bei einem Indikationsgewicht von 3 oligo-betame-sosaprob. BUDDE (1942) fand die Art in der Ruhr, Lippe, in Salinen und im Heiligen Meer. Er rechnet sie zur oligosap-roben Zone und bezeichnet sie als oligohalob-halophil (1000 - 2000 mg/l Cl.)

Im Untersuchungsgebiet kommt sie in stehenden und fließenden Gewässern vor. In den hiesigen Bergbächen dürfte sie jedoch allochthon sein. Wie festgestellt werden konnte, kommt die Art verbreitet in Kleingewässern wie Teichen und temporären Tümpeln oft sehr häufig vor. Eine Verdriftung ist nicht auszuschließen. Im Plankton der Genkeltalsperre hatte die Art bis jetzt das größte Maximum mit 29 000 Zellen/l. In der eutrophen Aggertalsperre konnte sie bis jetzt nicht nachgewiesen werden. Auf Grund der hiesigen Vorkommen können Gewässer mit den folgenden Kenndaten als typisch angesehen werden:

pH	7,3 - 7,8
N/P	250:1 - 500:1
N-Quotient	0,23 - 0,46
EG	0,8 - 4,1
Güteklasse	II

Schwankungen des pH-Wertes zum sauren Bereich werden gut ertragen. So wurde die Art relativ häufig in einer *Fragilaria virescens* - *Eunotia lunaris* - Assoziation beobachtet. Der Anteil der Eunotien betrug 39,3%.

(73) *Diatoma hiemale* (LYNGBYE) HEIBERG

HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als nordisch-alpin. Aber auch im Mittelgebirge soll sie in Quellen und Tümpeln vorkommen. Nach CHOLNOKY (1968) liegt das pH-Optimum unter 7,0. Ferner bevorzugt die Art sauerstoffreiche Gewässer. Die Autoren der Ausgewählten Methoden der DDR ordnen die Art mit einem Indikationsgewicht von 5 der xenosap-roben Zone zu.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art nicht vor. Sie wurde jedoch als dominierende Art (*Diatoma hiemale* - *Fragilaria vires-*

cens - Assoziation) in einer Quelle bei Färnigen in 2200 m Höhe in der Schweiz gefunden.

(73a) *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (EHRB.) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art eine der gemeinsten Formen der Gewässer unserer Gebirge. KOLKWITZ (1950) zählt sie zur Gruppe der Katharobier. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR gehört die Art mit einem Indikationsgewicht von 4 zur xenosaproben Zone. In den Quellen der höheren Gebirgsregion des Sauerlandes tritt die Art oft in Massen auf (BUDEDE 1942). Nach STREBLE & KRAUTER (1973) handelt es sich um eine Reinwasserform der Quellen und Tümpel der Mittelgebirge. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von kleiner als 7,0. Sie bevorzugt sauerstoffreiche Gewässer.

Im Untersuchungsgebiet ist sie eine sehr häufige Art, die verbreitet in Quellbächen vorkommt.

pH-Wert:

Das pH-Optimum der Art liegt zwischen 7,2 und 7,8. Schwankungen werden nicht ertragen. Unter Berücksichtigung der Häufigkeit beträgt der Mittelwert 7,4.

N/P-Verhältnis:

Das N/P-Verhältnis hat kaum Einfluß auf die Entwicklung; der Mittelwert beträgt 879:1.

N-Quotient:

Eine optimale Entwicklung ist zwischen 0,1 und 0,3 möglich, woraus zu schließen ist, daß saubere Gewässer bevorzugt werden. Der Mittelwert beträgt 0,24.

Eutrophierungsgrad:

Gewässer mit einem EG unter 5 werden bevorzugt. Der Mittelwert unter Berücksichtigung aller Fundstellen und Häufigkeiten beträgt 6.

Saprobienindex und Güteklasse:

Der Verbreitungsschwerpunkt liegt zwischen 1,4 und 2,0 mit

einem deutlichen Maximum zwischen 1,8 und 2,0. Der Mittelwert beträgt 1,95. Eine Zuteilung der Art zur xenosaprobien oder oligosaprobien Zone halte ich auf Grund der Ergebnisse nicht für gerechtfertigt. Die Bezeichnung Güteklasse II oder I - II wäre richtiger.

(74) *Diatoma vulgare* BORY

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und häufig in stehenden und fließenden Gewässern, in Quellen und Brunnen-trögen oft als Reinmaterial vor. BOURRELLY&MANGUIN (1952) bezeichnen sie als indifferente, litorale Form, die epiphytisch in Strömen, Flüssen, in der Brandungszone von Seen, manchmal auch tychoplanktisch vorkommt. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum zwischen 8,0 und 8,2. Sie soll sauerstoffreiche Gewässer bevorzugen. Er vertritt ferner die Meinung, die ich teile, daß eine Unterscheidung der verschiedenen Varietäten zwecklos ist. Alle Formen haben die gleiche Autökologie. HEYNIG (1968) stellte *D.vulgare* gemeinsam mit *Nitzschia acicularis* und einer *Ulothrix*-Art in einer Salzquelle bei einem Cl-Gehalt von 3140 - 4900 mg/l fest. KOLKWITZ (1950) und OKOLOTOWICZ (1971) teilen die Art der beta-mesosaprobien Zone zu. Die ökologische Potenz der Art wird von den Autoren der "Ausgewählten Methoden" der DDR wie folgt dargestellt.

x	o	b	a	p	I
-	3	5	2	-	2

Danach kann die Art bei geringem Indikationsgewicht der beta-mesosaprobien Zone zugeteilt werden. BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,91 bei einer Streuung von  $\pm 0,45$ . Damit teilt er sie ebenso wie BUDDE (1942), LIEBMANN (1951) und STREBLE & KRAUTER (1973) der Güteklasse II zu. LIEBMANN (1951) gibt ein pH-Optimum von 7,8 an. FRIEDRICH (1973) fand ein Massenvorkommen im unteren Oberlauf der Erft, während sie im Quellgebiet fehlte. Dieses Fehlen

im Quellbereich kann durch die eigenen Untersuchungen als spezifisch für die Art bestätigt werden. FOTT (1971) bezeichnet sie als Indikator reiner Quellgewässer.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet und stellenweise häufig bis massenhaft vor.

#### pH-Wert:

Der Verbreitungsschwerpunkt liegt zwischen pH 7,4 und 8,0 mit einem deutlichen Maximum zwischen pH 7,6 und 7,8, was mit den Ergebnissen von LIEBMANN (1951) gut übereinstimmt.

#### N/P-Verhältnis:

Das N/P-Verhältnis mit einem deutlichen Maximum zwischen Null und 100:1 läßt erkennen, daß die Art nährstoffreiche, insbesondere phosphatreiche Gewässer bevorzugt. Der rechnerische Mittelwert 19 unterstreicht diese Tatsache.

#### N-Quotient:

Deutliches Maximum zwischen 0,5 und 0,7, d.h. Gewässer mit mäßiger organischer Belastung werden bevorzugt besiedelt. Mittelwert 0,8.

#### Eutrophierungsgrad:

EG zwischen 10 und 50. Der Mittelwert beträgt bei Berücksichtigung aller Fundstellen und Häufigkeiten EG = 29.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Der Saprobienindex zwischen 2,3 und 2,7 mit einem Maximum zwischen 2,3 und 2,5 (Mittel 2,48) zeigt ebenfalls, daß schwach belastete Gewässer bevorzugt werden. Die Art muß der Güteklasse II-III zugeordnet werden.

#### (75) *Diatomella belfouriana* GREV.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art besonders im Urgesteinsgebirge an überrieselten Felsen, in Moosrasen und Sümpfen am Furkapaß, in der Steiermark und in den Ötztaleralpen verbreitet.

tet vor. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von um oder unter 6,0.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art bis jetzt nicht gefunden. Sie konnte lediglich vereinzelt in einer Quelle am Sustenpaß im Moosrasen von *Philonotis seriata* festgestellt werden.

76) *Diploneis domblittensis* (GRUNOW) CLEVE

HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als Bodenform tiefer Seen. Sonst sind mir keine Angaben über die Art bekannt geworden. Sie wurde von mir zweimal an sehr unterschiedlichen Standorten gefunden: (1) im Sphagnum des Großen Arbersees in einer *Eunotia pectinalis*-*Tabellaria flocculosa* - Assoziation bei einem pH-Wert von 5,5 und einer *Eunotia*-häufigkeit von 56,4%; (2) in der Genkeltalsperre in einer *Achnanthes minutissima* - Assoziation bei einem assimilationsbedingten pH-Wert von 8,0.

77) *Diploneis elliptica* (KÜTZ.) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) und STREBLE & KRAUTER (1973) soll es sich um eine charakteristische Tiefenform der Teiche und Seen handeln. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 8,0 an. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal im Litoral eines kleinen Waldtümpels bei einem pH-Wert von 8,3 vereinzelt gefunden.

78) *Diploneis oculata* (BREB.) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art vereinzelt in Gewässern aller Art vor. CHOLNOKY (1968) vertritt die Auffassung, daß das pH-Optimum wahrscheinlich um 8,0 liegt. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur in stehenden Gewässern beobachtet. Sie kam vereinzelt an künstlichen Aufwuchsträgern bei pH 7,7 und 7,3 in *Achnanthes minutissima* - Assoziationen, häufiger auf *Nitella* in einer *Gomphonema constrictum* - *Fragilaria construens* - Assoziation vor. EG 3,3 - 4,8.

- (79) *Diploneis ovalis* (HILSE) CLEVE var. *oblongella* (NAEGELI) CLEVE

Die Auffassung von HUSTEDT (1930) "überall verbreitet" trifft für das hiesige Gebiet nicht zu. Sie soll auch in Quellen und an überrieselten Stellen vorkommen. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) handelt es sich um eine litorale, oligohalobe, indifferente, krenophile, aerophile Form auf überrieselten und feuchten Moosen. Auch in leicht salzigem Wasser soll sie vorkommen. CHOLNOKY (1968) vertritt die Meinung, daß der Typus eine Süßwasserart ist, die gelegentliche Schwankungen des osmotischen Druckes ertragen kann. Ob die Autökologie der var. *oblongella* dem Typus entspricht, konnte bisher nicht geklärt werden. Im Untersuchungsgebiet wurde der Typus gemeinsam mit var. *oblongella* in einem temporären Tümpel auf einem *Vaucheria dichotoma* - Rasen gefunden. Der Typus wurde häufiger auch auf *Nitella* gefunden.

- (80) *Epithemia intermedia* FRICKE

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art vereinzelt im Litoral unserer Seen vorkommt. CHOLNOKY (1968) vermutet ein hoch liegendes pH-Optimum und ein Vorkommen in oligotrophen Gewässern. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur einmal im Litoral der Genkeltalsperre mit einer Häufigkeit von 1,4% in einer *Cymbella ventricosa* - *Achnanthes minutissima* - Assoziation bei pH 7,5, N/P-Verhältnis 585:1 und N-Quotient 0,22 gefunden.

- (81) *Eucocconeis flexella* KÜTZ.

Diese Art soll nach HUSTEDT (1930) in Gebirgsbächen verbreitet vorkommen. BUDDÉ (1942) bezeichnet sie als Charakterart der sauerländischen Gebirgsbäche. Er fand sie ferner in Flachmoorgesellschaften bei einem mittleren pH-Wert von 7,3 und im Erdfallsee (NSG Heiliges Meer) an *Equisetum heleocharis* bei pH-Werten von 6,4 - 6,8.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art vereinzelt in der Genkeltalsperre auf Perlkonschnüren gefunden. Aus den gemachten

Angaben kann die vorläufige Schlußfolgerung gezogen werden, daß die Art oligosaprobe, oligotrophe und schwach saure bis neutrale Gewässer bevorzugt besiedelt:

(82) *Eucocconeis lapponica* HUSTEDT

Im Untersuchungsgebiet wurde sie an zahlreichen Stellen vereinzelt gefunden. Die größte Häufigkeit mit 3,1 % erreichte die Art in einer *Achnanthes minutissima* - *Fragilaria construens* - Assoziation bei einem pH-Wert von 7,5 im Litoral der Genkeltalsperre.

(83) *Eunotia arcus* EHRB. var. *fallax* HUSTEDT

HUSTEDT (1930) vertritt die Meinung, daß die Art verbreitet und häufig auch auf Kalk vorkommt. Nach Klotter (zit. bei PEUKERT 1966) ist die Art ein typischer Indikator für huminsaures Wasser. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von um oder über 6,0. BUDDÉ (1942) bezeichnet sie als oligosaprobe Art der sauerländischen Gebirgsbäche, der schwach sauren Eder und der Moorstellen des NSG Heiliges Meer. Nach STREBLE&KRAUTER (1973) kommt die Art in sauberem oder moorigem, huminsaurem Wasser häufig vor.

Im Untersuchungsgebiet wird die Art verbreitet in Quellbächen vereinzelt gefunden. Hierbei handelt es sich sicher um eine Verfrachtung aus sauren Wiesengraben. Mit einer Häufigkeit von 7,2 % wurde die Art in einem temporären Fallaubtümpel bei einem pH-Wert von 6,2 und einer *Eunotia*-Häufigkeit von 39,3 % beobachtet. Häufiger wurde sie in den huminsauren Arberseen im Bayerischen Wald gefunden. So zum Beispiel im Abfluß des kleinen Arbersees in Fontinalis-Rasen in einer *Eunotia pectinalis* - *exigua* - Assoziation bei einem pH-Wert von 5,0 und einer *Eunotia*-Häufigkeit von 74,4 %.

(84) *Eunotia bigibba* KÜTZ.

HUSTEDT (1930) bezeichnet sie als Charakterform überrieselter Felsen im Riesengebirge und der sächsischen Schweiz.

CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 5,0 - 5,5 und vertritt die Ansicht, daß pH-Schwankungen nicht ertragen werden. BEGER (1927) bezeichnet sie als atmophytische Diatomee in Moosen. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nicht beobachtet. Sie wurde lediglich im Zufluß des großen Arbersees mit geringer Häufigkeit in einer *Tabellaria flocculosa* - *Eunotia veneris* - Assoziation bei pH 5,8 und einer *Eunotia*-Häufigkeit von 42,7% gefunden.

(85) *Eunotia exigua* (BREB.) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im ganzen Gebiet vor, besonders in der Bergregion. Sie bewohnt Wiesensümpfe, Torfsümpfe und kommt in stagnierenden Gräben oft als Reinmaterial vor. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 5,2 - 5,3. Eine Abgrenzung gegen *Eunotia nymanniana* ist nicht möglich (CHOLNOKY 1960). Sie ist die häufigste Art in mehr oder weniger sauren Gewässern. Nach CHOLNOKY (1962) kommt die Art in der Kap-Provinz (Südafrika) in sauren oligotrophen Seen verbreitet und häufig vor. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Form der Sumpfwiesen, Torfmoore, Gräben und Quellen. Auch soll sie aerophil in feuchten Moosen und auf überrieselten Felsen vorkommen. BUDE (1942) fand die Art in *Zygonium* - Schlenken der Hochmoore des Ebbegebirges und des Münsterlandes bei pH-Werten zwischen 3,8 und 5,0 und bei Härten von 1 - 2<sup>o</sup>dH. BEGER (1927) bezeichnet die Art als atmophytische Diatomee saurer Moose auf feuchten Standorten.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet, jedoch stets vereinzelt in den Bächen des Oberbergischen Landes vor. Dieses Vorkommen ist sicher nur allochthon, da die pH-Werte zwischen 7,0 und 8,0 lagen. Mit großer Häufigkeit (8 - 15%) wurde die Art im Arbergebiet bei pH-Werten von 5,0 - 5,8 zusammen mit *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia pectinalis* und *Eunotia veneris* festgestellt. Diese Beobachtungen bestätigen die Angaben von CHOLNOKY.

(86) *Eunotia lunaris* (EHRB.) GRUNOW

HUSTEDT (1930) bezeichnet das Vorkommen der Art als sehr gemein in Gewässern aller Art. Am häufigsten soll sie Moortümpel besiedeln. CHOLNOKY (1968) stellte ein pH-Optimum von 5,5 - 6,0 fest. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art im Strausberger-Naturschutzgebiet bei Berlin sehr häufig in calciphilen Moosrasen bei pH 6,2, bei einer O<sub>2</sub>-Zehrung von 87,8% und einem NH<sub>4</sub>-Gehalt von 2,5 mg/l. Sie vertritt ferner die Ansicht, daß die Art eine enge Beziehung an aerische Standorte hat. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR (1970) wird die Art mit einem geringen Indikationsgewicht der xeno-oligosaprobe Zone zugeteilt. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe, eurytope Form des sauren-neutralen, manchmal alkalischen Wassers. BUDE (1942) fand *E. lunaris* in Torfstichen und Sphagnen bei pH-Werten von 3,8 - 6,4 und einer Härte von 0,8 - 2,0 °dH. BEGER (1927) bezeichnet die Art als atmophytische Diatomee in sauren Moosen.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art in zahlreichen Gewässern, aber sicher nur allochthon vor. Eine Häufigkeit von 30,5% wurde in einem Fallaubtümpel bei pH 6,2 zusammen mit *Fragilaria virescens* als dominierende Art gefunden. In den sauren Gewässern des Arbergebietes kam die Art nur sehr vereinzelt vor. Auf Grund dieser Befunde kann der vorläufige Schluß gezogen werden, daß die Art Gewässer mit einem pH-Wert von 6,0 - 6,8 bevorzugt besiedelt.

(87) *Eunotia meisteri* HUSTEDT

HUSTEDT (1930) fand die Art zerstreut unter anderen Diatomeen an überrieselten Felsen in der sächsischen Schweiz. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 5,5. Er vertritt ferner die Ansicht, daß die Art in entsprechenden tropischen Gewässern zu fehlen scheint. Im Untersuchungsgebiet wurde sie vereinzelt in oligosaprobe und oligotrophen Quellgewässern beobachtet.

(88) *Eunotia monodon* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art überall verbreitet, wird meistens jedoch nur vereinzelt gefunden. In Nordeuropa soll die Art viel häufiger vorkommen. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum um 5,0 an. Die Fundmeldungen aus Afrika sollen meistens auf einem Irrtum beruhen. Im Untersuchungsgebiet ist die Art infolge ihres pH-Optimums eine sehr seltene Art. Sie wurde vereinzelt in Quellgewässern gefunden.

(89) *Eunotia pectinalis* (KÜTZ.) RABENHORST

Als Fundorte gibt HUSTEDT (1930) Teiche, Gräben, Sümpfe, Quellen und nasse Felsen an. Sie soll im ganzen Gebiet verbreitet und nicht selten sein. Die var. minor kommt häufiger als die typische Art vor. Dieses trifft auch für das Untersuchungsgebiet zu. Die Varietät hat aber die gleiche Autökologie. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 6,5 an. Sie kann pH-Schwankungen bis zum Neutralpunkt und darüber ertragen. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Form fließender und stehender Gewässer, Quellen, Teiche und Torfmoore. Die var. minor soll eine in aerophilen und sphagnophilen Standorten verbreitete Form sein. BUDDE (1942) fand die Art in Quellen und Gebirgsbächen des Sauerlandes und des NSG Heiliges Meer. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet, jedoch nur vereinzelt vor. Dominierend wurde die Art in den Arberseen zusammen mit *Tabellaria flocculosa* und *Eunotia exigua* bei pH 5,5 bzw. 5,0 gefunden.

(90) *Eunotia praerupta* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art und ihre Varietäten in Teichen, Sümpfen und Quellen unserer Gebirge verbreitet und häufig vor. CHOLNOKY (1968) nennt als pH-Optimum 5,5. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe Form der Moore und Quellen. Die kleinen Formen soll man mehr in Moosen und an überrieselten Felsen finden. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art entsprechend dem pH-Optimum nur vereinzelt in Quellbächen vor.

(91) *Eunotia robusta* RALFS

HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als nordisch alpine Form. Sie soll nur sehr selten im Sphagnum in Sümpfen bei Danzig, der sächsischen Schweiz und dem Riesengebirge vorkommen. CHOLNOKY (1968) bestreitet, daß es eine nordisch alpine Art ist, da sie auch in den Tropen in Gewässern mit einem pH-Wert um 5,0 optimal gedeihen kann. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nicht gefunden, wohl aber im Arbergebiet im Sphagnum bei pH-Werten zwischen 5,0 und 5,5.

(92) *Eunotia sudetica* (O.MÜLLER) HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) handelt es sich um eine seltene Art der Gräben, Sümpfe, Teiche und Quellen der süddeutschen Gebirge. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe Form der Moore, Teiche und Quellen. Sie soll auch aerophil an überrieselten Felsen vorkommen. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß infolge des geringen Vorkommens der Art die Ökologie der Art kaum bekannt ist. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art allochthon in einem Quellgewässer vereinzelt gefunden. Ein Fundort im Arberseegebiet läßt vielleicht erste Rückschlüsse auf die Autökologie zu. Sie wurde im großen Arberseezufluß in einem Fontinalis-Rasen bei pH 5,8 mit einer Häufigkeit von 7,2% in einer *Tabellaria flocculosa*-*Eunotia veneris* - Assoziation gefunden.

(93) *Eunotia tenella* (GRUNOW) HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet in Sümpfen, in überrieselten Moosen und auf nassen Felsen vor. KLOTTER (zit. bei PEUKERT 1966) hält die Art für einen typischen Indikator huminsaurer Gewässer. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) handelt es sich um eine aerophile, stenotope Form saurer Standorte. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 5,5 - 6,0. Im Untersuchungsgebiet kommt sie verbreitet in saubereren Quellgewässern, meist jedoch nur vereinzelt, vor. Häufiger wurde sie

in einem temporären Fallaubtümpel in einer *Fragilaria virescens*-*Eunotia lunaris*-Assoziation gefunden.

(94) *Eunotia tridentula* EHRB.

Die Art soll verbreitet und nicht selten, besonders in Moos-sümpfen der Gebirge, vorkommen (HUSTEDT 1930). Im Untersuchungsgebiet kommt die Art relativ häufig in Quellen und Quellgewässern vor. Die Fundorte werden durch folgende Kenn-daten charakterisiert:

pH	6,1 - 6,7
N/P-Verhältnis	57:1 - 355:1
N-Quotient	0,03 - 0,15
EG	7 - 8
Saprobienindex	um 1,70
Güteklasse	I - II

(95) *Eunotia valida* HUSTEDT

HUSTEDT (1930) fand die Art häufig an überrieselten Felsen der böhmischen Schweiz. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) soll die Art im Norden und in den Gebirgen Europas als aerophile Form der feuchten Moose und überrieselten Felsen vorkommen. HUSTEDT (zit. bei BOURRELLY & MANGUIN 1952) gibt ein pH-Optimum von 5,5 - 7,5 an. CHOLNOKY (1968) stellte das pH-Optimum zwischen 5,0 und 5,5 fest. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur vereinzelt in temporären Tümpeln gefunden, häufiger dagegen in zahlreichen Gewässern des Arbergebietes. Die pH-Werte schwankten zwischen 5,5 und 5,8. Mit größerer Häufigkeit wurde die Art in einer *Tabellaria flocculosa*-*Eunotia veneris*-Assoziation gefunden.

(96) *Eunotia veneris* (KÜTZ.) O.MÜLLER

HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als typisch für Sümpfe, Quellen, Teiche und nasse Felsen der Gebirge. Auch in moorigen Gewässern der Ebene soll sie vorkommen. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß sie auch in tropischen Gewässern

weit verbreitet ist. Er ermittelte ein pH-Optimum von 5,5. BUDE (1942) fand die Art im Sauerland in nassen Sphagnen bei einem mittleren pH-Wert von 5,9 und bei einer Härte von 0,8 - 1,1. Im Untersuchungsgebiet kommt sie verbreitet in zahlreichen Gewässern, jedoch meist nur vereinzelt, vor. Hier handelt es sich um ein allochthones Vorkommen, wobei anzunehmen ist, daß die Art aus sumpfigen Wiesen eingespült wird. Häufiger wurde sie in einer Quelle bei pH 6,1 gefunden. In den sauren Gewässern des Bayerischen Waldes kommt sie verbreitet und oft sehr häufig vor. So zum Beispiel im Zufluß des großen Arbersees als codominierende Art mit 16,9% bei Sauerstoffsättigung und einem pH-Wert von 5,8. Im übrigen schwankten die pH-Werte von 5,0 - 5,8, was mit den Werten von CHOLNOKY (1968) und BUDE (1942) gut übereinstimmt.

(97) *Fragilaria bicapitata* A.Mayer

HUSTEDT (1930) vertritt die Auffassung, daß die Art nur wenig beobachtet wurde. Sie soll u.a. in Gebirgsbächen des Bayerischen Waldes und des Fichtelgebirges vorkommen. CHOLNOKY (1968) nimmt ein pH-Optimum von unter 7 an. Genauere Angaben kann er wegen zu geringer Unterlagen nicht machen.

Wahrscheinlich beruhen die ungenügenden Fundortangaben auf einer Verwechslung mit *Fragilaria virescens*. In den Gebirgsbächen des Bayerischen Waldes wurde sie überhaupt nicht gefunden. Im hiesigen Untersuchungsgebiet kommt die Art fast ausschließlich in stehenden Gewässern vor. Sie wurde mit großer Häufigkeit in Fischteichen bei pH 7,2 - 7,3 gefunden. Es handelte sich oft um Assoziationen, in denen *Nitzschia amphibia* dominierend oder codominierend vorkam. Entsprechend hoch ist der EG, der zwischen 24 und 30 schwankt.

(98) *Fragilaria brevistriata* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt sie im ganzen Gebiet verbreitet und häufig vor. Sie soll das Litoral stehender Gewässer bevorzugt

besiedeln. CHOLNOKY ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 7,8. Ferner soll sie sauerstoffreiche Gewässer bevorzugen und Schwankungen des osmotischen Druckes ertragen können. Im Untersuchungsgebiet ist sie eine äußerst seltene Art, so daß keine weiteren ökologischen Aussagen gemacht werden können. Die var. inflata hat sicher die gleiche Autökologie wie die Art.

(99) *Fragilaria capucina* DESM.

Die Art soll nach HUSTEDT (1930) in Gewässern aller Art, besonders jedoch im Litoral und im Plankton eutropher Seen, vorkommen. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe, litorale Form, die sie zum Tychoplankton eutropher Seen zählen. STREBLE & KRAUTER (1973) vertreten die Meinung, daß die Art im Litoral aller eutropher Gewässer und in Seen planktisch vorkomme. HOFFMANN (1966) beschreibt die Massenentwicklung zusammen mit *Fragilaria crotonensis*, die zu allen Jahreszeiten in der stark eutrophierten Waidatalsperrre auftritt. SCHLÜTER (1961 b) fand die var. lanceolata vereinzelt im verschmutzten Beckerfließ bei pH 7,7 und einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 1,44 mg/l. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR (1970) gehört die Art mit einem Indikationsgewicht von 3 zur oligo-betamesosaproben Zone. HUBER-PESTALOZZI (1942) bezeichnet die Art als Tychoplankter, die hauptsächlich im Litoral eutropher Seen lebt. Er weist darauf hin, daß var. lanceolata und var. acuta die stärkere Strömung der Gebirgs-wässer bevorzugen. Damit ist erstmalig angesprochen, daß die Varietäten unter Umständen eine andere Autökologie als die Art haben. Auch CHOLNOKY (1968) vertritt die Auffassung, daß die var. acuta eine andere Autökologie besitzt und wahrscheinlich überhaupt nicht zu *F. capucina* gehört. Das pH-Optimum der Art soll bei 7,4 - 7,8 liegen. KOLKWITZ (1950) ordnet die Art in die oligosaproben Zone ein, während LIEBMANN (1951) *F. capucina* nicht erwähnt.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

Im Untersuchungsgebiet wird die Art in Gebirgsbächen, Teichen, verschmutzten Tümpeln, in den Talsperren und ihren Vorbecken, im Plankton, wie im Litoral verbreitet und sehr häufig gefunden. Auf Grund der Feststellungen von CHOLNOKY (1968) wurde die var. *acuta* getrennt ausgewertet (siehe folgenden Abschnitt). Die Vermutung von HUBER-PESTALOZZI (1942), daß die var. *lanceolata* Gebirgsbäche bevorzugen soll, scheint sich zu bestätigen, so wurde zum Beispiel *F. capucina* var. *lanceolata* GRUNOW dominierend mit *Fragilaria virescens* RALFS epilithisch im Deffernikbach, einem völlig unbelasteten Gewässer des bayrisch-böhmischen Grenzgebirges bei einem pH-Wert von 6,8 gefunden. Ein weiteres Beispiel im hiesigen Untersuchungsgebiet ist der Loopebach, wo *F. capucina* var. *lanceolata* ebenfalls epilithisch dominierend mit 49% bei einem pH-Wert von 7,1, einem Eutrophierungsgrad von 1,1 und einem Saprobienindex von 1,67 gefunden wurde.

#### pH-Wert:

Die Art hat einen Verbreitungsschwerpunkt zwischen pH 7,2 und 7,6. Schwankungen zum sauren, besonders aber zum alkalischen hin, werden gut ertragen. Auch Assimilationsmaxima eutropher Gewässer von über 9,0 hemmen die Entwicklung nicht. Der Mittelwert unter der Berücksichtigung der Häufigkeit beträgt 7,6, was mit den Ergebnissen von CHOLNOKY (1968) gut übereinstimmt.

#### N/P-Verhältnis:

Deutliches Entwicklungsmaximum zwischen 100 und 300:1. Dieses läßt den Schluß zu, daß die Art  $PO_4$ -reiche Gewässer bevorzugt besiedelt. Mittelwert 422:1.

#### N-Quotient:

Maximum zwischen 0,1 und 0,5. Aber selbst bei einem  $N_Q$ -Wert von 2,0 (d.h. die Menge des organischen Stickstoffs ist doppelt so hoch wie die des anorganischen Stickstoffs) ist noch eine Entwicklung möglich. Hieraus ist zu erkennen, daß auch verschmutzte Gewässer besiedelt werden. Es bleibt festzustellen

ob eine Trennung der Varietäten auf Grund der Autökologie notwendig ist. Der Mittelwert beträgt 0,6.

**Eutrophierungsgrad:**

Maxima bei 5 - 10, bei 30 - 50 verstärken die Vermutung, daß die Varietäten spezielle ökologische Ansprüche haben. Weitere Untersuchungen sind dringend erforderlich. Das rechnerische Mittel aller Werte beträgt 24.

**Saprobienindex und Güteklasse:**

Der Saprobienindex zeigt ein deutliches Maximum zwischen 2,00 und 2,30 (Mittelwert 2,12) entsprechend der Güteklasse II. Hierdurch werden die übrigen Feststellungen, wonach die Art eutrophe Gewässer bevorzugt besiedelt, bestätigt.

**Plankton:**

Im Plankton unserer größeren Sperren wurde die Art bis jetzt kaum festgestellt. Häufiger trat sie in den kleineren Vorbecken und vor allem in Fischteichen auf. Dieses läßt den Schluß zu, daß sie nur als zufällig schwebend angetroffen wurde. *F. capucina* ist eine Litoralform vieler Gewässer, die nur gelegentlich ins Plankton verdriftet wird.

(100) *Fragilaria capucina* var. *acuta* GRUNOW

Diese Varietät wurde im Untersuchungsgebiet ausschließlich in Fließgewässern geobachtet. Da die vorliegenden Ergebnisse für eine endgültige Beschreibung der Ökologie nicht ausreichen, werden die Werte in einem vorläufigen Spektrum zusammengefaßt. Dieses zeigt eine abweichende Autökologie und läßt die Vermutung von CHOLNOKY (1968), daß es sich um eine eigene Art handelt, als richtig erscheinen.

pH-Wert	6,6 - 7,6	Mittel	7,1
N/P-Verhältnis	300:1 - 2000:1	Mittel	845:1
N-Quotient	0,1 - 0,8	Mittel	0,3
EG	2 - 10	Mittel	6
Saprobienindex	1,6 - 2,0		

Der Verbreitungsschwerpunkt dürfte in schwach sauren bis neutralen, oligotrophen Gebirgsbächen liegen.

(101) *Fragilaria construens* (EHRB.) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und außerordentlich häufig vor, besonders im Litoral unserer Seen. KOLKWITZ (1950) bezeichnet sie als Litoralform und Schlammbewohner und teilt sie der Güteklasse I zu. LIEBMANN (1951) vertritt die Ansicht, daß sie zu allen Jahreszeiten in fließenden und stehenden Gewässern, auch im Grundschlamm flacher Gewässer oft massenhaft auftritt. SCHROETER (1939, zit. bei LIEBMANN 1951) gibt ein pH-Optimum von 6,7 an. LIEBMANN ordnet die Art der Güteklasse II zu. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art regelmäßig, wenn auch vereinzelt im verschmutzten Beckerfließ bei pH 7,7, einer O<sub>2</sub>-Zehrung von 36,8% und einem NH<sub>4</sub>-Gehalt von 1,44 mg/l. ROUND (1968) rechnet die unbewegliche, fadenbildende Diatomee zur Sedimentflora. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR (1970) gehört die Art zur betamesosaprogenen Zone. Die Art ist nach CHOLNOKY (1966, 1968) ein guter Zeigerorganismus für sauerstoffreiche Zustände und hat ein pH-Optimum von 7,7 - 7,8. Die Art kann leichte osmotische Druckschwankungen ertragen, jedoch wird die Entwicklung hierdurch deutlich gehemmt. CHOLNOKY (1964) fand *F. construens* mit 70,5% dominierend im seichten Ufergewässer des Lake Katunda im Ruwenzorigebirge. Das Wasser des Sees hatte einen pH-Wert von 5,3. Im seichten Uferwasser müssen assimilationsbedingt höhere pH-Werte vorhanden gewesen sein.

Im Untersuchungsgebiet wird die Art im stehenden und fließenden, meist Quellgewässern, verbreitet und häufig gefunden. Sie wurde auf künstlichen Aufwuchsträger, wie auf Steinen und auch codominierend epiphytisch auf *Nitella* beobachtet. Im hiesigen Gebiet liegt der Verbreitungsschwerpunkt in Gewässern mit folgenden Kenndaten (Mittelwerte):

pH	7,5
N/P-Verhältnis	662:1
N-Quotient	0,17
EG	7,0
Saprobienindex	2,0
Güteklasse	II

(102) *Fragilaria crotonensis* KITTON

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art zu allen Jahreszeiten in stehenden und fließenden Gewässern vorkommt. Im Frühjahr sollen im Plankton unserer Seen Massenentwicklungen möglich sein. Nach CHOLNOKY (1968) ist trotz weiter Verbreitung der Art die Ökologie wenig bekannt. Sie soll ein pH-Optimum um 8,0 und einen hohen O<sub>2</sub>-Bedarf haben. KOLKWITZ (1950) zählte sie zu den Oligosaprobiern, während sie LIEB-MANN (1951) der Güteklasse II zuteilt. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR (1970) gehört die Art bei einem Indikationsgewicht von 3 zur oligo-betamesosaproben Zone. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als euplanktische, oligohalobe, indifferente, eurytherme Form der Teiche und Seen, manchmal auch im schwach salzigen Wasser des Küstenbereiches. HUBER-PESTALOZZI (1942) zählt *F. crotonensis* zu den Euplanktern in Seen, Teichen und Flüssen auch im leicht brackigen Wasser. Große Maxima der Entwicklung dieser eurythermen Form sollen oft vor dem Dinobryon-Maximum liegen. ROUND (1968) vertritt die Ansicht, daß die Art zur Entwicklung eine hohe SiO<sub>2</sub>-Konzentration um 25 mg/l benötigt. BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1970) berichten von einem Maximum von 37.000 Zellen/ml in der eutrophen Wahnbachtelsperre bei gleichzeitiger hoher PO<sub>4</sub>-Konzentration. VOLLENWEIDER (1968) bezeichnet die Art als Indikator für beginnende Eutrophierung eines Gewässers. Nach Befunden von SARACENE (zit. bei VOLLENWEIDER 1968) gehört *F. crotonensis* zur Gruppe der Species, deren optimales Wachstum und obere Toleranzgrenze über 20 µg P (PO<sub>4</sub>)/l liegt. Die Art folgt der oligotrophen *Asterionella* bezüglich des P-Anspruchs. Zu der Erreichung einer maximalen Dichte sollen ca. 45 µg PO<sub>4</sub> - P/l erforderlich sein.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art relativ wenig beobachtet. Vereinzelt trat sie in Fließgewässern, meist jedoch in der Genkeltalsperre und ihren Vorbecken, wenn auch mit geringer Individuenzahl, auf. Auf künstlichen Aufwuchsträgern wurde sie häufiger gefunden als im freien Wasser. So zum Beispiel wurde sie mit einer Häufigkeit von 24% codominierend in einer *Achnanthes minutissima* - Assoziation beobachtet. Die höchste Zellenzahl im Freiwasser betrug 181 Zellen/ml bei einem pH-Wert von 7,5. Unter der Berücksichtigung, daß Massenentwicklungen im hiesigen Gebiet nicht beobachtet werden konnten, können die nachfolgenden Zahlen des Spektrums nur als Richtwerte angesehen werden.

pH	7,2 - 7,6
N/P-Verhältnis	140:1 - 670:1
N-Quotient	0,29 - 0,50
EG	0,60 - 3,1
Saprobienindex	1,73 - 2,17
Güteklasse	II

- (103) *Fragilaria familiaris* (KÜTZ.) HUSTEDT (= *Synedra rumpens* KÜTZ. var. *familiaris* KÜTZ. (Grunow) )

Nach GEMEINHARDT (1926) hat schon VAN HEURCK (1880-81) darauf hingewiesen, daß die Art eine große Ähnlichkeit mit *Fragilarien* hat, wie etwa aus dem Kreise der *Fragilaria capucina*. Nach HUSTEDT (1957; zit. bei CHOLNOKY 1960, 1962, 1968) ist *Synedra rumpens* var. *familiaris* zu den *Fragilarien* zu stellen und mit *F. familiaris* zu bezeichnen. Nach CHOLNOKY (1970) ist *Fragilaria fragilarioides* (= *S. rumpens* var. *fragilarioides* GRUNOW) durch gleitende Übergänge mit *F. familiaris* verbunden und mit dieser zu vereinigen. BUDDÉ (1942) fand sie vereinzelt in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. BOURRELLY & MANGUIN bezeichnen die Art als litorale, oligohalobe Form. CHOLNOKY (1968) bestimmte das pH-Optimum zwischen 7,5 und 8,0. Sie soll eine Charakterart für sauerstoffreiche Gewässer sein. Im Unterlauf des Okawango wurde die Art mit relativen Häufigkeiten von 12 - 27% gemeinsam mit *Achnanthes*

minutissima und *A. microcephala* gefunden (CHOLNOKY 1966b).  
EG 4,6 - 21,2.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art nur vereinzelt in Quellgewässern, meist auf künstlichen Aufwuchsträgern in oligotrophen bis mäßig eutrophen stehenden Gewässern festgestellt worden. Sie kam meist in solchen Assoziationen vor, in denen *Achnanthes minutissima* dominierend war. Im hiesigen Gebiet liegt der Verbreitungsschwerpunkt in Gewässern mit folgenden Kenndaten:

pH-Wert	7,2 - 7,8
N/P-Verhältnis	91:1 - 482:1
N-Quotient	0,33 - 1,18
EG	1,6 - 33,7
Saprobienindex	1,7 - 2,3
Güteklasse	II

*Fragilaria fragilarioides* kommt ähnlich wie *F. familiaris* vereinzelt in Quellbächen des hiesigen Gebietes und des Bayerischen Waldes vor. Ihr Verbreitungsschwerpunkt scheint jedoch in sauerstoffreichen, stehenden Gewässern zu liegen. Sie wurde im Plankton, meist aber auf künstlichen Aufwuchsträgern beobachtet. Die Autökologie entspricht der von *F. familiaris*.

(104) *Fragilaria harrissonii* W. SMITH var. *dubia* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) soll sie im Grundschlamm stehender Gewässer vereinzelt, jedoch verbreitet, vorkommen. Im Untersuchungsgebiet ist sie eine sehr seltene Art. Sie wurde nur einmal im Quellgebiet der Agger bei pH 7,5, einem N/P-Verhältnis von 655:1, einem N-Quotienten von 0,26 und einem Eutrophierungsgrad von 5 beobachtet.

(105) *Fragilaria intermedia* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und häufig im Litoral oder an überrieselten Felsen vor. BUDE (1942) fand die Art in den Seen und Weihern des NSG Heiliges Meer. WEBER (1960) stellt die Art zu den Frühjahrsformen und ermittelte

einen pH-Wert von 7,5 - 7,6. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt im Strausberger Naturschutzgebiet bei einem pH-Wert von 7,5. CHOLNOKY (1968) nimmt ein pH-Optimum zwischen 7 und 8 an.

Eigene Untersuchungsergebnisse:

*F. intermedia* kommt im Untersuchungsgebiet in stehenden, überwiegend jedoch in fließenden Gewässern vor.

pH-Wert:

pH-Optimum zwischen 7,4 und 7,6. Schwankungen zum Neutralpunkt hin werden besser ertragen als zum alkalischen Bereich hin.

N/P-Verhältnis:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 0 und 500:1 (Mittelwert 352:1). Die Art bevorzugt offenbar Gewässer mit höherem P-Gehalt.

N-Quotient:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 0 und 0,3 mit einem deutlichen Maximum zwischen 0,2 und 0,3. Gewässerabschnitte mit höherer organischer Belastung werden gemieden.

Saprobienindex und Güteklasse:

Die maximale Verbreitung liegt bei einem Index von 1,8 - 2,5 mit einem Schwerpunkt zwischen 2,0 und 2,3 (Mittel 2,15). Somit kann die Art der Güteklasse II zugeteilt werden.

(106) *Fragilaria lapponica* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) soll die Art in stehenden Gewässern der Ebene weit verbreitet sein. Nach CHOLNOKY (1968) ist die Ökologie der Art unbekannt. - Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal in einem eutrophen Gewässerabschnitt bei pH 8,5 gefunden.

(107) *Fragilaria pinnata* EHRB.

Sie soll in Gewässern aller Art verbreitet als Litoralform vorkommen (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 7,6 - 7,8 an. Sie soll nur in Gewässern mit ständig hohem Sauerstoffgehalt vorkommen. CHOLNOKY (1963 b) fand die Art mit hoher relativer Häufigkeit im Swakop-Fluß bei hohen osmotischen Druckverhältnissen. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) kommt die Art bisweilen tychoplanktisch vor und ist eine oligohalobe, indifferente, eurytope Form des fließenden und stehenden Wassers. Sie wurde in eutrophen Seen und im leicht salzigen Wasser beobachtet. ROUND (1968) bezeichnet die Art als fadenbildende Diatomee der epipelischen Gesellschaft der Quellen. HUBER-PESTALOZZI (1942) rechnet die Art zu den Litoralformen der Seen, die manchmal tychoplanktisch vorkommt.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur vereinzelt beobachtet. Der von CHOLNOKY angegebene pH-Bereich kann bestätigt werden. Der Saprobienindex liegt etwa bei 2,20. Somit kann die Art der Güteklasse II zugeteilt werden. Mit größerer Häufigkeit wurde *F. pinnata* im Vorbecken der Aggertalsperre epiphytisch auf *Nitella* beobachtet.

(108) *Fragilaria virescens* RALFS

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und häufig in Gebirgswässern, in Quellen und Gräben vor. Nach ROUND (1968) soll die Art 1902 an einem echten Potamoplankton der Themse beteiligt gewesen sein. STREBLE & KRAUTER (1973) bezeichnen die Art als Frühjahrsform der Quellen, Gräben und Gebirgswässer. Der gleichen Ansicht ist FOTT (1971). HUBER-PESTALOZZI (1942) hält *F. virescens* für einen Tychoplankter. Ferner soll sie massenhaft als Bodenform in Seen, Teichen, Quellen und Bächen vorkommen. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 6,4 - 6,8. Ferner soll sie ein guter Indikator für sauerstoffreiche Zustände im Gewässer sein. Die Ökologie ist nicht bekannt. Die Varietäten haben weder systematisch noch ökologisch eine Bedeutung.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet und mit großer Häufigkeit vor. Im Plankton der Genkeltalsperre und ihrer Vorbecken wurde sie vereinzelt beobachtet. Das Maximum betrug 11 Zellen/ml.

#### pH-Wert:

Eine Entwicklung ist im pH-Bereich von 6,4 - 7,6 möglich; jedoch liegt der Schwerpunkt der Entwicklung zwischen 6,4 und 6,6.

#### N/P-Verhältnis:

Entwicklung zwischen N/P = 300:1 und 2000:1; d.h. die Art kommt mit geringen Phosphormengen aus und besiedelt mithin gering belastete Bäche bevorzugt. Der Schwerpunkt liegt zwischen 500:1 und 700:1; Mittelwert 628:1.

#### N-Quotient:

Verbreitungsschwerpunkt zwischen 0 und 0,3 mit einem Maximum von 0,1 - 0,2. Mittelwert 0,17.

#### Eutrophierungsgrad:

Das Maximum liegt zwischen 0 und 5 und der Mittelwert beträgt 5,9. Dieses zeigt wie die Nährstoffspektren, daß ausschließlich oligotrophe Gewässer besiedelt werden.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Auch der Saprobienindex mit einem Schwerpunkt von 1,6 - 2,0 bestätigt die obigen Ergebnisse. Bei einem mittleren Index von 1,9 sollte die Art der Güteklasse I-II oder II zugeteilt werden.

(109a) *Frustulia rhomboides* (EHRB.) DE TONI var. *amphipleuroides*  
GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) besonders in Nordeuropa verbreitet; in Deutschland nur eine Fundstelle bei Regensburg. Im Untersuchungsgebiet wurde sie in einem Mühlengraben bei Troisdorf festgestellt. Sicher war dieses kein autochthones Vorkommen, sondern eine Einschleppung aus sauren Biotopen. CHOLNOKY (1968)

vertritt die Ansicht, daß diese Varietät und die nächste nicht vom Typus abzugrenzen sind.

(109b) *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* (RABH.) DE TONI

HUSTEDT (1930) gibt als Fundorte stehende Gewässer, Moore, und überrieselte Felsen an. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als halobe, stenotope Form, die charakteristisch für feuchte, saure Biotope mit einem pH-Wert von 4 - 6 ist. Außerdem soll sie aerophil und sphagnophil an überrieselten Felsen und in sauren Mooren vorkommen. ROUND (1968) gibt als Fundort Moorschlenken mit niedrigem pH-Wert an. BUDDÉ (1942) fand die Art in Zygoonium-Schlenken des Ebbegebirges und Münsterlandes bei pH-Werten von 4,2 - 6,4. FOTT (1971) hält die Art für typisch für humussaure Biotope. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von um oder unter 6 an. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nicht gefunden, häufig dagegen im Arberseegebiet des Bayerischen Waldes. Sie wurde in stehenden Gewässern, in stark fließenden Quellbächen sowie in Moosen der Arberseewand bei pH-Werten zwischen 5,0 und 5,8 festgestellt. Nach diesen Fundorten handelt es sich um eine oligotrophe Art humussaurer Biotope.

(110) *Frustulia vulgaris* THWAITES

Nach HUSTEDT (1930) in stehenden Gewässern des ganzen Gebietes verbreitet und nicht selten. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt im Strausberger Naturschutzgebiet bei einem pH-Wert von 7,5 - 7,6. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe, indifferente und alkaliphile Form des stehenden und fließenden Wassers. Außerdem soll sie aerophil leben können. FRIEDRICH (1973) fand die Art vereinzelt im Ober- und Unterlauf der Erft; stark verschmutzte Gewässerabschnitte wurden gemieden. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art fast ausschließlich in fließenden Gewässern gefunden. Der von CHOLNOKY (1968) an-

gegebene pH-Bereich kann für die hiesigen Fundstellen nicht bestätigt werden. Folgendes Spektrum ist für die Art typisch:

pH-Wert	7,1
N/P-Verhältnis	300:1 bis 400:1
N-Quotient	0,23
EG	10,6
Saprobienindex	2,1
Güteklasse	II

Da die Art auch im lebenden Zustand gut determiniert werden kann, ist sie ein guter Zeigerorganismus für schwach belastete Gewässerabschnitte.

(111) *Gomphonema acuminatum* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art im ganzen Gebiet verbreitet und sehr häufig. Die Varietäten kommen meist mit der Art gemeinsam vor. Nach SCHLÜTER (1961 b) in calciphilen Moosrasen bei pH 6,7; 73,9% Sauerstoffzehrung; 1,3 mg/l NH<sub>4</sub>. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR Leitform der Güteklasse II. BUDDE (1942) beobachtete die Art in den Gebirgsbächen des Sauerlandes, in der Lippe und Eder, sowie im Heiligen Meer und in Mooren. KOLKWITZ (1950) rechnet die Art zu den Oligosaprobien. Die Art ist in Europa häufig, während sie in Afrika nur selten beobachtet wird (CHOLNOKY 1962). Das pH-Optimum soll um oder über 8 liegen. Die Varietäten haben keine vom Typus abweichende Ökologie (CHOLNOKY 1968). Dieses trifft nach den eigenen Ergebnissen für var. *trigonocephala*, var. *brebissonii* und var. *turris* zu, nicht aber für die var. *coronata*.

*G. acuminatum* wird überwiegend in fließenden und nur selten in stehenden Gewässern gefunden, während die var. *coronata* nur in stehenden Gewässern beobachtet wurde. Das pH-Optimum von um oder über 8 kann für das hiesige Gebiet nicht bestätigt werden. Die typische Art besiedelt bevorzugt eutrophe und die var. *coronata* oligotrophe Gewässer. Zur endgültigen Klärung der Autökologie sind weitere Untersuchungen erforderlich. Die nachstehend aufgeführten Spektren können nur als

vorläufig angesehen werden.

G. acuminatum	pH-Wert	7,1
	N/P-Verhältnis	320:1
	N-Quotient	0,97
	EG	41
	Saprobienindex	2,20
	Güteklasse	II
G. acuminatum var. coronata	pH-Wert	7,4
	EG	1,6
	Saprobienindex	1,8
	Güteklasse	I-II

(112) *Gomphonema angustatum* (KÜTZ.) RABH. var. *producta* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Süßwasser des ganzen Gebietes verbreitet und häufig vor. In Gräben und Bächen soll sie oft massenhaft gefunden werden. Im Untersuchungsgebiet herrscht var. *producta* vor, während der Typus nur vereinzelt, aber immer gemeinsam mit der Varietät gefunden wird. KOLKWITZ (1950) ordnete sie der Güteklasse I zu, während die Autoren der "Ausgewählten Methoden" die Art zur betamesosa-proben Zone rechnen. BUCK (1971) gibt einen Indexschwerpunkt von 2,76 an und ordnet sie der Güteklasse III zu. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art häufig in Wiesengräben bei einem mittleren pH-Wert von 7,3, einer Sauerstoffzehrung von 45,5% und einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 0,25 mg/l. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Litoralform und als Kosmopolit. BUDDÉ (1942) fand die Art in den Gebirgsbächen des Sauerlandes (Ruhr, Lippe, Eder), in Salinen und in Mooren des NSG Heiliges Meer. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum bei 7,5 - 7,7. Er vertritt ferner die Ansicht, daß die Varietäten eine mit dem Typus übereinstimmende Autökologie haben. Außer *G. parvulum* scheinen alle anderen Arten der Gattung in oligotrophen Gewässern gedeihen zu können. FRIEDRICH (1973) bezeichnet die Art als die häufigste Diatomee der Erft. Die var. *producta* dominierte im Oberlauf, kam aber infolge ungünstiger pH-Werte nie zur Massenentfaltung. Die Art meidet auch hier wie anderswo den direkten Abwassereinfluß.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

#### pH-Wert:

Optimaler Bereich zwischen 6,8 und 7,4. Schwankungen zum alkalischen hin werden gut ertragen.

#### N/P-Verhältnis:

An das N/P-Verhältnis stellt die Art keine Ansprüche. Der Mittelwert von 848:1 täuscht eine oligotrophe Art vor, was sie aber in Wirklichkeit nicht ist.

#### N-Quotient:

Hier liegt der optimale Bereich zwischen 0 und 0,2; d.h. ein direkter Abwassereinfluß wird gemieden.

#### Eutrophierungsgrad:

Optimaler Bereich 0-5.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Der optimale Bereich liegt zwischen 1,8 und 2,5. Bei einem mittleren Saprobienindex von 2,17 gehört die Art zur Güteklasse II.

#### (113) Gomphonema augur EHRB.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur im Vorbecken der Genkeltalsperre gefunden. Die pH-Werte betragen 8,1 - 8,6, das N/P-Verhältnis 320:1 bis 670:1 und der N-Quotient 0,32 - 0,51. Nach CHOLNOKY (1968) ist die Autökologie kaum bekannt; er vertritt die Ansicht, daß die Art mit *G. acuminatum* zu vereinigen sei.

#### (114) Gomphonema bohemicum REICHELDT & FRICKE

Nach HUSTEDT (1930) ein Fund in Tirol; sonst nur fossil. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß die Angaben über das Vorkommen sehr unzuverlässig seien und daß die Art ein pH-Optimum unter 7 hat. Im Untersuchungsgebiet wurde sie auf einem Perlenseil in der Genkeltalsperre in einer *Achnanthes minutissima*-*Gomphonema acuminatum* var. *coronata*-Assoziation bei einem pH von 7,5 und einem EG von 1,1 gefunden.

(115) *Gomphonema constrictum* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) und STREBLE & KRAUTER (1973) soll die Art überall verbreitet und häufig vorkommen. SCHLÜTER (1961b) fand sie im Strausberger Naturschutzgebiet verbreitet bei pH 7,3 - 7,7. KOLKWITZ (1950) ordnet sie der Güteklasse I zu, während die Autoren der "Ausgewählten Methoden" (1970) sie zur betamesosaprobien Zone rechnen. CHOLNOKY (1962 c) weist darauf hin, daß die Art in Südafrika selten und meist nur vereinzelt vorkommt. Deshalb ist ihm über die Ökologie der Art nichts bekannt. Nach CHOLNOKY (1968) hat *G. constrictum* ein pH-Optimum um 8,0.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet, jedoch meist nur mit geringer Häufigkeit vor. Sie scheint ruhigere bzw. stehende Gewässer mit pH-Werten zwischen 7,8 und 8,2 bevorzugt zu besiedeln. Dominierend wurde sie epiphytisch auf *Nitella* gemeinsam mit *Fragilaria construens* und *Achnanthes minutissima* gefunden. Bei einem mittleren Saprobienindex von 1,92 kann die Art der Güteklasse II zugeordnet werden. Der mittlere EG von 4,3 läßt den Schluß zu, daß Gewässer mit geringer Belastung bevorzugt werden.

(116) *Gomphonema gracile* EHRB.

HUSTEDT (1930) vertritt die Meinung, daß die Art in stehenden Gewässern weit verbreitet ist und besonders in den Tropen vorkommt. BOURRELLY & MANGUIN bezeichnen sie als indifferente, eurytope, oligohalobe Litoralform ruhiger Gewässer. Sie ist ein Kosmopolit mit einem pH-Bereich von 5,5 - 8,9. CHOLNOKY (1962 a) fand *G. gracile* in neutralen Gewässern der Gebirge der Kap-Provinz (Südafrika) allgemein verbreitet. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,2 - 7,4. Er stellt ferner fest, daß die Art pH-Schwankungen erträgt und auch in sauren Gewässern häufig sein kann.

Im Untersuchungsgebiet ist *G. gracile* selten. Den Fundorten nach zu urteilen hat die Art ein breites pH-Spektrum. Sie

wurde im Bayerischen Wald, in der Schweiz und in den Quellbächen des Oberbergischen Kreises bei pH-Werten von 5,0 - 7,8 gefunden. Sie scheint oligotrophe Gewässer bevorzugt zu besiedeln.

(117) *Gomphonema intricatum* KÜTZ. var. *pumila* GRUNOW

Im Untersuchungsgebiet kommt *G. intricatum* sehr selten vor. Die Angabe von HUSTEDT (1930) "in stehenden Gewässern verbreitet und häufig" kann nicht bestätigt werden. Häufiger ist die var. *pumila*. Diese hat eigene autökologische Ansprüche und müßte wahrscheinlich vom Typus getrennt werden (siehe auch CHOLNOKY 1968). Das pH-Optimum liegt bei 7,2 - 7,3 und außerdem soll die Varietät typisch für sauerstoffreiche Gewässer sein (CHOLNOKY 1968). BUDE (1942) rechnet sie zur epilithischen Flora und fand var. *pumila* in den Gebirgsbächen des Sauerlandes und im Heiligen Meer. Im Untersuchungsgebiet wurde ein pH-Bereich von 7,5 - 7,9 festgestellt. Der mittlere Saprobienindex beträgt 2,09 entsprechend Güteklasse II. Da der EG zwischen 1,4 und 11,9 schwankt, ist anzunehmen, daß die Varietät in schwach belasteten Gewässern heimisch ist. *G. intricatum* var. *dichotoma* (KÜTZ.) GRUNOW wurde codominierend mit *Achnanthes minutissima* gefunden bei:

pH-Wert	7,7
N/P-Verhältnis	436:1
N-Quotient	0,19
EG	1,4

Diese Varietät ist nicht zu halten und sollte mit der var. *pumila* zusammen gezogen werden und als *Gomphonema pumila* benannt werden.

(118) *Gomphonema lanceolatum* EHRB.

Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) ist sie eine oligohalobe, krenophile Litoralform. HUSTEDT (zit. bei BOURRELLY & MANGUIN) bezeichnet sie als eurytope Form, die vorherrschend in Biotopen mit einem pH-Wert von 6,5 - 8,4 lebt. CHOLNOKY (1968)

ermittelte ein pH-Optimum von um 8,0. Sie ist leicht zu verwechseln mit *Gomphonema longiceps* EHRB. var. *subclavata* GRUNOW. - Im Untersuchungsgebiet kommt sie nur sehr vereinzelt vor. Deshalb können keine näheren Angaben zur Autökologie der Art gemacht werden.

(119) *Gomphonema olivaceum* (LYNGBYE) KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art sehr verbreitet und häufig in stehenden Gewässern und im Brackwasser vor. Letzteres wird von CHOLNOKY (1968) bestritten. SCHLÜTER (1961 b) fand sie vereinzelt in Stranggräben und im verschmutzten Beckerfließ bei pH 7,6 - 7,7 und bis zu einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 1,44. OKOLO-TOWICZ (1971) bezeichnet sie als beta-alphamesosaprob. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" geben in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Verteilung im Saprobien-system an:

x	o	b	a	p	I
1	3	3	3	-	1

BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,18 mit einer Streuung von 0,43. STREBLE & KRAUTER (1973) vertreten die Ansicht, daß die Art häufig in sauberen stehenden Gewässern der Güteklasse II vorkommt. Nach LIEBMANN (1951) ist *G. olivaceum* halophil und kommt zu allen Jahreszeiten verbreitet und häufig bis zu einem Eisengehalt von 2,2 mg/l in der Güteklasse II vor. BUDE (1942) rechnet sie zur epilithischen Flora der Gebirgsbäche unterhalb der Quellregion. FRIEDRICH (1973) fand die Art häufig im Oberlauf der Erft als Epiphyt auf *Cladophora glomerata*. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von über 8,0. Die Varietäten sollen keine eigene Autökologie haben. - Im Untersuchungsgebiet wurde die Art relativ selten gefunden. Der festgestellte pH-Bereich betrug 7,7 - 8,0 und der mittlere Saprobienindex 2,02.

(119a) *Gomphonema olivaceum* var. *minutissima* HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) soll die Varietät nur einmal in einem

Brunnen bei Passau gefunden worden sein. Im Untersuchungsgebiet kommt sie sehr häufig vor und hat andere ökologische Ansprüche als der Typus und muß deshalb von ihm getrennt werden.

pH-Wert	7,2
N/P-Verhältnis	605:1
N-Quotient	0,25
EG	1,2

Wie die Mittelwerte zeigen, werden saubere, nährstoffarme Gewässer bevorzugt besiedelt.

(120) Gomphonema parvulum KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und häufig in stehenden Gewässern vor. HUSTEDT (1937; zit. bei CHOLNOKY 1966) vertritt die Ansicht, daß G. parvulum einen pH-Bereich von 5,5 - 8,5 erträgt und eine Verunreinigung der Gewässer anzeigt. SCHLÜTER (1961 b) fand sie verbreitet und häufig im Strausberger Naturschutzgebiet bei pH 7,3 - 7,7, einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 0,25 - 1,44 mg/l und einer Sauerstoffzehrung von 23,4 - 45,5%. In calciphilen Moorsrasen wurde G. parvulum häufig bei pH 6,2, einem  $\text{NH}_4$ -Gehalt von 2,5 mg/l und einer Sauerstoffzehrung von 87,8% gefunden. BUDE (1942) bezeichnet sie als indifferente, euryhaline Art der betamesosaproben Zone der Ruhr, Lippe, Eder, der Salinen und in den Moorstellen des NSG Heiliges Meer. BOURRELLY & MANGUIN (1952) vertreten die Ansicht, daß die Art eine indifferente, euryhaline, eurytope, krenophile Litoralform ist. KOLKWITZ (1950) rechnet sie zur Güteklasse II, während die Autoren der "Ausgewählten Methoden" (1970) in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Einstufung vornehmen:

x	o	b	a	p	I
1	2	4	3	-	1

FRIEDRICH (1973) berichtet, daß die Art in der Erft, trotz optimalen pH-Wertes, nur selten vorkam. Nach eigenen Erfah-

rungen hätte die Art am Ende der Belastungsstrecke sehr häufig auftreten müssen. Vielleicht sind die verhältnismäßig hohen Härtegrade ein ökologisch begrenzender Faktor. CHOLNOKY (1962c) vertritt die Ansicht, daß sie nicht vollkommen N-autotroph ist. Sie soll in Gewässern mit Schwankungen des N-Wertes und mit einer organischen N-Konzentration von 2 - 5 mg/l außerordentlich häufig vorkommen. Nach CHOLNOKY (1968) hat die Art ein pH-Optimum von 7,8 - 8,2. Sie kann große Schwankungen ertragen. Osmotische Druckschwankungen hemmen die Entwicklung wenig. Sie kann auch Sauerstoffarmut ertragen. Bei einer Verminderung des pH-Wertes soll die Art mit einem Formenwechsel reagieren.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

##### pH-Wert:

Eine optimale Entwicklung bei pH 7,4 - 8,2. Zwei Häufigkeitsmaxima bei 7,4 - 7,6 und 8,0 - 8,2. Ob das auf eine andere Autökologie von Varietäten zurück zu führen ist, kann nicht beurteilt werden. Hierzu sind spezielle Untersuchungen nötig. Der rechnerische Mittelwert aller Assoziationen beträgt 7,6.

##### N/P-Verhältnis:

*G. parvulum* besiedelt bevorzugt stark eutrophe Gewässer. Das Mittel aller Untersuchungen beträgt 57.

##### N-Quotient:

Die Art ist fakultativ N-heterotroph. Eine Entwicklung ist von 0,1 - 2,0 möglich. Ein optimaler Bereich liegt jedoch zwischen 1,0 - 2,0. Dieses zeigt, daß verschmutzte Gewässer bevorzugt besiedelt werden. Mittelwert = 0,84.

##### Eutrophierungsgrad:

Die Art ist in belasteten Gewässerabschnitten häufig bis sehr häufig gefunden worden. Mittlerer EG = 57.

##### Saprobienindex und Güteklasse:

Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt zwischen 2,7 und 3,2 (Güteklasse III). Der Mittelwert = 2,71 (Güteklasse III).

(121) Gomphonema subclavata GRUNOW

Eine eigene Art; sie ist nach CHOLNOKY (1968) keine Variation von Gomphonema longiceps EHRB. SCHLÜTER (1961 b) fand sie verbreitet mit geringer Häufigkeit bei pH 7,3 - 7,7. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe, krenophile Litoralform in Biotopen mit einem pH-Wert von 8,0 - 8,6. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,0 - 7,5. Ferner soll sie sauerstoffreiche Gewässer bevorzugen. In Afrika wurde sie dominierend oder codominierend in Assoziationen mit einem EG von 7,2 - 36,1 gefunden (CHOLNOKY 1965, 1970).

Im Untersuchungsgebiet ist sie nicht sehr verbreitet und kommt nur in bestimmten Biotopen vor. So z.B. in einer Spritzzone gemeinsam mit Chantransia hermanni und Diatoma hiemale var. mesodon oder in Quellbächen ohne anthropogene Einflüsse. Der pH-Bereich der Fundorte liegt zwischen 7,0 und 7,9.

(122) Gyrosigma acuminatum (KÜTZ.) RABH.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art im ganzen Gebiet verbreitet und häufig. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von über 8. KOLKWITZ (1950) rechnet sie zur oligosaprobien Zone. VENTZ (1965) konnte feststellen, daß die saprobielle Valenz sehr eng begrenzt ist. Saprobitätsindex 2,23 (Güteklasse II). Milieuspektren (VENTZ 1965):

pH	7,0 - 8,3
NH <sub>4</sub>	0,0 - 25,0 mg/l
O <sub>2</sub>	3,2 - 13,9 mg/l
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	20,0 - 70,0 mg/l

Dieses Milieuspektrum zeigt keine gute Übereinstimmung mit der eng begrenzten saprobiellen Valenz. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" der Wasseruntersuchung ordnen die Art der Güteklasse 2 zu. BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,68 mit einer Streuung von 0,51, wonach die Art der oligosaprobien-betamesosaprobien Zone zugeteilt werden muß.

Im Untersuchungsgebiet kommt *G. acuminatum* zwar verbreitet, jedoch stets nur mit geringer Häufigkeit vor. Sie kommt in oligotrophen und eutrophen Gewässern gleichermaßen vor. Der Saprobienindex schwankt zwischen 1,80 und 2,30 (Güteklasse II).

(123) *Gyrosigma attenuatum* (KÜTZ.) RABH.

HUSTEDT (1930) bezeichnet sie als sehr verbreitete Süßwasserform, die häufig in stehenden und fließenden Gewässern vorkommt. Nach KOLKWITZ (1950) soll die Art typisch für die Güteklasse I sein. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,8 - 8,2. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Litoralform des stehenden oder fließenden Wassers. BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,57 mit einer Streuung von 0,34, was der Güteklasse I/II entspricht.

Im Untersuchungsgebiet ist sie eine sehr seltene Art.

(124) *Gyrosigma kützingii* (GRUNOW) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) kommt sie zerstreut und seltener vor als die übrigen Formen. In entsprechenden Gewässern der afrikanischen tropisch-subtropischen Regionen wird sie als die häufigste Art der Gattung gefunden (CHOLNOKY 1968). Der gleiche Autor ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Litoralform des stehenden und fließenden Wassers. - Im Untersuchungsgebiet ist die Art äußerst selten. Eine ökologische Beurteilung kann deshalb aus eigener Anschauung nicht gegeben werden.

(125) *Hantzschia amphioxys* (EHRB.) GRUNOW

Über die Autökologie dieser Art besteht unter den Autoren wenig Einigkeit. Nach LIEBMANN (1951) kommt sie in stehenden und fließenden Gewässern verbreitet und sehr häufig vor. Sie soll epipelisch in der alpha-mesosaprobien Zone leben. Ferner soll die Art unempfindlich gegen O<sub>2</sub> - und pH-Schwankungen sein;

H<sub>2</sub>S soll sie bis 4 mg/l ertragen können. HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als eine der verbreitetsten Süßwasserdiatomeen von außerordentlicher Variabilität und Anpassungsfähigkeit. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" ordnen sie der Güteklasse III zu. Auch BUDE (1942) fand sie in den alpha-mesosaproben Zonen der Ruhr, Lippe, Eder. BUCK (1970) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,46 bei einer Streuung von 0,51. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Form und als Ubiquisten mit großer Anpassungsfähigkeit. Außerdem soll sie eurytop, eurytherm sowie aerophil sein. STREBLE & KRAUTER (1973) ordnen die Art ebenfalls der Güteklasse III zu und vertreten die Ansicht, daß sie häufig auch in Kleinstgewässern vorkommt. ROUND (1968) zählt sie zu den Epiphyten von Moosen trockener Standorte. Auch in der Bodenflora soll sie gut gedeihen. BEGER (1927) bezeichnet die Art als eine der widerstandsfähigsten der atmophytischen Diatomeen auf Bäumen, Felsen, Erden. Ferner soll sie zuweilen in xerotischen Moosen vorkommen. BOCK (1973) hält sie für typisch für xerotische Moose. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,8 - 8,0; pH-Schwankungen sollen gut ertragen werden. Es handelt sich um eine Art, die nicht im eutrophen Milieu gedeihen kann. Dieser Auffassung möchte ich mich anschließen. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur vereinzelt in Gewässern gefunden, häufig dagegen an xerotischen Standorten. Eine Zugehörigkeit zu einer Güteklasse kann nicht festgestellt werden, da sie in Gewässern nur eingeschleppt vorkommt. Die Varietäten haben keine speziellen ökologischen Ansprüche.

(126) *Melosira distans* (EHRB.) KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) ist sie eine Litoralform in Tümpeln und Gräben der Hochgebirge, auch in den Hochseen des Riesengebirges. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum um 6,5 an. Nach eigenen Untersuchungen bevorzugt die Art saure Gewässer und kann deshalb im Untersuchungsgebiet kaum vorkommen. Sie

scheint huminsäure Gewässer bevorzugt zu besiedeln. So wurde sie von mir im großen und kleinen Arbersee (Bayerischer Wald) bei pH-Werten von 5,5 - 6,0 in *Eunotia pectinalis*-*Tabellaria flocculosa* bzw. *Eunotia pectinalis* - *Eunotia exigua* - Assoziationen gefunden. Auch in Sphagnen an der Arberseewand war sie nicht selten.

(127) *Melosira granulata* (EHRB.) RALFS

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß es sich um eine Planktonform eutropher Teiche, Seen und Flüsse handelt. Die var. *angustissima* tritt oft alleine und massenhaft auf. FOTT (1971) zählt alle Arten der Gattung zu den typischen Vertretern des Planktons nährstoffreicher Gewässer. CHOLNOKY (1968) bezeichnet die Art als echte Planktondiatomee. PATRIK (zit. bei CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß *M. granulata* eine Art warmer Gewässer ist. Daß dieses nicht zutrifft, kann auf Grund eigener Untersuchungsergebnisse bestätigt werden. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,9 - 8,2. Die Varietäten leben unter denselben ökologischen Bedingungen wie die Art. Nach CHOLNOKY (1968) ist die Art keine Leitform eutropher Seen, da ihre Entwicklung vom pH-Wert abhängig ist und nichts mit dem Vorkommen gelöster organischer N-Verbindungen zu tun hat.

Die Autoren der "Methode der Wasseruntersuchung" geben in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Verteilung auf die einzelnen Saprobienstufen an:

x	o	b	a	p	I
-	2	8	-	-	4

BUDE (1942) ordnet die Art ebenso wie KOLKWITZ der Güteklasse I zu. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als Kosmopolit und als euplanktische Form eutropher Seen. HUBERPESTALOZZI (1942) vertritt den gleichen Standpunkt.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art im Plankton eutropher Gewässer vor. So zum Beispiel in der Aggertalsperre. Auch

bildete sie in der Agger zeitweilig ein echtes Potamoplankton mit 514 000 Zellen/ml. In der mesotrophen bis oligotrophen Genkeltalsperre wurde die Art bis jetzt nicht beobachtet.

(127a) *M. granulata* var. *angustissima* MÜLL.

BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1970) beobachteten in der eutrophen Wahnbachtalsperre 1960 ein schwächeres und 1970 ein stärkeres Auftreten (bis 940 Zellen/ml).

(128) *Melosira islandica* O. MÜLL. subsp. *helvetica* O. MÜLL.

Nach HUSTEDT (1930) und eigenen Erfahrungen wird im Untersuchungsgebiet nur diese Art gefunden. Sie soll sehr häufig in eutrophen bis oligotrophen Gewässern pelagisch vorkommen und die kältere Jahreszeit bevorzugen. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß die Art saure Gewässer bevorzugt und ihr pH-Optimum unter 7,0 liegt. Die Autökologie ist nicht näher bekannt. KOLKWITZ (1950) rechnet die Art der oligosaprobien Zone zu, während die Autoren der "Ausgewählten Methoden" sie der Güteklasse II zuteilen. Im Untersuchungsgebiet wurde die Art vereinzelt in der eutrophen Aggertalsperre gefunden.

(129) *Melosira italica* (EHRB.) KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Litoral eutropher Gewässer, Seen, Teiche, Flüsse und Gräben verbreitet und häufig vor. SCHLÜTER (1961 b) fand sie in Wiesengräben des Strausberger Naturschutzgebietes sehr häufig bei einer relativen O<sub>2</sub>-Zehrung von 45,5%, pH 7,3 und 0,25 mg/l NH<sub>4</sub>. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" teilen die Art der betamesosaprobien Zone zu. Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) handelt es sich um eine Litoralform eutropher Gewässer, die zum Teil auch planktisch vorkommen kann. Nach HUBER-PESTALOZZI (1942) ist *M.italica* als Bodenform eutropher Gewässer in Mitteleuropa und Afrika verbreitet und häufig. Die Varietäten sollen tychoplanktisch vorkommen. FOTT (1971) rechnet die Art zum Plankton

kälterer, oligotropher Seen. Nach ROUND (1968) beträgt der Minimalbedarf an  $\text{SiO}_2$  0,8 mg/l. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß das pH-Optimum sicher nicht unter 8,0 liegt.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art äußerst selten. Sie wurde bisher nur in der Aggertalsperre mit geringer Häufigkeit bei pH 7,2, einem EG von 3,4 und einem Saprobienindex von 1,73 in einer Asterionella formosa- Fragilaria crotonensis-Assoziation gefunden. Auffallend sind die Fundorte im Bayerischen Wald. Sie wurde von mir im großen Arbersee bei pH-Werten von 5,5 - 6,0 und in einem Sturzbach, dem sogenannten Höllbachgefälle am großen Falkenstein, bei pH-Werten um 6,0 gefunden. Nach BERNHARDT, CLASEN & NUSCH (1970) trat *M.italica* in der eutrophen Wahnbachtalsperre vor allem 1970 mit 870 Zellen/ml verstärkt auf. Die Maximalentwicklung fiel etwa auf den Zeitraum April/Mai.

(130) *Melosira varians* C.A.AG.

Die Art kommt zu allen Jahreszeiten, mit einem Sommermaximum, verbreitet und häufig als Litoralform in Seen, Teichen und Flüssen vor (HUSTEDT 1930). KOLKWITZ (1950), OKOLOTOWICZ (1971) und LIEBMANN (1951) ordnen sie der Güteklasse II zu. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" geben in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Verteilung an:

x	o	b	a	p	I
-	3	5	2	-	2

BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,05 mit einer Streuung von 0,29.

BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als fakultative

Planktonform eutropher stehender und fließender Gewässer. Dominant soll sie nur in der betamesosaprobien Zone sein. BUDDÉ (1942) fand die Art in der betamesosaprobien Zone der sauerländischen Gebirgsbäche, der Ruhr, Lippe und Eder sowie im Plankton des Dortmund-Ems-Kanals und der Werse bei Münster. Nach ROUND (1968) war *M. varians* 1902 - 1903 an einem echten Potamoplankton in der Themse beteiligt. HEYNIG (1968) fand im Juni und Juli größere Populationen in einem stark eutrophen Staubecken. STREBLE & KRAUTER (1973) beobachteten bei Massenentfaltungen einen unangenehmen Geschmack und Geruch des Wassers. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art häufiger im verschmutzten Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes bei einer relativen  $O_2$ -Zehrung von 36,8%, pH 7,7 und 1,44 mg/l  $NH_4$ . HUBER-PESTALOZZI (1942) bezeichnet sie als fakultativen Plankter eutropher Seen, Teiche, Flüsse und Gräben der Güteklasse II. WEBER (1960) fand die Art mit einer Häufigkeit von 10-48% im litoralen Benthos der österreichischen Donau bei einem mittleren pH-Wert von 7,5. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß *M. varians* keine Planktonform ist; sie kann osmotische Druckschwankungen ertragen und kommt gelegentlich in eutrophen Brackwässern vor. Er ermittelte ein pH-Optimum von 8,5. Einen mäßigen  $O_2$ -Mangel kann die Art gut ertragen.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

*M. varians* ist eine der häufigsten Diatomeen im Untersuchungsgebiet.

#### pH-Wert:

Vorkommen im Bereich von pH 7,2 - 8,0, Optimum etwa zwischen 7,6 und 7,8. Eine Übereinstimmung mit dem von CHOLNOKY (1968) in Afrika ermittelten Wert ist nicht gegeben.

#### N/P-Verhältnis:

Der Schwerpunkt der Entwicklung liegt zwischen 100:1 und 300:1. Der Mittelwert beträgt 341:1. Dieses zeigt, daß Gewässer mit einem relativ hohen P-Gehalt bevorzugt besiedelt werden.

**N-Quotient:**

Bezüglich des Verhältnisses von organischem zu anorganischem Stickstoff ist die Art wenig wählerisch. Sie kann praktisch in allen Bereichen gut gedeihen. Mittelwert 0,62.

**Eutrophierungsgrad:**

Hier ist deutlich zu erkennen, daß die Art eutrophe Gewässer im Sinne einer Abwasser- oder sonstigen organischen Belastung (z.B. Fischteich mit Fütterung) bevorzugt. Übermäßige Belastung meidet sie. Mittelwert 46.

**Saprobienindex und Güteklasse:**

Schwerpunkt der Entwicklung zwischen 1,8 und 2,3 mit einem Mittelwert von 2,12, was der Güteklasse II entspricht. Hier ist eine gute Übereinstimmung mit Ergebnissen fast aller Autoren festzustellen.

(131) *Meridion circulare* AGARDH

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art in mäßig fließendem Wasser verbreitet und häufig vor. BUDDÉ (1942) fand die Art in sauerländischen Gebirgsbächen, der Ruhr, Lippe, Eder, in Mooren und Teichen. Er zählt sie zur epilithischen Algengesellschaft des lotischen Biotops der Güteklasse I. Das Meridionetum soll nahe dem Quellgebiet und im Quellabfluß vorkommen (krenophile Gesellschaft); dominierend *M. circulare*, codominant *Gomphonema angustatum*, *G. olivaceum*, *Synedra ulna* und *Achnanthes lanceolatum*. ROUND (1968) vertritt ebenfalls die Meinung, daß sie in epilithischen Assoziationen der oligotrophen Zone vorkommt. In kalkreichen Gewässern soll sie auch epiphytisch vorkommen. LIEBMANN (1951) vertritt die Ansicht, daß die Art in stehenden und mäßig fließenden Gewässern mit einem Frühjahrsmaximum häufig als Aufwuchs und im Plankton vorkommt. Sie soll eine schwache organische Belastung meiden und ein guter Indikator für sauerstoffreiche Zustände sein. Gegen pH-Schwankungen ist sie unempfindlich. HUBER-PESTALOZZI (1942) bezeichnet *M. circulare* als Tychoplankter und Boden-

form. Sie soll eine der gemeinsten Kieselalgen des Süßwassers ein. Massenhaft besonders im Litoral stehender Gewässer.

BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als halophobe Form des fließenden Wassers und als Kosmopolit. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" nehmen in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Verteilung auf die einzelnen Saprobienstufen vor:

x	o	b	a	p	I
4	5	1	-	-	2

BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Index von 1,00 mit der Streuung von 0,53 und bezeichnete sie als oligosaprob. FRIEDRICH (1973) fand die Art als häufige Massenform im Oberlauf der Erft, aber auch im Mittel- und Unterlauf, sogar in verschmutzten Abschnitten; dort allerdings auch mit verminderter Häufigkeit. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 8,0. Sie soll keinen O<sub>2</sub>-Mangel ertragen können und ein guter Indikator für sauerstoffreiche Zustände sein. Osmotische Druckschwankungen werden ertragen. Nach FOTT (1971) werden Innenschalen bei Milieuänderungen und zum Schutz gegen Austrocknung und chemische Einflüsse gebildet. Vielleicht ist es auf diese Weise möglich, daß *M. circulare* dominierend in verschmutzten Quellgewässern vorkommen kann.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

pH-Wert:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen pH 7,0 und 7,6. Gewässer mit pH-Werten über 7,6 werden gemieden, während Schwankungen zum sauren Bereich ertragen werden. Der mittlere pH-Wert aller Assoziationen unter Berücksichtigung der relativen Häufigkeit wurde zu 7,3 errechnet. Dieses stimmt mit Befunden vieler Autoren, nicht jedoch mit CHOLNOKY (1968) überein.

#### N/P-Verhältnis:

Offensichtlich ist die Art bezüglich des N/P-Verhältnisses nicht wählerisch. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt zwischen 100:1 und 700:1, wobei der Bereich 500:1 bis 700:1 die größte Häufigkeit zeigt. Hieraus ersieht man, daß die Art mesotrophe den oligotrophen Zuständen vorzieht. Der Mittelwert beträgt 472:1

#### N-Quotient:

Deutliches Entwicklungsoptimum bei 0,1 - 0,2, also in einer Zone mit geringer organischer Belastung. Allerdings ist auch in stärker belasteten Gewässern eine Vermehrung möglich.

#### Eutrophierungsgrad:

Verbreitungsschwerpunkt zwischen 0-5%. Mit zunehmender Eutrophierung nimmt die Häufigkeit ab. Über 50% hinaus wurde die Art nicht mehr gefunden.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Nach fast allen Autoren ist die Art ein Zeigerorganismus für die oligosaprobe Zone. Nach eigenen Untersuchungen ist eine größere Häufigkeit erst ab Güteklasse I/II. Das Optimum der Verbreitung liegt in der Güteklasse II (Saprobienindex 1,80 - 2,29). Die Art wird bis zur Güteklasse III/IV sogar dominierend gefunden. Der Mittelwert beträgt 2,10, was der Güteklasse II entspricht.

Als Beispiel eines verschmutzten Quellgewässers soll die Quelle des Gummersbaches dienen (24.8.1970).

pH	7,1	NO <sub>2</sub>	2,22 mg/l
O <sub>2</sub>	4,2 mg/l	NO <sub>3</sub>	9,42 mg/l
BSB <sub>5</sub>	23,0 mg/l	N/P	9:1
org.N	7,6 mg/l	N-Quotient	1,1
Ges.-P	10,89 mg/l	Saprobienindex	3,25
NH <sub>4</sub>	5,20 mg/l	Güteklasse	III/IV
		EG	36,4

Dominante und codominante Arten der Assoziation:

Meridion circulare	42,6 %
Nitzschia palea	17,1 %
Navicula seminulum	14,6 %
Gomphonema angustatum var.producta	10,0 %
Navicula atomus	4,5 %

Aus dem Datum ist zu ersehen, daß *M. circulare* seine maximale Entwicklung nicht unbedingt im Frühjahr hat, wie es oft behauptet wird. Vielmehr werden maximale Entfaltungen zu allen Jahreszeiten beobachtet.

(132) *Navicula accomoda* HUSTEDT

Meine persönliche Meinung ist, daß keine Arten so oft verwechselt wurden wie *Navicula accomoda*, *N. gregaria* DONKIN und *N.cryptocephala*, denn sie sind im lebenden Zustand sehr ähnlich. Auf die Möglichkeit der Verwechslung weist schon HUSTEDT (1930) hin. CHOLNOKY (1968) spricht oft von *N.gregaria* (Brackwasserart) im Zusammenhang mit Abwasserreinigungsanlagen. Hier kommt im allgemeinen die Art sicher nicht vor. Er spricht auch von der Möglichkeit einer Verwechslung von *N.gregaria* mit einer habituell sehr ähnlichen Süßwasserart. Es kann sich in Reinigungsanlagen nur um *N.accomoda* gehandelt haben. Die Verwechslung von *N. cryptocephala* mit *N.accomoda* war sicher die Ursache für die Einordnung in die Güteklasse III was - wie später erläutert wird - nicht zutrifft. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt im verschmutzten Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,7. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" nehmen in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN eine Verteilung für die Indexstufen wie folgt vor:

x	o	b	a	p	I
-	-	1	9	+	5

BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 3,45 mit einer Streuung von  $\pm 0,51$ . Damit gehört die Art zur Güteklasse III/IV. FRIEDRICH (1973) fand die Art in der zum Teil verschmutzten Erft nur vereinzelt.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

Ein typisches Beispiel für eine *Navicula accomoda* - Assoziation fand sich auf der Oberfläche eines Tropfkörpers; sie bestand nur aus drei Arten:

<i>Navicula accomoda</i>	73,2%
<i>Nitzschia palea</i>	26,1%
<i>Navicula atomus</i>	0,3%

#### Milieufaktoren:

pH	7,6	NO <sub>3</sub>	64,75 mg/l
O <sub>2</sub>	0,32 mg/l	org. N	60,9 mg/l
BSB <sub>5</sub>	126,00 mg/l	N/P	11:1
Ges.-P	83,80 mg/l	N-Quotient	0,83
NH <sub>4</sub>	75,00 mg/l	EG	100%
NO <sub>2</sub>	0,10 mg/l	Güteklasse	III
		Saprobienindex	3,0

Die Art kann in Kläranlagen auch mit *Nitzschia thermalis* oder *Gomphonema parvulum* vergesellschaftet sein. In Gewässern wird sie häufiger nur unterhalb der Einleitung von Abwasser gefunden. Sie ist also eine Art stark eutropher Gewässer im Sinne einer starken Abwasserbelastung.

#### pH-Wert:

Die Art hat ein sehr eng begrenztes pH-Optimum von 7,6 - 7,8. Schwankungen zum alkalischen Bereich werden nicht so gut ertragen wie die zum sauren Milieu.

#### N/P-Verhältnis:

Das Optimum der Entwicklung liegt ausschließlich unter 100:1. Mittelwert des Vorkommens 18:1

#### N-Quotient:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 0,7 - 1,0. Der Mittelwert beträgt 1,8.

#### Eutrophierungsgrad:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 70 und 100, der Mittelwert des Vorkommens beträgt 65.

Saprobienindex und Güteklasse:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 2,7 und 3,0. Der rechnerische Mittelwert mit 3,00 zeigt, daß die Art praktisch nur im Abwasser leben kann. Exemplare, die in weniger belasteten Gewässern gefunden werden, sind meist nur eingeschleppt.

(133) *Navicula anglica* RALFS

Hier handelt es sich für das Untersuchungsgebiet um eine sehr seltene Art. Sie wurde mit einer Häufigkeit von 0,1 - 0,5% in einer *Navicula cryptocephala*-*Navicula viridula* - *Achnanthes minutissima* - Assoziation gefunden. Die pH-Werte schwankten zwischen 6,85 und 7,7. HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art überall verbreitet, jedoch nur vereinzelt unter anderen Algen auftritt.

(134) *Navicula atomus* (NAEGELI) GRUNOW

HUSTEDT (1930) vertritt die Meinung, daß die Art überall im Süßwasser verbreitet ist. Nach LIEBMANN (1951) kommt die Art zu allen Jahreszeiten mit einem Wintermaximum in stehenden und fließenden Gewässern vor. Sie soll unempfindlich gegen chemische Einflüsse sein. Besonders häufig soll sie an nitratreichen alkalischen Stellen in Gewässern sein. LIEBMANN (1951) teilt sie der betamesosaprogenen Zone zu. Auch KOLKWITZ (1950) ordnet die Art der Güteklasse II zu. CHOLNOKY (1968) vertritt die Meinung, daß das pH-Optimum zwischen 6 und 7 liegt. FRIEDRICH (1973) beobachtete die Art im unverschmutzten Oberlauf der Erft nur selten; in den stärker belasteten Abschnitten der Erft wurde sie mit höheren Abundanzwerten beobachtet. Sie soll ein Frühjahrsmaximum haben und der Güteklasse II/III zugehören.

Im folgenden wird eine typische *N. atomus*-Assoziation eines Wasserlaufs unterhalb der Einmündung einer Kläranlage wiedergegeben. Die Untersuchung wurde am 17.8.1970 durchgeführt,

was wiederum zeigt, daß die Diatomeen zu allen Jahreszeiten Maxima ausbilden können, wenn die ökologischen Bedingungen den Anforderungen der Art entsprechen.

Dominante - codominante Arten einer *N. atomus*-Assoziation:

<i>Navicula atomus</i>	40,0%
<i>Navicula fluens</i>	14,8%
<i>Nitzschia palea</i>	11,7%
<i>Navicula accomoda</i>	10,6%
<i>Navicula muralis</i>	10,4%

Abiotische Faktoren:

pH	6,8	NO <sub>3</sub>	0,47 mg/l
O <sub>2</sub>	5,30 mg/l	org. N	9,34 mg/l
BSB <sub>5</sub>	137,00 mg/l	N/P	7:1
Gesamt-P	10,53 mg/l	Saprobienindex	3,36
NH <sub>4</sub>	2,74 mg/l	EG	49,0%
NO <sub>2</sub>	0,085mg/l	N-Quotient	4,5

Die Werte zeigen deutlich, daß *N. atomus* nicht vom NO<sub>3</sub>-Gehalt abhängig ist. Sie ist eine Art stark eutropher Gewässer und vielleicht fakultativ N-heterotroph.

Milieuspektren nach eigenen Untersuchungen (in Klammern: Mittelwerte):

pH	6,8 - 8,2	(7,2)
N/P-Verhältnis	7 - 52	(18,0)
N-Quotient	0,39 - 4,15	(1,26)
EG	23 - 68%	(42,0)
Saprobienindex	2,37 - 3,36	(2,75)
Güteklasse	II/III - III/IV	(III)

(135) *Navicula avenacea* BREB. (= *N. viridula* KÜTZ. var. *avenacea* (BREB.) KÜTZ.)

Die Art ist allgemein selten oder sie wird verwechselt mit *Navicula viridula*. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von um oder über 8,0 an. In Afrika soll sie eine seltene Art alkalischer Gewässer sein (CHOLNOKY 1962 c). Im Untersuchungsgebiet wurde sie verhältnismäßig häufig in stehenden und fließenden Gewässern gefunden. Die pH-Werte lagen zwischen 7,4 und 7,9.

(136) *Navicula bacilliformis* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) im Süßwasser verbreitet, jedoch meist nur vereinzelt. BOURRELLY&MANGUIN(1952) nennen die Art eine oligohalobe, sehr häufige Form des Süßwassers, die vereinzelt vorkommt.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie einmal im Quellbereich eines Baches bei pH 6,82, Saprobienindex 1,82 und EG 1,4 gefunden.

(137) *Navicula binodis* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) verbreitet, jedoch ziemlich selten. Im Untersuchungsgebiet wurde sie einmal in der Mündung eines Quellbaches in einer *Achnanthes minutissima*-Assoziation gefunden bei pH 7,7, N/P 527 : 1, N<sub>Q</sub> 0,31, EG 5,4.

(138) *Navicula cari* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet vor. Sie kann leicht übersehen oder mit anderen Arten verwechselt werden. CHOLNOKY (1962 c) vertritt die Ansicht, daß die Art in alkalischen Gewässern allgemein verbreitet vorkommt und daß sie sich an höheren osmotischen Druck gewöhnen kann. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,3 oder 8,4. Brackwasser soll die Art nicht ertragen können.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art selten. Sie wurde vereinzelt in stehenden und fließenden Gewässern beobachtet. Das von CHOLNOKY (1968) angegebene pH-Optimum kann bestätigt werden. Die Art scheint schwach belastete Gewässer (Güteklasse II) bevorzugt zu besiedeln.

(139) *Navicula cincta* (EHRB.) KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet in Süßwasser und leicht brackigem Wasser vor. In Afrika vermehrt sich *N. cincta* nur in Gewässern mit hohem pH-Werten. Sie kann einen erhöhten osmotischen Druck ertragen, ist aber nicht "halophil" (CHOLNOKY 1968). Nach einer Assoziation, die CHOLNOKY

(1963 b) im Swakop-Fluß fand, scheint die Art eutrophe Gewässer zu bevorzugen. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als halophil. Im Untersuchungsgebiet wurde sie einmal in einem temporären Tümpel und zwar in einer *Cymbella ventricosa*-*Fragilaria intermedia*-Assoziation gefunden.

(140) *Navicula cocconeiformis* GREGORY

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art in Gebirgsbächen weit verbreitet und häufig. Dieses trifft für das Untersuchungsgebiet nicht zu. Sie ist eine äußerst seltene Art, was verständlich wird, wenn man bedenkt, daß die Art ein pH-Optimum von 5,5 hat (CHOLNOKY 1968).

(141) *Navicula confervacea* KÜTZ.

Die Art soll aus den Tropen eingeschleppt sein und nur in warmen Gewächshäusern gefunden werden. Diese von HUSTEDT (1930) gemachte Angabe wird von CHOLNOKY (1968) als eine unhaltbare These bezeichnet. BOURRELLY & MANGUIN (1952) vertreten die gleiche Auffassung wie HUSTEDT (1930). Die Art wird als *batesosaprob* bezeichnet, die sich in einem pH-Bereich von 5 - 8,2, mit einem Optimum von 7 - 7,5 entwickeln kann (HUSTEDT zit. bei BOURRELLY & MANGUIN 1952). CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,4. Ferner ist die Art N-heterotroph und kann in Gewässern mit geringem Sauerstoffgehalt und schwankendem N-Wert häufig sein.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal in einem Quellbach gefunden.

(142) *Navicula cryptocephala* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) verbreitet und häufig, selten auch im Brackwasser. WEBER (1960) fand die Art in einer Assoziation mit einer Häufigkeit von 18% in der oberen Donau bei pH 7,2 - 7,8;  $\text{NO}_3$  4 - 8 mg/l;  $\text{O}_2$  8,3 - 10,5 mg/l;  $\text{KMnO}_4$  19 - 31 mg/l. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art allgemein verbreitet bei pH-

Werten von 7,3 - 7,7. BUDDÉ (1942) stellte sie in Güteklasse II; er fand die Art in Gebirgsbächen des Sauerlandes, in Ruhr, Lippe und Eder, sowie in Moorstellen des NSG Heiliges Meer. OKOLOTOVICZ (1971) ordnet die Art der alphamesosaprobien Zone zu, ebenso die Autoren der "Ausgewählten Methoden" der DDR. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als indifferenten oligohalob Ubiquisten. STREBLE & KRAUTER (1973) bezeichnen sie als Litoralform eutropher Gewässer der Güteklasse III. LIEBMANN (1951) beobachtete *N. cryptocephala* besonders zahlreich unterhalb der Einleitung städtischer Abwässer von Schlachthöfen, Brauereien und Hefefabriken; nicht selten auch auf Tropfkörpern. LIEBMANN (1951) ist hier vielleicht einem Irrtum unterlegen, indem er *N. cryptocephala* mit der sehr ähnlichen *N. accomoda*, die erst 1950 von HUSTEDT beschrieben wurde, verwechselt hat. Seine Angaben beschreiben genau das Milieu der N-heterotrophen *N. accomoda*.

KOLKWITZ (1950) beschreibt die Art als Bewohner des Schlamms und ordnet sie der Güteklasse II zu. FRIEDRICH (1973) beobachtete bei seinen Untersuchungen an der Erft, daß die Art in stärker belasteten Flußstrecken nur mit geringer Häufigkeitsstufe auftritt, während sie sonst häufig ist. Sie soll betaalphamesosaprob sein. CHOLNOKY (1962 c) stellt fest, daß die Art nicht N-heterotroph ist und demzufolge in verunreinigten Gewässern nur Einzelexemplare, meist verschleppt, zu finden sind. Das pH-Optimum liegt um 8,0.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

*N. cryptocephala* ist eine der häufigsten Diatomeen im Untersuchungsgebiet. Wegen der verschiedenen Meinungen anderer Autoren über die Autökologie bzw. die Einordnung in das Saprobien-system, wurde der Art besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

#### pH-Wert:

Die Art hat ein breites pH-Spektrum, jedoch mit einem Schwerpunkt der Entwicklung zwischen 7,2 und 7,8. Schwankungen zum

sauren oder alkalischen Bereich hin werden gut ertragen. Der Mittelwert beträgt 7,5.

**N/P-Verhältnis:**

*N. cryptocephala* kann sich von eutroph bis oligotroph entwickeln. Ein Schwerpunkt der Entwicklung liegt zwischen N/P= 100:1 und 300:1. Dieses läßt erkennen, daß *N. cryptocephala* keine Art verschmutzter Gewässer ist. Dieses zeigt auch der unter Berücksichtigung aller Häufigkeiten errechnete Mittelwert von 311:1.

**N-Quotient:**

Wenig verschmutzte Gewässer werden bevorzugt besiedelt. Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 0,1 und 0,5 mit einem Schwerpunkt zwischen 0,1 und 0,2; Mittelwert 0,33.

**EG:**

Am häufigsten wurde die Art in dem Bereich 5 - 20% mit einem Schwerpunkt zwischen 10 und 20% gefunden. Es handelt sich also um mäßig belastete Gewässer, was auch durch die anderen Parameter bestätigt wird. Der Mittelwert beträgt 17%.

**Saprobienindex und Güteklasse:**

Mit einer Häufigkeit von über 50% wurde die Art im Indexbereich 1,8 - 2,0 (Güteklasse II) gefunden und mit einer Häufigkeit von 23% in der Güteklasse I/II. Dagegen beträgt die Häufigkeit der Vorkommen in der Güteklasse II/III nur 5%. Darüber hinaus wurde die Art nicht mehr gefunden. Der mittlere Saprobienindex beträgt 2,01 (Güteklasse II).

(143) *Navicula cuspidata* KÜTZ.

HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als Litoralform des Süßwassers, die überall verbreitet und häufig vorkommt. Nach LIEBMANN (1951) ist sie zu allen Jahreszeiten in stehenden und fließenden Gewässern zu finden. Sie ist unempfindlich gegenüber Milieuveränderungen. Die Art lebt stets im alkalischen Bereich und an NO<sub>3</sub>-reichen Stellen. LIEBMANN (1951) teilt sie

der Güteklasse II zu, ebenso KOLKWITZ (1950). OKOLOTOWICZ (1971) ermittelte die Güteklasse II - III, während BUCK (1971) einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,76 mit einer Streuung von 0,42 errechnete. Danach muß die Art der Güteklasse III zugeteilt werden. BUDDÉ (1942) fand die Art in Ruhr, Lippe und der schwach sauren Eder sowie im Heiligen Meer und ordnete sie der betamesosaprobien Zone zu. CHOLNOKY (1962) vertritt die Ansicht, daß die Art in neutralen oder schwach sauren aber gut gepufferten Wässern am besten gedeihen kann. Das wäre die Erklärung dafür, daß *N. cuspidata* auch in Industrieabwässern reichlich gefunden wird. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,3 - 8,6.

Im Untersuchungsgebiet kommt *N. cuspidata* verhältnismäßig selten und fast stets vereinzelt vor. Die Bäche und Flüsse des Oberbergischen Landes sind meist nur schwach gepuffert. An einzelnen Fundorten lagen die pH-Werte zwischen 7,5 und 8,95, meist jedoch über 8,0. In einem stark eutrophen Fischteich kam die Art mit geringer Häufigkeit bei pH-Wert 8,95; N/P = 332:1; N-Quotient 1,20; EG = 68% vor. Dieses zeigt, daß die Art auch in belasteten Gewässern leben kann. Der rechnerische Mittelwert des Saprobienindex beträgt 1,90 (Güteklasse II).

(144) *Navicula densestriata* HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art in moorigen Gewässern vor und ist bisher nur selten beobachtet worden. Sonst liegen mir keine Literaturangaben vor. Ich selbst habe die Art nur in der Hochschweiz epiphytisch auf *Draparnaldia* bei einem EG von 1,5 in einer *Ceratoneis arcus* - *Achnanthes minutissima*-Assoziation und epilithisch bei einem EG = 0 in einer *Diatoma hiemale* - *Fragilaria virescens*-Assoziation gefunden. Offensichtlich ist sie eine Art oligotropher und oligosaprobier Gewässer.

(145) *Navicula dicephala* EHRB. (W.SMITH)

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art überall verbreitet, jedoch meist nur vereinzelt vor. BUDDÉ (1942) fand die Art in der oligosaprogenen Zone der Ruhr, Lippe und in den Moorstellen des NSG Heiliges Meer. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 7,8. Ob die Varietäten spezielle ökologische Ansprüche haben, kann nicht abschließend beurteilt werden. Die Art wurde im Untersuchungsgebiet nur einmal in einem Quellbach gefunden bei pH 7,8; N/P-Verhältnis 179:1 und EG 5,9.

(145a) *Navicula dicephala* var. *neglecta* (KRASSKE) HUSTEDT

Das pH-Optimum liegt im schwach sauren bis neutralen Bereich (CHOLNOKY 1962 c). Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur einmal im Plankton einer Vorsperre gefunden bei pH 7,5; N/P-Verhältnis 1775:1; N-Quotient 0,20 und EG 10,2.

(146) *Navicula exigua* (GREGORY) O. MÜLLER

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art zerstreut aber nicht selten vor. CHOLNOKY (1960) berichtet, daß die Art in neutralen bis schwach alkalischen Gewässern von Natal verbreitet aber nicht häufig vorkommt. CHOLNOKY (1962 c und 1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art sehr selten. Sie wurde nur zweimal in Quellbächen festgestellt und zwar bei pH 7,5; N/P-Verhältnis 628:1; N-Quotient 0,27 und EG 18,5%.

(147) *Navicula exilissima* GRUNOW

Die Abbildungen bei HUSTEDT (1930) und CHOLNOKY (1961 b) weichen stark voneinander ab. Es ist daher verständlich, wenn häufig Verwechslungen vorkommen. CHOLNOKY (1960) hat sicher recht, wenn er sagt, daß die Art weiter verbreitet zu sein scheint, als man es auf Grund der Literaturangaben annehmen kann. Auch ist ein Übersehen wegen der Kleinheit der Art mög-

lich. HUSTEDT (1930) nennt nur einen Fundort bei Regensburg. Er möchte *N. exilissima* mit *N. minuscula* und *N. microcephala* verbinden. CHOLNOKY (1966 b) fand die Art mit geringer Häufigkeit im Okawango-Fluß. Auch im Untersuchungsgebiet fehlt die Art fast völlig.

(148) *Navicula falaisiensis* GRUNOW

HUSTEDT (1930) bezeichnet sie als seltene Art und zählt nur einzelne Fundorte auf. Nach Vorkommen in Ungarn liegt das Entwicklungsmaximum zwischen pH 7,5 und 8,0. Auch von mir wurde die Art nur selten gefunden. So z.B. in einer Quelle in der Hochschweiz gemeinsam mit *Diatoma hiemale* bei einem EG von 0 und zweimal auf künstlichen Aufwuchsträgern in der Genkeltalsperre bei pH 7,2 bzw. 7,5 und EG 0,4 - 1,1. Offensichtlich wird man die Art in schwach sauren bis schwach alkalischen, oligotrophen Gewässern suchen müssen.

(149) *Navicula fluens* HUSTEDT

HUSTEDT (1930) bezeichnet das Vorkommen der Art als selten. Hier liegt sicherlich eine Verwechslung mit einer anderen Art vor. Es ist eine Art, die besonders in verschmutzten Gewässern sehr häufig sein kann. FRIEDRICH (1973) fand die Art am häufigsten in der Abwasserstrecke des Mittel- und Unterlaufes der Erft.

Eigene Untersuchungsergebnisse

In Kulturversuchen konnte festgestellt werden, daß *N. fluens* sich mit Harnstoff als Stickstoffquelle optimal entwickelte. In Kulturen mit Aminosäuren war nur eine schwache und in solchen mit  $\text{NO}_3$  als Stickstoffquelle keine Vermehrung feststellbar. Offensichtlich handelt es sich um eine obligat N-heterotrophe Art. Allerdings sind zur endgültigen Bestätigung weitere Kulturversuche notwendig. Im folgenden wird eine typische Assoziation aus einem kleinen Quellwasserlauf kurz

unterhalb einer Abwassereinleitung als Beispiel wiedergegeben (nur dominierende und codominierende Arten angegeben):

Navicula fluens	65,2%
Navicula seminulum	8,5%
Gomphonema angustatum var. producta	9,4%
Achnanthes lanceolata	5,8%
Meridion circulare	3,5%

pH = 7,0; N/P = 22:1;  $N_Q = 0,26$ ; EG = 74,4%

### Autökologische Daten

#### pH-Wert:

Das pH-Optimum liegt zwischen 7,0 - 7,6 mit einem Schwerpunkt bei 7,0 - 7,2. Offensichtlich werden pH-Schwankungen zum alkalischen Bereich hin besser ertragen als zum sauren Milieu. Der Mittelwert unter Berücksichtigung der Häufigkeit beträgt 7,4.

#### N/P-Verhältnis:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 0 und 100:1; Mittelwert 25:1.

#### N-Quotient:

Optimum zwischen 0,3 und 0,5; Mittelwert 0,79.

#### EG:

Die größte Häufigkeit wurde in Gewässern mit einem Eutrophierungsgrad zwischen 30 und 70% gefunden; Mittelwert 42%.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Hier wurden zwei Schwerpunkte festgestellt: (1) zwischen 2,3 und 2,5 und (2) zwischen 3,0 und 3,2; Mittelwert 2,78 (Güteklasse III).

#### Schlußbemerkung:

Das Ergebnis dieser Auswertung ist nicht befriedigend. Der optimale Bereich beim N-Quotienten ist für eine obligat N-heterotrophe Art zu niedrig, ebenso wie der Schwerpunkt der Verbreitung eindeutiger in der Güteklasse III liegen müßte. Hier sind weitere Untersuchungen nötig.

(150) *Navicula geitleri* HUSTEDT

Die Art wird von CHOLNOKY (1962 b, 1968) erwähnt. Er fand sie in Afrika in einigen Gewässern von Swaziland und in einem mesotrophen Stausee in Venezuela.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art sehr selten und wurde nur einmal mit geringer Häufigkeit in der eutrophen Wahnbachtalsperre auf künstlichen Aufwuchsträgern gefunden. Es war eine *Nitzschia perminuta*-*Achnanthes lanceolata*-Assoziation mit einem EG von 58,5%.

(151) *Navicula gothlandica* GRUNOW

HUSTEDT (1930) bezeichnet die Art als Salzwasserform, die vielleicht auch im Süßwasser vorkommen kann; nach CHOLNOKY (1968) eine Brackwasserform. Sie kann aber auch in austrocknenden Kleinstgewässern gefunden werden.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art auch im Süßwasser gefunden. Die Häufigkeit der Assoziationen überstieg nicht die 3,0% Grenze. Das nachstehende Spektrum gibt einen Überblick über das Milieu, in dem die Art gefunden wurde.

pH	7,2	-	7,8
N/P	44:1	-	527:1
N-Quotient	0,31	-	1,18
EG	5,3	-	57,7
Leitfähigkeit	93	-	152 $\mu$ S

(152) *Navicula gracilis* EHRB.

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art eine Litoralform der stehenden Gewässer, die oft massenhaft vorkommt und auch schwach salzige Gewässer ertragen kann. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art im Strausberger Naturschutzgebiet verbreitet jedoch nur vereinzelt (pH 7,3 - 7,7). BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als euryhaline, indifferente, litorale Form des stehenden und fließenden Wassers. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" (1971) nehmen in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN fol-

gende Verteilung auf die einzelnen Güteklassen vor:

x	o	b	a	p	I
+	4	5	1	-	2

BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,61 mit einer Streuung von 0,54. Er bezeichnet die Art als oligosaprob-betamesosaprob. CHOLNOKY (1962 a) berichtet, daß die in Europa gemeine Art in Afrika und anderen tropischen und subtropischen Gebieten sehr selten vorkommt. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,3. FRIEDRICH (1973) stellte Massenentwicklungen im Oberlauf der Erft fest.

Im Untersuchungsgebiet in den verschiedensten Gewässerabschnitten gefunden, z.B. im Litoral stehender Gewässer, in Wiesensächen an Sohlabstürzen und in Spritzzonen. Die Fundstellen waren fast ohne anthropogene Einflüsse, woraus zu schließen ist, daß saubere Gewässer bevorzugt besiedelt werden.

(153) *Navicula halophila* (GRUNOW) CLEVE

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art eine mesohalobe Form, die in salzhaltigen Gewässern des Binnenlandes verbreitet und häufig vorkommt. CHOLNOKY (1968) bezeichnet die Art als Brackwasserart, die auch bei erhöhtem Sulfatgehalt häufig sein kann.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal unterhalb der Einleitung einer Kläranlage gefunden. Das Wasser enthielt auf Grund von Einleitungen  $\text{FeSO}_4$ -haltiger Abwässer größere Mengen an Sulfaten.

(154) *Navicula hassiaca* KRASSKE

Nach HUSTEDT (1930) sehr selten in Sphagnen vorkommend. CHOLNOKY (1968) ist der Auffassung, daß *N. hassiaca* sich am besten bei einem pH-Wert um oder unter 6 entwickelt.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art einmal mit geringer Häufigkeit bei pH 7,5 gefunden. Sie wurde wahrscheinlich aus

sauren sumpfigen Stellen eingeschleppt. N/P-Verhältnis 655:1; N-Quotient 0,26 und EG 4,6.

(155) *Navicula hungarica* GRUNOW var. *capitata* (EHRB.) CLEVE

Die Art wurde nur selten und vereinzelt gefunden, während die Varietät häufig, jedoch meist auch nur vereinzelt auftritt. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art im Strausberger Naturschutzgebiet, besonders im verschmutzten Beckerfließ bei 36,8% O<sub>2</sub>-Zehrung; pH 7,7; 1,44 mg/l NH<sub>4</sub>. CHOLNOKY (1962 c) stellte in Ost-Transvaal fest, daß die Varietät mit höherer Individuenzahl nur in schwach alkalischen Gewässern bei pH 7,5 - 8,0 vorkommt. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum um 8,0 an. KOLKWITZ (1950) ordnet die Art der oligosaprogenen Zone zu.

Im Untersuchungsgebiet wurde ein mittlerer Saprobienindex von 1,91 ermittelt (Güteklasse II). Sonst bevorzugt die Art wie auch in Afrika nährstoffreiche Gewässer mit einem EG bis zu 63% und einem N-Quotient von 1,78.

(156) *Navicula hustedtii* KRASSKE

In Bächen und Quellen in Hessen (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von um oder etwas unter 6. Wohl deshalb ist sie im Untersuchungsgebiet eine sehr seltene Art.

(157) *Navicula jentzschii* GRUNOW

In den baltischen Seen und den Seen Niederschlesiens verbreitet und nicht selten (HUSTEDT 1930). Die Art ist im Bergischen und Oberbergischen Land eine sehr seltene Art. Sie wurde nur einmal in einem Quellbach mit geringer Häufigkeit bei pH 7,8, einem N/P-Verhältnis von 179:1 und einem EG von 5,9% gefunden.

(158) *Navicula krasskei* HUSTEDT

KRASSKE (zit. bei HUSTEDT 1930) beschreibt das Vorkommen der Art wie folgt: "Im sächsisch-böhmischen Berglande verbreitet und zum Teil sehr häufig; sowohl endolitisch als auch an überrieselten Felsen." Nach CHOLNOKY (1962 c) an saure pH-Werte gebunden; pH-Optimum unter 5,5 (CHOLNOKY 1968).

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art in der Genkeltalsperre an Perlonschnüren gefunden.

(159) *Navicula lanceolata* (AGARDH) KÜTZ.

Die Art kommt im Süßwasser und im leicht brackigen Wasser verbreitet, jedoch nicht häufig vor (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 8,0.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art in stehenden und fließenden Gewässern vereinzelt bei folgendem Milieuspektrum vor:

pH	7,8 - 8,3
Saprobienindex	2,0 - 2,5
Güteklasse	II
EG	0,5 - 26,3%

(160) *Navicula lapidosa* KRASSKE

Bis 1930 stellte HUSTEDT (1930) nur einen Fundort fest und zwar im Lausitzgebirge.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur einmal mit geringer Häufigkeit in einem Quellbach bei pH 7,1, einem N/P-Verhältnis von 455:1, einem N-Quotienten von 0,19 und einem EG von 37,8% gefunden. Die Ursache für den hohen EG war ein kleiner Fischteich mit Fütterung.

(161) *Navicula longirostris* HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art eine Salzwasserform, die in Salinen oft massenhaft vorkommen kann. CHOLNOKY (1968) bezeichnete sie als echte Brackwasserdiatomee, die in austrocknenden Tümpeln afrikanischer Wadis oft häufig sein kann. Das

pH-Optimum soll über 8,0 liegen.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art selten und vielleicht nur aus temporären Tümpeln eingeschleppt. Mit nennenswerter Häufigkeit wurde die Art in einem kleinen schlecht gewarteten Fischteich bei pH 7,2, einem N/P-Verhältnis von 44:1, einem N-Quotienten von 1,18 und einem EG von 57,7 und einer Leitfähigkeit von 116  $\mu$ S gefunden.

(162) *Navicula menisculus* SCHUMANN

Im Süßwasser und leicht salzigen Wasser verbreitet, jedoch meist vereinzelt vorkommend (HUSTEDT 1930). BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohalobe Art und Ubiquist im alkalischen Bereich des Süßwassers. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um oder größer als 8,0.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur in schwach belasteten Gewässern bei einem EG von 5,0 - 9,0 gefunden. Mit größerer Häufigkeit trat die Art bei pH-Werten 7,7 - 7,8 auf. Dieses läßt den Schluß zu, daß eine maximale Entwicklung nur bei höheren pH-Werten möglich ist. Hohe N/P-Verhältnisse um 500:1 und niedrige N-Quotienten um 0,30 zeigen, daß die Art oligotrophe Gewässer zu bevorzugen scheint.

(163) *Navicula microcephala* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art in Mitteleuropa nur zerstreut vor. Er ist ferner der Ansicht, daß die Art nur eine Varietät von *N. minuscula* ist. CHOLNOKY (1962 c) vermutet eine optimale Entwicklung in neutralen bis schwach sauren Gewässern. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 8,0. Die Art ist schwer bestimmbar, deshalb sind Angaben über die Autökologie der Art kritisch zu betrachten.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art im Nachklärbecken von Kläranlagen epiphytisch auf *Tribonema* beobachtet. Die Bestimmung erfolgte nach der GRUNOW'schen Zeichnung und Beschreibung. Dominierend wurde die Art unter den nachstehenden

Milieubedingungen gefunden:

pH	7,4
Leitfähigkeit	385 $\mu$ S
O <sub>2</sub>	2,32 mg/l
BSB <sub>5</sub>	6,3 mg/l
N/P <sup>5</sup>	8:1
N-Quotient	1,18
EG	45,3%
Saprobienindex	2,67

(164) *Navicula minima* GRUNOW

Die Art kommt in Mitteleuropa allgemein verbreitet vor (HUSTEDT 1930). In den Gebirgsbächen des Sauerlandes ist sie keine seltene Art (BUDE 1942). BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als eurytope, litorale Form. LIEBMANN (1951) ordnet sie in die Güteklasse II ein. CHOLNOKY (1962 a) vertritt - wie auch schon HUSTEDT (1927) - die Meinung, daß die var. *atomoides* (GRUNOW) CLEVE nicht abzugrenzen ist. Die Art kann bei oberflächlicher Betrachtung mit *N. seminulum* verwechselt werden. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 8,0.

Eigene Untersuchungsergebnisse

Im Untersuchungsgebiet ist die Art eine weitverbreitete und sehr häufige Form.

pH-Wert:

Eine optimale Entwicklung erfolgt zwischen pH 6,8 und 7,6 mit einem Schwerpunkt zwischen 7,2 und 7,6. Offensichtlich werden Schwankungen zum sauren Bereich hin besser ertragen als zum alkalischen. Der Mittelwert beträgt 7,2, was mit den Angaben von CHOLNOKY (1968) nicht übereinstimmt.

N/P-Verhältnis:

Die Art bevorzugt eutrophe Gewässerabschnitte. Die optimale Entwicklung liegt zwischen 0 und 100:1. Die rechnerische Auswertung der überaus zahlreichen Untersuchungsergebnisse ergab einen Mittelwert von 396:1.

N- Quotient:

Optimal entwickelt sich die Art bei geringen organischen N-Gehalten, also bei geringer Abwasserbelastung. Aber auch zwischen 0,3 und 0,5 kann sie noch recht häufig sein, so daß der Entwicklungsbereich von 0,1 - 0,5 angenommen werden kann; Mittelwert 0,30.

EG:

Die Art kommt in Assoziationen vor, wo die Trophiezeiger zwischen 5 und 50% ausmachen. Die stärkste Verbreitung findet man zwischen 5 und 20%; Mittelwert 18%.

Saprobienindex und Güteklasse:

Die Art wurde mit der größten Häufigkeit zwischen 2,0 und 2,5 gefunden. Damit gehört die Art zur Güteklasse II - II/III. Dieses Ergebnis findet eine Bestätigung im N-Quotienten, EG und im N/P-Verhältnis. Das rechnerische Mittel beträgt 2,47.

(165) *Navicula minuscula* GRUNOW

Die Art kommt im Süßwasser und an überrieselten Felsen verbreitet vor (HUSTEDT 1930). Es ist eine Verwechslung mit *N. krasskei* und *N. fluens* möglich. Nach CHOLNOKY (1960) in neutralen, katharoben, sauerstoffreichen Gewässern verbreitet; oft mit hoher Individuenzahl. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein Optimum unter pH 7,0.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art nicht selten und wurde häufig als codominierende Art zu *Nitzschia palea* gefunden. Dieses zeigt, daß die Art belastete Gewässer bevorzugt besiedelt. Die pH-Werte schwanken zwischen 6,9 und 7,2. Die größten Häufigkeiten wurden bei einem N/P-Verhältnis von 40:1 - 137:1 gefunden (eutrophe Gewässer). EG zwischen 32 und 71. Da die Art sehr klein und schwach verkieselt ist, kann sie leicht übersehen oder verwechselt werden.

(166) *Navicula molesta* KRASSKE

ARCHIBALD (1966 a und b) berichtet über Vorkommen im tropischen Afrika. Bisher waren nur Fundorte im arktischen Süßwasser auf Spitzbergen bekannt. ARCHIBALD gibt ein pH-Optimum von kleiner als 7,0 an.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur einmal in einem Quellbach mit geringer Häufigkeit gefunden.

(167) *Navicula muralis* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art überall verbreitet und nicht selten. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,4. Die obligat N-heterotrophe Art wird auch in sauerstoffarmen Gewässern gefunden. Eine größere Häufigkeit in der Assoziation zeigt den Beginn der Selbstreinigung (N-Zehrung) an.

Eigene Untersuchungsergebnisse

pH-Wert:

Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt zwischen pH 7,4 und 7,8. Die Art verträgt pH-Schwankungen zu schwach saurem wie zum alkalischen Bereich. Mittelwert 7,6.

N/P-Verhältnis:

Der Verbreitungsschwerpunkt liegt eindeutig im eutrophen bis stark eutrophen Bereich. Mittelwert N:P = 45:1.

N-Quotient:

Die größten Häufigkeiten liegen zwischen 0,3 und 1,0 mit einem Schwerpunkt bei 0,5; Mittelwert 0,84.

EG:

Die größte Verbreitung wurde im Bereich 30 - 70% N-heterotropher Diatomeen festgestellt.

Saprobienindex und Güteklasse:

Hier zeigt sich ein verhältnismäßig breites Spektrum von 2,00 - 3,00. Dieses ist verständlich, da die Art vom Beginn bis zum Ende der Selbstreinigung eine Verbreitungsmöglich-

keit hat. Trotz des Mittelwertes von 2,50 wird die Art der Güteklasse III zugeteilt.

(168) *Navicula mutica* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) im schwach salzigen Wasser von Teichen, Seen und Flüssen überall verbreitet. CHOLNOKY (1960, 1962 a) beobachtete die Art verbreitet aber nicht häufig in neutralen bis schwach alkalischen Gewässern. Nach CHOLNOKY (1968) ist sie eine Süßwasserart sauerstoffreicher alkalischer Gewässer mit einem pH-Optimum von 8,0 - 8,5. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als Ubiquist alkalischer süßer und salzhaltiger Gewässer. Das Maximum der Entwicklung liegt in Luftbiotopen. Nach BEGER (1927) handelt es sich um eine atmophytische Diatomee xerotischer Moose. Gegen erhöhten Salzgehalt soll sie unempfindlich sein. Auch BOCK (1973) beschreibt sie als Art xerotischer Standorte, die an pluviatilen Standorten noch existieren kann. ROUND (1968) bezeichnet die Art als epiphytische Alge der Moose trockener Standorte. BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,89 mit einer Streuung von  $\pm 0,56$  und ordnet sie der Güteklasse III zu.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur sehr selten und mit geringer Häufigkeit an pluviatilen Standorten festgestellt. Es handelt sich wahrscheinlich um eingeschleppte Individuen von xerotischen Standorten.

(168a) *Navicula mutica* var. *binodis* HUSTEDT

BOCK (1963) gibt für Trockenstandorte folgende Maße an: Länge 24  $\mu\text{m}$ , Breite 8  $\mu\text{m}$ , Streifen = 18 in 10  $\mu\text{m}$ . In der Agger unterhalb der Aggertalsperre wurden folgende Maße festgestellt: Länge 35  $\mu\text{m}$ , Breite 14,5  $\mu\text{m}$ , Streifen = 14 in 10  $\mu\text{m}$ . Zentralarea reicht bis zum Schalenrand; die kopfige Abschnürung ist 4,5  $\mu\text{m}$  lang. In der Mitte ist die Schale nur noch 9  $\mu\text{m}$  breit. Die Agger hat an dieser Stelle einen Saprobienindex von 1,79 (Güteklasse I - II).

(169) *Navicula pelliculosa* (BREB.) HILSE

Die Art kommt in stehenden Gewässern und Sümpfen meist in schleimigen Häuten an der Oberfläche vor (HUSTEDT 1930). HILSE (zit. bei CHOLNOKY 1968) ermittelte ein pH-Optimum von um oder über 8,0. Die Art soll oft verwechselt oder übersehen worden sein; in tropischen Gewässern soll sie nicht gedeihen (CHOLNOKY 1968).

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art sehr häufig und fast ausschließlich in fließenden Gewässern gefunden. Häufig war sie dominierend oder codominierend.

Eigene Untersuchungsergebnisse

pH-Wert:

Die Art hat ein sehr breites pH-Spektrum von 7,0 - 8,6. Die größte Häufigkeit aller Vorkommen liegt jedoch zwischen 7,0 und 7,2; Mittelwert 7,4. Dominierend kam die Art an verschiedenen Fundorten zwischen pH 7,0 und 7,5 vor.

N/P-Verhältnis:

Hier liegt eindeutig das Optimum der Entwicklung zwischen 0 - 100:1, woraus zu erkennen ist, daß die Art eutrophe Gewässer bevorzugt besiedelt. Der Mittelwert beträgt 119:1.

N-Quotient:

Der  $N_Q$ -Wert weist einen optimalen Bereich von 0,1 - 0,5 auf. Dieses bestätigt die Bemerkungen beim N/P-Verhältnis, daß eutrophe Gewässerabschnitte bevorzugt besiedelt, stärkere Abwassereinflüsse aber gemieden werden; Mittelwert 0,36.

EG:

Der Eutrophierungsgrad zeigt ein breites Spektrum von 5-50%. Hierdurch und durch den Mittelwert von 23% werden die obigen Angaben bestätigt.

Saprobienindex und Güteklasse:

Die größten Häufigkeiten wurden im Bereich 2,0 - 2,5 beobachtet. Der Mittelwert beträgt 2,40, was der Güteklasse II/III entspricht.

(170) *Navicula perpusilla* GRUNOW

Im Gebirge verbreitet und häufig, auch an überrieselten Felsen vorkommend (HUSTEDT 1930). Nach CHOLNOKY (1968) handelt es sich um eine Art sauerstoffreicher Gewässer mit einem pH-Optimum von 5,5 - 6,0.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur einmal in einem kleinen Waldtümpel mit geringer Häufigkeit gefunden.

(171) *Navicula placentula* (EHRB.) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) soll die Art überall verbreitet und nicht selten vorkommen. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von um oder über 8,0.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur vereinzelt festgestellt. Die pH-Werte an den Fundstellen liegen zwischen 6,8 und 7,8, der Saprobienindex zwischen 2,16 und 2,3 und der EG zwischen 14,3 und 15,0.

(172) *Navicula pseudoarvensis* HUSTEDT

Über diese Art findet man kaum Angaben in der Literatur. CARTER (1970) fand die Art in Andorra.

Im Untersuchungsgebiet nur einmal in den Monaten April - Mai epiphytisch im Vorbecken Listringhausen der Genkeltalsperre mit relativ großer Häufigkeit gefunden.

(173) *Navicula pseudoscutiformis* HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) kommt sie zerstreut im Schlamm holsteiner Seen und im Fichtelgebirge vor. Sehr verbreitet in Nordeuropa. Im Untersuchungsgebiet wurde sie mit geringer Häufigkeit in einem Mühlengraben bei einem Saprobienindex von 2,24 gefunden.

(174) *Navicula pupula* KÜTZ.

Sie soll sehr verbreitet und meist häufig vorkommen (HUSTEDT 1930). BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als indifferente oligohalobe Form, die nach dem Vorkommen beinahe als Ubiquist bezeichnet werden kann. ROUND (1968) fand sie in Quellen, Teichen, Seen und im Flußsediment. BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,00 mit einer Streuung von  $\pm 0,37$ . Er ordnet die Art in die betamesosaprobe Zone ein. STREBLE & KRAUTER (1973) vertreten die Ansicht, daß die Art in allen Gewässern sehr häufig vorkommt. CHOLNOKY (1962 c) berichtet, daß die Art in schwach alkalischen stickstoffarmen Gewässern vorkommt.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art zwar verbreitet, jedoch nie häufig vor. Sie wurde bei pH-Werten von 7,0 - 7,8, einem Saprobienindex von 1,73 - 2,25 (Güteklasse II) und einem EG von 14 - 63, vereinzelt auch bei EG 3,4 - 10 gefunden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß *N.pupula* eine Art ist, die eutrophe Gewässer bevorzugt besiedelt.

(175) *Navicula radiosa* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) ist sie eine der gemeinsten Diatomeen. STREBLE & KRAUTER (1973) vertreten die Ansicht, daß *N.radiosa* eine der häufigsten *Navicula*-Arten in allen Gewässern ist. Nach SCHLÜTER (1961 b) verbreitet mit geringer Häufigkeit im Strausberger Naturschutzgebiet bei pH 7,3 - 7,7 in Gräben und Fließen. CHOLNOKY (1960) fand die Art verbreitet aber vereinzelt in neutralen Gewässern des Gebietes von Natal. Ebenso wenig häufig wurde die Art in Ost-Transvaal in oligotrophen Gewässern mit geringen pH-Schwankungen gefunden (CHOLNOKY 1962 c). *N. radiosa* var. *tenella* (BREB.) GRUNOW wird als eigene Art unter *Navicula tenella* geführt. BOURRELLY & MANGUIN bezeichnen *N. radiosa* als litoralen, indifferenten, oligohaloben Ubiquisten. KOLKWITZ (1950) teilte die Art der Güteklasse II zu.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet, jedoch meist nur mit geringer Häufigkeit vor. Die Ansicht von HUSTEDT (1930) oder STREBLE & KRAUTER (1973) kann für das hiesige Gebiet nicht bestätigt werden. Häufiger wurde die Art bei folgenden Milieubedingungen gefunden:

pH	7,0 - 7,8
N/P	300:1 - 500:1
N-Quotient	0,10 - 0,30
EG	5 - 10
Saprobienindex	2,24

(176) *Navicula rhynchocephala* KÜTZ.

HUSTEDT (1930) vertritt die Auffassung, daß die Art eine der gemeinsten Diatomeen des Süßwassers und des leicht brackigen Wassers ist. STREBLE & KRAUTER (1973) fanden sie überaus häufig im Schlamm. LIEBMANN (1951) stellte fest, daß die Art zu allen Jahreszeiten (Herbstmaximum) im süßen und leicht brackigen Wasser vorkommt und daß sie gegenüber chemischen Veränderungen unempfindlich ist. Sie soll besser im alkalischen als im sauren Bereich gedeihen. LIEBMANN (1951) ordnet sie ebenso wie KOLKWITZ (1950) der Güteklasse II zu. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt bis häufig im Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,7; 37% O<sub>2</sub>-Zehrung; 0,36 mg/l PO<sub>4</sub>; 1,44 mg/l NH<sub>4</sub>. OKOLOTOWICZ (1971) ordnet sie der betamesosaprobe Zone zu. BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,32 bei einer Streuung von ±0,47. Er bezeichnet sie als beta- bis alphamesosaprob. BUDE (1942) fand die Art in der betamesosaprobe Zone der Gebirgsbäche des Sauerlandes, der Ruhr, der Lippe, der Eder und in den Moorstellen des NSG Heiliges Meer. FRIEDRICH (1973) berichtet über vereinzelte Funde in der Erft und stellt fest, daß der polysaprobe Bereich gemieden wird. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" (1970) nehmen in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Verteilung auf die Güteklassen vor:

x o b a p I  
- - 3 7 - 4

BOURRELLY & MANGUIN (1952) vertreten die Ansicht, daß die Art ein Ubiquist ist, der im Litoral von süßen und leicht salzigen Gewässern vorkommt. CHOLNOKY (1960) fand die Art in Natal besonders in neutralen Gewässern ziemlich verbreitet. CHOLNOKY (1962 c) stellt fest, daß die ökologischen Ansprüche von *N. rhynchocephala* mit denen von *N. radiosa* weitgehend übereinstimmen. Nach CHOLNOKY (1962 a) in der Kap-Provinz in neutralen bis schwach alkalischen Gewässern des Gebietes allgemein verbreitet. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,3 - 7,6.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art verbreitet, jedoch meist nur mit geringer Häufigkeit vor. Folgendes Milieuspektrum kann vorläufig für die Entwicklung der Art als optimal angesehen werden:

pH	7,2
N/P	321:1
N-Quotient	0,35
EG	16
Saprobienindex	1,98 (1,73 - 2,50)
Güteklasse	II

(177) *Navicula rostellata* KÜTZ.

Im Gebiet kommt sie zerstreut vor. Wahrscheinlich wurde sie oft mit anderen Arten verwechselt oder übersehen (HUSTEDT 1930). In der Kap-Provinz (Südafrika) ist sie in schwach bis mäßig alkalischen Gewässern eine der gemeinsten Diatomeen (CHOLNOKY 1962 a). Auch in Natal und Ost-Transvaal (CHOLNOKY 1960, 1962 c) eine sehr verbreitete Diatomee der schwach alkalischen, stickstoffärmeren Gewässer. Nach CHOLNOKY (1970, 1968) handelt es sich um eine Süßwasserart mit einem pH-Optimum von 7,8 - 8,0; sie ist zumindest fakultativ C-heterotroph. Sie kann mäßigen O<sub>2</sub>-Mangel ertragen und ist wahrscheinlich eine Art eutropher Gewässer.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art selten gefunden; nie in belasteten Gewässern. Hier sind noch eingehende Untersuchungen erforderlich, zumal sie als Übergangsform zwischen *N. rhynchocephala* und *N. viridula* steht (HUSTEDT 1930) und außerdem mit *N. gothlandica* verwechselt werden kann (CHOLNOKY 1970).

(178) *Navicula rotaeana* (RABH.) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art in Gebirgsgewässern, Bächen und Quellen verbreitet und häufig vor. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von um oder etwas unter 6 an. Verwechslungen mit *N. subcoccus* CHOLNOKY 1960 und *N. subpatrikae* ARCHIBALD 1966 sind möglich. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt in den Gewässern des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,7 - 7,6. BUDE (1942) fand sie in den Gebirgsbächen des Sauerlandes und in den Mooren des Sauer- und Münsterlandes.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art relativ häufig. Vorläufiges Milieuspektrum:

pH	7,4
N/P	548:1
N-Quotient	0,22
EG	12,7
Saprobienindex	2,13
Güteklasse	II

Das pH-Optimum widerspricht dem von CHOLNOKY (1968) angegebenen. Die Art scheint mesotrophe Gewässer bevorzugt zu besiedeln.

(179) *Navicula schönfeldii* HUSTEDT

Die Art soll in holsteinischen Seen häufig vorkommen. Trotz allgemeiner Verbreitung wurde sie bisher oft übersehen (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 7,8.

Im Untersuchungsgebiet ist sie eine seltene Art. Sie wurde häufig in einem eutrophen Mühlengraben bei pH 7,8 - 8,0 und einem Saprobienindex von 2,15 - 2,24 gefunden.

(180) *Navicula seminulum* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art in Gewässern aller Art vor, auch in schwach salzigem Wasser. Sie ist eine charakteristische Art eines Milieus mit starken Schwankungen der Konzentration organischer N-Verbindungen; fakultativ N-heterotroph (CHOLNOKY 1968).

Im Untersuchungsgebiet ist die Art nicht häufig. Mit großer Häufigkeit wurde sie stets in eutrophen Gewässern beobachtet.

(181) *Navicula similis* KRASSKE

HUSTEDT (1930) nennt nur eine Fundstelle, woraus man den Schluß ziehen kann, daß die Art selten ist.

Im Untersuchungsgebiet zerstreut und vereinzelt, teils in eutrophen und teils in oligotrophen Gewässerabschnitten.

(182) *Navicula söhrensensis* KRASSKE

Die Art wurde in Waldgräben und Tümpeln des hessischen Berglandes, der Alpen sowie an nassen Felsen gefunden (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) hält die Art für sauerstoffbedürftig und vertritt die Ansicht, daß sie ein pH-Optimum von unter 6 hat.

Im Untersuchungsgebiet nur vereinzelt in Quellbächen bei pH 7,0 - 7,6, einem N/P-Verhältnis von 400:1 - 500:1 und  $N_Q$  0,20. Nach den vorliegenden Ergebnissen wird die Art wahrscheinlich oligotrophe Gewässer bevorzugen.

(183) *Navicula tenella* (BREB.) GRUNOW

Verbreitet in Gewässern mit neutraler Reaktion, Schwankungen zum sauren Bereich hin werden ertragen, oligotrophe Gewässer werden bevorzugt besiedelt (CHOLNOKY 1962 c). CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 6,7 - 6,8 und vertritt die Ansicht, daß die Art ein hohes  $O_2$ -Bedürfnis hat.

Im Untersuchungsgebiet häufiger auf künstlichen Aufwuchsträgern

in der Genkeltalsperre gefunden. Die pH-Werte lagen zwischen 7,0 und 7,4. Genauere Untersuchungen sind erforderlich.

(184) *Navicula tridentula* KRASSKE

Eine Art der Gräben und Teiche ; vor allem in moorigen Gewässern (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1962 c) fand die Art in sauren, oligotrophen Gewässern.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art vereinzelt und mit geringer Häufigkeit in den Quellbächen des Bergischen Landes bei pH 7,2 - 7,5 gefunden.

(185) *Navicula tuscula* (EHRB.) GRUNOW

Im Schlamm von Seen verbreitet und nicht selten (HUSTEDT 1930). Das pH-Optimum soll um oder etwas unter 8,0 liegen (CHOLNOKY 1968).

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art epilithisch am Überlauf eines eutrophen Fischteiches bei pH 7,2 und EG 16,4 gefunden.

(186) *Navicula ventralis* KRASSKE

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art zerstreut in Sümpfen und Teichen des Berglandes sowie der Alpen vor. Optimum in sauren Gewässern (CHOLNOKY 1968).

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art in einem Quellbach (pH 7,6; N/P-Verhältnis 367:1;  $N_Q$  0,15; EG 2,5) in einer *Achnanthes minutissima*-Assoziation gefunden.

(187) *Navicula verecunda* HUSTEDT

Die Art soll in holsteinischen Seen zerstreut vorkommen (HUSTEDT 1930). In Afrika kommt die Art offensichtlich nicht vor, da sie von CHOLNOKY (1968 u.a.) nicht erwähnt wird.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art einmal, aber häufig bei pH 7,0 und einem Saprobienindex von 2,35 gefunden.

(188) *Navicula viridula* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) im süßen und in leicht brackigem Wasser allgemein verbreitet und häufig. BUDDÉ (1942) zählt sie zur epipelischen Flora lotischer Gewässerabschnitte. ROUND (1968) stellt die Art zur epilithischen Flora. CHOLNOKY (1962 a) berichtet, daß die Art in Afrika äußerst selten ist. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 7,5 an und vertritt die Ansicht, daß die Art in Brackwässern nur verschleppt vorkommen kann. SCHLÜTER (1961 b) fand *N. viridula* mit geringer Häufigkeit im verschmutzten Beckerfließ des Strausberger Naturschutzgebietes bei pH 7,7. KOLKWITZ (1950) ordnet die Art in die oligosaprobe Zone ein, während LIEBMANN sie der Güteklasse III zuteilt. OKOLOTOWICZ (1971) ordnet *N. viridula* der Güteklasse III-II zu. Nach den "Ausgewählten Methoden" der DDR gehört die Art zur alpha-mesosaprobe Zone. BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,73 mit einer Streuung von 0,33. Damit gehört die Art zur oligosaprobe-beta-mesosaprobe Zone. FRIEDRICH (1973) stellt ein ausgeprägtes Frühjahrsmaximum fest sowie ein Entwicklungsmaximum in dem wenig verschmutzten Oberlauf der Erft; auch in den betamesaprobe Abschnitten des Unterlaufes der Erft kam sie zeitweise recht häufig vor.

Die Beobachtungen von FRIEDRICH (1973) können für das hiesige Gebiet voll bestätigt werden. Nachstehend wird auszugsweise eine typische Assoziation aus hiesigen Quellgewässern im Frühjahr wiedergegeben (Floßbach).

<i>Navicula viridula</i>	57,9%
<i>Meridion circulare</i>	11,7%
<i>Achnanthes minutissima</i>	4,5%
<i>Fragilaria intermedia</i>	3,4%
<i>Navicula cryptocephala</i>	3,3%
<i>Nitzschia palea</i>	4,4%
<i>Nitzschia dissipata</i>	3,7%
<i>Caloneis bacillum</i>	2,3%

und 14 weitere Arten

Eutrophierungsgrad 5,2%

### Weitere eigene Untersuchungsergebnisse

#### pH-Wert:

Der Verbreitungsschwerpunkt liegt zwischen pH 7,4 - 7,8, Schwankungen zum sauren Bereich hin werden besser ertragen als zum stark alkalischen. Über pH 7,8 gibt es kaum nennenswerte Vorkommen. Der rechnerische Mittelwert unter Berücksichtigung der Häufigkeit beträgt pH 7,8.

#### N/P-Verhältnis:

Das Spektrum ist relativ breit. Offensichtlich hat das N/P-Verhältnis keinen großen Einfluß auf die Entwicklung. Jedoch läßt sich ein leichtes Maximum zwischen 500 : 1 und 1000 : 1 erkennen. Mittelwert 674 : 1.

#### N-Quotient:

Eindeutiges Maximum zwischen 0,1 und 0,3. Daraus geht eindeutig hervor, daß stärker verschmutzte Gewässerabschnitte gemieden werden. Mittelwert 0,25.

#### EG:

Der Eutrophierungsgrad bestätigt praktisch die Aussage des N-Quotienten. Es werden überwiegend Gewässerabschnitte mit mäßiger Belastung besiedelt. Mittelwert 8,0 %.

#### Saprobienindex und Güteklasse:

Der Saprobienindex zeigt einen Verbreitungsschwerpunkt von 1,8 - 2,5 mit einem Maximum zwischen 2,0 und 2,3. Der Mittelwert wurde zu 2,09 errechnet (Güteklasse II).

#### (189) *Navicula vitabunda* HUSTEDT

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Schlamm Holsteiner Seen vor. CHOLNOKY (1961) vertritt die Ansicht, daß die Art wegen ihrer Kleinheit oft übersehen wird. Sie soll ein pH-Optimum von um oder etwas unter 7,0 haben.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art nur selten vor, so daß zur Klärung der Ökologie nicht viel beigetragen werden kann. Sie wurde nur einmal im Frühjahr in einem Quellgewässer mit 1,7 % gefunden.

pH	7,5
EG	11,2
N/P	528 : 1
N-Quotient	0,23

(190) *Navicula vulpina* KÜTZ.

Nach HUSTEDT (1930) im Litoral stehender Gewässer verbreitet und nicht selten. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 8,0 oder darüber an. In Brackwässern soll die Art keine Existenzmöglichkeiten haben.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art sehr selten. Sie wurde nur einmal mit geringer Häufigkeit in einem Fließgewässer bei pH 8,0 und einem Saprobienindex von 2,00 gefunden.

(191) *Neidium affine* (EHRB.) CLEVE

In Gewässern aller Art verbreitet (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1962 a; 1962 c) vertritt den Standpunkt, daß die Varietäten gestrichen werden sollen. Mit größerer Individuenzahl ist die Art nur in neutralen bis schwach sauren Gewässern vertreten. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 6,0.

Nach eigenen Feststellungen stellen die Varietäten keine anderen ökologischen Ansprüche als die typische Art. Wie HUSTEDT (1930) richtig feststellte, kommen die Varietäten meist gemischt unter der typischen Art vor. Im Untersuchungsgebiet ist die Art zwar verbreitet, jedoch nur mit geringer Häufigkeit. Die Ursache für die geringe Verbreitung dürften die meist zu hohen pH-Werte sein, denn die Häufigkeit steigt mit abnehmendem pH-Wert. Trotz der geringen Aussagekraft soll ein Spektrum zur Übersicht über das Vorkommen im hiesigen Gebiet gegeben werden:

pH	7,1 - 8,3
N/P	um 600 : 1
N-Quotient	um 0,14
EG	3,8 - 21,2
Saprobienindex	1,89 - 2,48

(192) *Neidium bisulcatum* (LAGERSTEDT) CLEVE.

Im Gebirge verbreitet und nicht selten (HUSTEDT 1930); Bäche und Tümpel sollen bevorzugt besiedelt werden. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 5-6.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art nur sehr selten vor. Häufiger wurde sie in Quelltümpeln im Hochgebirge der Schweiz und im bayerisch-böhmischen Grenzgebirge bei pH-Werten von 5,0 - 5,8 gefunden. Als dominierende oder codominierende Arten wurden *Eunotia exigua*, *E. pectinalis*, *E. veneris* und *Tabellaria flocculosa* beobachtet. Der EG betrug stets Null. Es handelt sich also um eine Art saurer, unbelasteter Gewässer.

(193) *Neidium dubium* CLEVE.

Die Art soll im ganzen Gebiet verbreitet sein und meist vereinzelt unter anderen Formen auftreten (HUSTEDT 1930). ROUND (1968) vertritt die Ansicht, daß *N. dubium* in Quellen, Teichen, Seen und im Flußsediment vorkommt. BOURRELLY&MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalob, litorale Form. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 6,0.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art sehr selten. Sie wurde nur einmal, und dort sicherlich aus anderen Biotopen eingeschleppt, bei pH 7,9 und einem EG von 27,7 % gefunden.

(194) *Neidium iridis* (EHRB.) CLEVE

Im ganzen Gebiet verbreitet und häufig (HUSTEDT 1930). Nach FOTT (1971) bevorzugt die Art oligosaprobe Gewässer. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 6,0. Ferner vertritt er die Ansicht, daß die Varietäten nur benannte Glieder eines Formenwechsels sind.

Im Untersuchungsgebiet ist nur ein vereinzelt Vorkommen zu beobachten. Alle Fundorte lagen in oligosaprobien Gewässerabschnitten. Etwas häufiger wurde die Art im Sphagnum des Arbersees gefunden. Der pH-Wert des freien Wassers betrug dort 5,0.

(195) *Neidium kozlowi* MERESCHKOWSKY

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Litoral größerer Seen vor. CHOLNOKY (1968) hält sie für eine Brackwasserdiatomee.

Im Untersuchungsgebiet wird sie vereinzelt angetroffen. Häufiger bei pH 6,9, einem N/P-Verhältnis von 63 : 1 und einem  $N_Q$ -Wert von 0,13 sowie einem EG von 10,5.

(196) *Neidium productum* (W.SMITH) CLEVE

Im ganzen Gebiet verbreitet und nicht selten (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von etwas unter 6,0. Nach FOTT (1971) gedeiht die Art besonders in oligosaprobien Gewässern.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nicht beobachtet. Mit etwas größerer Häufigkeit wurde sie im Abfluß des kleinen Arbersees bei pH-5,8 gefunden.

(197) *Nitzschia acicularis* W.SMITH

Die Art ist im Plankton in Gewässern aller Art verbreitet und häufig (HUSTEDT 1930). BUDE (1942) fand sie häufig an der Ruhr, Lippe und Eder und zwar in betamesosaprobien Gewässerabschnitten. Nach HUBER-PESTALOZZI (1942) kommt sie ebenfalls verbreitet und häufig in Gewässern aller Art vor, jedoch handelt es sich um eine euplanktische Form. Sie soll vom Litoral ins Pelagial verfrachtet werden. KOLKWITZ (1950) teilte sie ebenso wie LIEBMANN

(1951) der Güteklasse II zu. LIEBMANN (1951) bezeichnet die Art auch als Planktonform stehender Gewässer. KLAPPER (1960) beobachtete Massenentwicklungen in den relativ rasch durchflossenen Vorbecken der Saidenbach- und der Waidasperre. HOFFMANN (1968) stellte eine hohe Vermehrungsrate bei *N. acicularis* fest. HEYNIG (1968) fand die Art in einer Salzquelle bei einem Chloridgehalt um 3000 mg/l. ROUND (1968) bezeichnet die Art als autochthone, euplanktische Form, die gleichzeitig aktiver Sedimentbewohner sein soll. In Natal soll *N. acicularis* verbreitet, oft in hoher Individuenzahl besonders in kleineren langsam fließenden, schwach alkalischen und schwach eutrophen Gewässern vorkommen (CHOLNOKY 1960). CHOLNOKY (1961) bezeichnet sie als N-heterotrophe Planktonform stehender und langsam fließender größerer Flüsse. CHOLNOKY (1968) bezeichnet die Art als echte Planktondiatomee mit einem pH-Optimum von 8,3 - 8,5. Für die Ansichten von HUBER-PESTALOZZI (1942) hat der Autor kein Verständnis. Sie soll eine Art stark eutropher Gewässer sein, die Aminosäuren desaminiert. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" der DDR geben in Anlehnung an ZELINKA&MARVAN folgende Verteilung im Saprobienspektrum:

x o b a p I

- - 3 7 - 4

BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,11 mit einer Streuung von 0,47 und teilte die Art der betamesosaprobe Zone zu. STREBLE&KRAUTER (1973) bezeichnen die Art als Planktonform gering verschmutzter Gewässer der Güteklasse II. Im Frühjahr soll sie oft massenhaft an der Oberfläche stiller eutropher Teiche vorkommen. FOTT (1971) bezeichnet *N. acicularis* als Planktonart. FRIEDRICH (1973) nimmt zu der Frage Stellung, ob die Art eine Plankton- oder Aufwuchsdiatomee ist. Da sie auch im Oberlauf der Erft häufig gefunden wird, kommt der Autor zu dem Schluß, daß *N. acicularis* zur Aufwuchsbiozönose gehört.

Wie aus der Literaturobwertung hervorgeht, besteht in keiner Weise Einigkeit darüber, ob *N. acicularis* eine euplanktische Form ist oder zum Aufwuchs gehört.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art sowohl im Besatz als auch im Plankton gefunden. Zunächst das Beispiel einer Assoziation (Auszug) aus dem lenitischen Bereich eines kleinen Quellgewässers im Bergischen Land:

Nitzschia acicularis	26,0 %
Achnanthes minutissima	11,9 %
Navicula viridula	10,7 %
Diatoma hiemale var. mesodon	6,8 %
Nitzschia linearis	5,3 %
Cymbella ventricosa	4,6 %
Meridion circulare	4,0 %

Dazu gehören folgende Milieufaktoren:

pH = 7,9	mg/l	NH <sub>4</sub>	= 0,05	mg/l	
O <sub>2</sub>	= 11,2	mg/l	NO <sub>3</sub>	= 8,9	mg/l
BSB <sub>5</sub>	= 0,93	mg/l	EG	= 30,6	

Ein anderes Beispiel aus einem Mühlengraben in der Nähe des Rheines (Aufwuchs):

Nitzschia acicularis	17,5 %
N. palea	13,8 %
Cymbella ventricosa	8,7 %
Navicula minima	8,7 %
Achnanthes lanceolata	6,8 %
Nitzschia kützingiana	6,3 %
Surirella ovata	4,2 %
Nitzschia paleacea	3,7 %

Milieufaktoren:

pH = 7,0	NO <sub>3</sub>	= 7,5	mg/l
O <sub>2</sub> = 4,7	N:P	= 25 : 1	mg/l
BSB <sub>5</sub> = 9,7	EG	= 48,5	%
PO <sub>4</sub> = 0,8	Saprobienindex	= 2,17	mg/l
NH <sub>4</sub> = 1,5	Güteklasse	= II	mg/l
NO <sub>2</sub> = 0,53			mg/l

Darüberhinaus wurde *N. acicularis* in vielen Quellbächen des Bergischen und Oberbergischen Landes vereinzelt wie sehr häufig gefunden. Auffallend ist, daß sie in stark eutrophen Fischteichen trotz optimalem pH-Wert sowohl im Plankton als auch im Aufwuchs nur mit geringer Häufigkeit in Erscheinung tritt. Eine andere Beobachtung zeigt, daß sich die Art im Mittellauf größerer Gebirgsflüsse als Potamoplankton entwickeln kann. Die erste Probeentnahme liegt in der Agger oberhalb Vilkerath. Hier

wurden im Plankton 4710 *N. acicularis*-Zellen/ ml gezählt. Etwa 5 km weiter, nach der Einleitung ungereinigter Abwässer, stieg die Zellenzahl auf 143 000/ml. In beiden Fällen betrug der Saprobienindex 2,20.

In der oligo- bis mesotrophen Genkeltalsperre wird die Art nur vereinzelt und nicht stetig festgestellt, während sie in der eutrophen Aggertalsperre mit großer Stetigkeit und hoher Individuenzahl (bis 60 000 Zellen/ml) gefunden wird. Der mittlere Saprobienindex beträgt 2,20, was der Güteklasse II entspricht.

(198) *Nitzschia acuta* HANTZSCH

Nach HUSTEDT (1930) verbreitet, jedoch wenig zahlreich. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 8,0. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe, indifferente Art des ruhigen und fließenden Wassers.

Im Untersuchungsgebiet ist sie eine seltene Art, die meist nur vereinzelt vorkommt. Größere Häufigkeiten finden sich nur in sauberen Quellbächen bei: pH um 7,4; EG zwischen 2,8 und 5,6; N/P-Verhältnis 527 : 1 - 2460 : 1; N-Quotient 0,14 - 0,31; Saprobienindex 1,73 - 2,28.

(199) *Nitzschia amphibia* GRUNOW

Verbreitet und häufig (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1970) ermittelte ein pH-Optimum von 8,5. Die Art ist N-heterotroph. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als oligohaloben, indifferenzen, eurytopen und eurythermen Ubiquisten. Die größte Entwicklung wurde von den Autoren in Teichen und Seen beobachtet. Sie soll aber auch in ruhig fließendem Wasser sowie auf überrieselten Felsen und als Epiphyt auf submersen Pflanzen vorkommen. BUDE (1942) bezeichnet sie als indifferente euryhaline Art der Ruhr, Eder, Salinen und Moore. Für HUBER-PESTALOZZI (1942) handelt es sich um eine kosmopolitische Form, die auch aus dem Plankton von Aequatorial-Afrika gemeldet wurde. BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 3,00 mit einer Streuung von 0,43. Damit gehört die Art zur Güteklasse III.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art überwiegend in stark eutrophierten Fischteichen gefunden.

#### pH-Wert:

Das Optimum der Entwicklung liegt zwischen 7,0 und 7,4. Schwankungen zum alkalischen Bereich werden gut ertragen. Dieses steht im Widerspruch zu dem von CHOLNOKY (1968,1970) ermittelten pH-Optimum. Der rechnerische Mittelwert unter Berücksichtigung der Häufigkeit beträgt 7,3.

#### N/P-Verhältnis:

Von dem Verhältnis N : P ist die Art offensichtlich nicht sehr abhängig. Sie kann sich in einem breiten Spektrum von 100 : 1 - 700 : 1 gut entwickeln. Mittelwert 350 : 1.

#### N-Quotient:

Gewässer mit höherem organischem N-Gehalt werden bevorzugt besiedelt. Es wurde ein Mittelwert von 0,70 errechnet.

#### EG:

Der Schwerpunkt liegt zwischen 30 und 50 , womit angezeigt ist, daß eutrophierte Gewässer bevorzugt besiedelt werden. Mittelwert 40.

#### (200) *Nitzschia angustata* (W. SMITH) GRUNOW

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art überall verbreitet und häufig vorkommt. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe, indifferente Form von Süßwasser mit alkalischer Reaktion. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,5. Die Art ist keine Brackwasserdiatomee.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art sehr selten. Mit größerer Häufigkeit wurde sie lediglich im Klärteich eines Wasserwerks gefunden.

#### (201) *Nitzschia capitellata* HUSTEDT

Die Art kommt im süßen und im schwach salzigen Wasser zerstreut vor; vielleicht eine halophile Form (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY

(1960) berichtet, daß *N. capitellata* in Südafrika allgemein verbreitet ist, aber nicht halophil ist. CHOLNOKY (1962 c) bezeichnet sie als N-heterotrophe Art schwach alkalischer Gewässer. Nach BOURRELLY&MANGUIN (1952) eine indifferente litorale Form. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt im Strausberger Naturschutzgebiet in calciphilen Moosrasen auf Niedermoor bei pH 6,1 einer O<sub>2</sub>-Zehrung von 88 % und einem NH<sub>4</sub>-Gehalt von 1,4 mg/l. Nach CHOLNOKY (1968; 1970) ist *N. capitellata* obligat N-heterotroph. Eine Kultivierung ohne organische N-Verbindungen ist nicht möglich. Das pH-Optimum liegt zwischen 7,3 und 7,8.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art zerstreut vor. Häufiger wurde die Art im folgenden Milieu gefunden: pH 6,8 - 7,6, Saprobienindex 1,89 - 2,28, Güteklasse II, EG 12,9 - 50,8.

(202) *Nitzschia communis* RABH.

Im Süßwasser allgemein verbreitet und nicht selten (HUSTEDT 1930). BOURRELLY&MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe Form des ruhigen und fließenden Wassers. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,0 und bezeichnet sie als obligat N-heterotroph. KOLKWITZ (1950) ordnet die Art der Güteklasse II zu, während sie bei LIEBMANN (1951) nicht erwähnt wird.

Infolge der geringen Fundortzahl und der teilweise geringen Häufigkeit im Untersuchungsgebiet kann keine abschließende Beteiligung gegeben werden. Die folgenden Zahlen sind deshalb nur Übersichtswerte.

pH	7,2 - 8,2	Saprobienindex	2,29 - 2,49
N/P	29 : 1 - 495 : 1	Güteklasse	II/III
N-Quotient	0,33 - 1,00	EG	7,1 - 65,1

(203) *Nitzschia denticula* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art allgemein verbreitet und nicht selten vor, oft massenhaft auftretend. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,2 - 8,5. pH-Schwankungen soll sie nicht ertragen können. Sie liebt einen hohen O<sub>2</sub>-Gehalt und ist N-autotroph.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art äußerst selten. Im Bergischen

und Oberbergischen Land wurde sie nur zweimal und im Böhmerwald an einer Stelle mit geringer Häufigkeit gefunden.

(204) *Nitzschia dissipata* (KÜTZ.) GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art allgemein und häufig vor. CHOLNOKY (1960; 1962 a; 1962 c) fand die Art in Südafrika in neutralen bis schwach basischen Gewässern mit hohem Sauerstoffgehalt verbreitet und häufig. Es handelte sich meist um oligotrophe Fundorte. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von etwas unter 8,0. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art vereinzelt im Strausberger Naturschutzgebiet bei pH 7,6 - 7,7; 23,4 - 36,8 % O<sub>2</sub>-Zehrung; 0,39 - 1,44 mg/l NH<sub>4</sub>. FRIEDRICH (1973) fand die Art hauptsächlich im Oberlauf der Erft. Der Grund hierfür ist sicher der Sauerstoffreichtum, die geringe Belastung und der pH-Wert um 8,0. KOLKWITZ (1950) ordnete die Art der betamesosaprobien Zone zu, während LIEBMANN (1951) sie nicht erwähnt. BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,03 bei einer Streuung von 0,49; er teilt die Art ebenso wie OKOLOTOWICZ (1971) der Güteklasse II zu.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art häufig in lebhaft fließenden Quellbächen vor. Folgende Mittelwerte wurden unter Berücksichtigung der Häufigkeit errechnet:

pH	7,8
N-Quotient	0,26
EG	12
Saprobienindex	2,23
Güteklasse	II

*N. dissipata* ist eine Art, die schwach bis mäßig eutrophierte Gewässer bevorzugt besiedelt.

(205) *Nitzschia dubia* W. SMITH

Sie soll verbreitet und häufig im süßen und leicht salzigen Wasser vorkommen (HUSTEDT 1930). CHOLNOKY (1968) bezeichnet *N. dubia* als Brackwasserart. Sonst ist nichts über die Autökologie der Art bekannt.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal mit geringer Häufig-

keit in einem leicht mit industriellem Abwasser verschmutzten Mühlengraben bei einem Saprobienindex von 2,25 gefunden.

(206) *Nitzschia etoshensis* CHOLNOKY

Nach den Vorkommen in Afrika hat die Art ein pH-Optimum zwischen 7,4 und 8,6.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art regelmäßig auf künstlichen Aufwuchsträgern im biologisch gereinigten Ablauf einer überlasteten Kläranlage gefunden.

(207) *Nitzschia flexa* SCHUMANN

Es handelt sich um eine bisher nur selten beobachtete Art (HUSTEDT 1930). Auch aus Afrika und anderen Gebieten werden, soweit bekannt, keine Fundorte oder gar ökologische Beobachtungen gemeldet.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie im Quellgebiet des Marscheider Baches mit mäßiger Häufigkeit bei einem Saprobienindex von 1,89 - 1,97 gefunden.

(208) *Nitzschia fonticola* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) verbreitet und häufig, besonders in Brunnen, Bassins und Stellen mit diffusen Quellwasseraustritten. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als krenophile, oligohalobe Litoralform. Sie soll im Potamo- und Limnoplankton bei einem pH-Spektrum von 6,6 - 8,0 mit einem Optimum der Entwicklung im alkalischen Bereich vorkommen. HUBER-PESTALOZZI (1942) gibt als Fundort quellige Stellen an. CHOLNOKY (1966 a) vertritt die Ansicht, daß *N. fonticola* weder oligohalob noch eine Quellform ist. Sie ist eine N-heterotrophe Art gut gepufferter Gewässer mit einem pH-Wert um 8,0. Sie soll ein mäßiges O<sub>2</sub>-Bedürfnis haben. CHOLNOKY (1968) gibt ein pH-Optimum von 8,2 - 8,6 an. Die Art wird auch im Brackwasser gefunden. Sie ist obligat N-heterotroph. In Lösungen mit anorganischen N-Verbindungen kann die Art sich nicht vermehren.

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art zerstreut, meist in stärker

verschmutzten Gewässern, vor. Eine Assoziation ist bemerkenswert und soll deshalb auszugsweise wiedergegeben werden:

Nitzschia fonticola	48,7 %
N. hantzschiana	25,6 %
Stephanodiscus hantzschii	1,9 %
Melosira varians	1,7 %
Fragilaria capucina	2,2 %
Achnanthes minutissima	2,9 %
Nitzschia palea	1,2 %

Das Bemerkenswerte ist der niedrige pH-Wert von 6,8. Daß dieses kein augenblicklicher Zufallswert ist, beweist das codominante Vorkommen von *N. hantzschiana*, die nach CHOLNOKY (1968) ein pH-Optimum von weniger als 7,0 hat. An den übrigen Fundorten wurden pH-Werte von 6,5 - 7,8 gemessen. Das N/P-Verhältnis liegt etwa bei 300 : 1, während der N-Quotient zwischen 0,77 und 1,78 schwankt. Der EG lag zwischen 12,5 und 80,5 mit einem Schwerpunkt bei 50,0.

(209) *Nitzschia gracilis* HANTZSCH

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art allgemein verbreitet vorkommt. HUBER-PESTALOZZI (1942) berichtet über ein verbreitetes Vorkommen der Art im Nyassasee von der Oberfläche bis 70 m Tiefe. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe indifferente Litoralform mit einem pH-Spektrum von 4,5 - 7,7. Das Maximum der Entwicklung soll im neutralen bis schwach alkalischen Bereich liegen. Nach CHOLNOKY (1966 a, 1968) ist *N. gracilis* die einzige Nitzschia, deren pH-Optimum bei 5,5 - 6,0 liegt. Sie soll ein hohes Sauerstoffbedürfnis haben und N-heterotroph sein. Sie ist ein guter Zeigerorganismus für verschmutzte Gewässer mit niedrigem pH-Wert.

Sie kommt im Untersuchungsgebiet zerstreut und meist mit geringer Häufigkeit vor bei:

pH	7,0 - 7,5
EG	10,2 - 50,8
Saprobienindex	1,9 - 2,25

Auffallend ist, daß die Art in oligotrophen bis mesotrophen Gewässern auf Perlonschnüren häufiger gefunden wurde als auf anderen künstlichen Aufwuchsträgern.

(210) *Nitzschia hantzschiana* RABH .

Im Süßwasser verbreitet und häufig, besonders in Gebirgsgewässern, Quellen und an nassen Felsen vorkommend (HUSTEDT 1930). Nach BOURRELLY&MANGUIN (1952) handelt es sich um eine oligohalobe und aerophile Litoralform. Nach CHOLNOKY (1968) liegt das pH-Optimum unter 7,0; der Verbreitung nach soll sie eutrophe Gewässer bevorzugt besiedeln.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie verbreitet, auch mit größerer Häufigkeit gefunden. Folgende Mittelwerte der abiotischen Faktoren können die Milieuansprüche kennzeichnen:

pH	7,3
N/P	416 : 1
N-Quotient	0,20
EG	38
Saprobienindex	2,07
Güteklasse	II

Wie die Zahlen zeigen, werden eutrophe Gewässerabschnitte besiedelt. Jedoch läßt der N-Quotient erkennen, daß die Art offensichtlich unabhängig von organischen N-Verbindungen ist. Vielleicht ist die Art C-heterotroph.

(211) *Nitzschia heufleriana* GRUNOW

Von HUSTEDT (1930) als selten bezeichnet.

Im Untersuchungsgebiet tritt die Art nur vereinzelt und mit geringer Häufigkeit auf. An den Fundorten lagen die pH-Werte zwischen 6,7 und 7,5, das N/P-Verhältnis um 400 : 1 - 500 : 1, der N-Quotient zwischen 0,11 und 0,51, der EG zwischen 1,0 und 53,4 und der Saprobienindex etwa zwischen 2,0 und 2,3 (Güteklasse II).

(212) *Nitzschia holsatica* HUSTEDT

Die Art kommt in norddeutschen Seen pelagisch während der Cyanophyceenperiode vor (HUSTEDT 1930). HUBER-PESTALOZZI (1942) bezeichnet sie als euplanktische Art norddeutscher Seen. Nach FOTT (1971) sowie CHOLNOKY (1968) handelt es sich um eine Planktonart mit einem pH-Optimum von 7,5 - 8,0. OKOLOTOWICZ (1971) ordnet die Art der betamesosaprogenen Zone zu.

Im Untersuchungsgebiet wurde *N. holsatica* mit geringer Häufigkeit vereinzelt im Plankton der Aggertalsperre festgestellt. Weit häufiger war sie im Besatz von eutrophen Fischteichen, wo sie im Plankton fehlte. Ökologische Kenndaten:

pH	8,1
N/P	134
N-Quotient	1,16
EG	56
Saprobienindex	2,16
Güteklasse	II

Wie die Zahlen zeigen, ist eine N-Heterotrophie zumindest fakultativ möglich.

(213) *Nitzschia hungarica* GRUNOW

Verbreitet und häufig in schwach salzigem Wasser, aber auch im Süßwasser nicht selten (HUSTEDT 1930). Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) handelt es sich um eine halophile, mesohalobe Form, die im Süßwasser nur bei alkalischer Reaktion vorkommt. CHOLNOKY (1968) bezeichnet die Art als Brackwasserdiatomee, die auch in stark alkalischen Gewässern gedeihen kann. Die Art kann O<sub>2</sub>-Mangel ertragen. Sie ist nicht N-heterotroph. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" der DDR ordnen die Art in Anlehnung an ZELINKA&MARVAN wie folgt den Güteklassen zu:

x	o	b	a	p	I
-	-	1	9	-	5

BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 2,21 mit einer Streuung von 0,50 und teilt sie der Güteklasse II zu.

Im Untersuchungsgebiet gibt es nur einen Zufallsfund bei pH 6,9 und einem Saprobienindex von 2,28.

(214) *Nitzschia ignorata* KRASSKE

Im Süßwasser, in Teichen und Gräben verbreitet (HUSTEDT 1930). BUDDE (1942) bezeichnet sie als oligohalob-halophil; in Westfalen in Salinen und im Heiligen Meer vorkommend. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 6,5 und bezeichnet sie als Art oligotropher Gewässer.

Im Untersuchungsgebiet ist die Art äußerst selten. Sie wurde nur einmal an Perlonschnüren in der oligotrophen-mesotrophen Genkeltalsperre gefunden. Mit größerer Häufigkeit wurde sie in Polstern von Eurhynchium rusciforme in einem anthropogen völlig unbeeinflussten Gebirgsbach des Böhmer Waldes gefunden. Der pH-Wert betrug 6,8.

(215) *Nitzschia invisitata* HUSTEDT

HUBER-PESTALOZZI (1942) meldet ein Vorkommen von Celebes.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art einmal in der Agger bei folgenden ökologischen Kenndaten gefunden:

pH	7,5
N/P	29 : 1
N-Quotient	1,83
EG	35,3
Saprobienindex	2,35
Güteklasse	II/III

*Cymbella ventricosa* -*Nitzschia palea*-Assoziation.

(216) *Nitzschia kützingiana* HILSE

HUSTEDT (1930) vertritt die Ansicht, daß die Art wahrscheinlich überall verbreitet, besonders in stehenden Gewässern, vorkommt. Nach HUBER-PESTALOZZI (1942) im Süßwasser verbreitet und häufig; sie gehört zu den epiphytischen Planktonen, die vorwiegend auf Cyanophyceen vorkommen. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobe Litoralform. CHOLNOKY (1962 a, 1962 c, 1966 a, 1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,5 - 7,8. Es handelt sich um eine obligat N-heterotrophe Art stark eutropher Gewässer. FRIEDRICH (1973) fand die Art häufig im wenig verschmutzten, jedoch nährstoffreichen Oberlauf der Erft. Er vertritt die Ansicht, daß die Art an gute Lichtverhältnisse oder niedrige Temperaturen angepaßt sein könnte. Sie soll eine typische Form des Reinwassers sein. Daß dieses nicht zutrifft, zeigt die gekürzte Diatomeen-Assoziation, die CHOLNOKY (1966 a) in den durch Mensch und Tier stark verschmutzten kleinen Gewässern Afrikas gefunden hat:

<i>Nitzschia kützingiana</i>	38,6 %
N. <i>palea</i>	33,1 %
<i>Gomphonema parvulum</i>	9,4 %
<i>Achnanthes exigua</i>	3,2 %
EG	71,7

Eigene Untersuchungsergebnisse:

Im Untersuchungsgebiet kommt die Art dominierend und codominierend in stark eutrophen Gewässern vor. Sie wurde im Plankton und im Besatz in stehenden und fließenden Gewässern gefunden.

pH-Wert:

Breites pH-Spektrum mit verstärkter Häufigkeit zwischen pH 8,0 und 8,4. Mittelwert 8,3.

N/P-Verhältnis:

Das Optimum der Entwicklung liegt im eutrophen Bereich zwischen 0 und 100 : 1. Mittelwert 76 : 1.

N-Quotient:

Stärker eutrophierte Gewässer werden bevorzugt besiedelt. Das Optimum liegt zwischen 0,5 und 1,5. Mittelwert 1,00.

EG:

Die Häufigkeit des Vorkommens nimmt mit steigendem Eutrophierungsgrad zu. Das Maximum liegt zwischen 70 und 120. Mittelwert 60.

Saprobienindex und Güteklasse:

Eine Entwicklung von *N. kützingiana* ist bei einem Saprobienindex von 2,0 - 2,7 möglich; Mittelwert 2,40. Güteklasse II - III.

(217) *Nitzschia linearis* (AGARDH) W. SMITH

Im Süßwasser überall verbreitet und häufig, besonders in Quellen oft massenhaft vorkommend (HUSTEDT 1930). Nach BOURRELLY & MANGUIN (1952) handelt es sich um eine oligohalobe, indifferente, krenophile Art im Strausberger Naturschutzgebiet bei pH 7,3 - 7,7. CHOLNOKY (1962 a, 1962 c, 1966 a, 1968) gibt einen für die Entwicklung der Art notwendigen pH-Bereich von 7,5 - 8,0 mit einem Optimum von 7,8 an; sie soll ein guter Indikator für einen hohen Sauerstoffgehalt und streng autotroph sein. Nach CHOLNOKY ist sie keine typische Quellform und lebt häufig in stickstoffarmen, schnellfließenden Bächen mit einer dünnen Wasserschicht.

BUDE (1942) bezeichnet die Art als oligosaprob; er fand sie in Gebirgsbächen des Sauerlandes, in Ruhr, Lippe, Eder und in den Mooren des NSG Heiliges Meer. LIEBMANN (1951) ebenso wie KOLKWITZ (1951) rechnet die Art zu den Oligosaprobien und vertritt

die Ansicht, daß sie besonders in der kalten Jahreszeit in stehenden und fließenden Gewässern vorkommt. In Quellen sei oft mit massenhaftem Auftreten zu rechnen.

Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" (1970) ordnen sie der Güteklasse I zu. BUCK (1971) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,78 bei einer Streuung von  $\pm 0,55$ . STREBLE & KRAUTER (1973) vertreten die Ansicht, daß die Art im Stillwasser sehr häufig vorkommt und teilen sie der Güteklasse I zu.

FRIEDRICH (1973) fand die Art regelmäßig im Ober- und Unterlauf der Erft. Verschmutzte Abschnitte wurden gemieden. Nach dem Vorkommen in der Erft soll sie nicht zur oligosaprobien Stufe gehören.

Im Untersuchungsgebiet ist *N. linearis* eine häufig vorkommende Art in den Quellbächen des Oberbergischen Kreises. Die Art wurde mit größerer Häufigkeit bei folgenden ökologischen Kenndaten gefunden:

pH	7,6
N/P	272 : 1
N-Quotient	0,26
EG	16,8
Saprobienindex	2,14
Güteklasse	II

(218) *Nitzschia luzonensis* HUSTEDT

Die Art ist nach der Literatur allgemein eine seltene Art. Im Untersuchungsgebiet wurde sie nur einmal mit geringer Häufigkeit in einem eutrophen Teich (EG = 13) gefunden.

(219) *Nitzschia microcephala* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet und nicht selten vor. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen die Art als eurytherm, oligohalob, indifferent-alkalinophil. CHOLNOKY (1966 a) berichtet aus Afrika, daß die Art in Quellen in Betschuanaland bis zu 40° C vertragen kann. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,3 - 8,5. Die Art ist N-heterotroph. Sie hat jedoch eine geringere Verbreitung als z.B. *N. palea* oder *N. terminalis*.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur selten gefunden. Die relative Häufigkeit war meist gering. Gemeine ökologische Angaben können deshalb nicht gemacht werden. Die pH-Werte schwanken zwischen 7,2 und 9,25 und der EG zwischen 9,1 und 23,0.

(220) *Nitzschia palea* (KÜTZ.) W. SMITH

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art im Süßwasser verbreitet und häufig vor. In verschmutzten Gewässern wird sie oft massenhaft und rein angetroffen. BUDE (1942) bezeichnet die Art als alpha-mesosaprob. Er fand sie in Gebirgsbächen des Sauerlandes, der Ruhr, Lippe, Eder und im Heiligen Meer. KOLKWITZ (1951) ordnet sie ebenfalls der Güteklasse III zu. LIEBMANN (1951) stellte fest, daß die Art einen NaCl-Gehalt von 0 - 0,5 ‰ und einen H<sub>2</sub>S-Gehalt bis zu 4 mg/l verträgt. Er ordnet sie ebenfalls der alpha-mesosaprob. Zone zu. SCHLÜTER (1961 b) fand die Art verbreitet, jedoch mit geringer Häufigkeit, im Strausberger Naturschutzgebiet bei pH 7,3 - 7,7. BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen *N. palea* als eurytope, indifferente, oligohalobe Litoralform, die in eutrophen, mesosaprob. Gewässern gemeinsam mit Cyanophyceen gleicher ökologischer Ansprüche lebt. HOFFMANN (1966) beobachtete in der Vorsperre der Waidatal Sperre eine Planktonentwicklung von *N. palea* von  $2,9 \times 10^6$  Zellen/l. ROUND (1968) stellte fest, daß zur Entwicklung eine relativ hohe SiO<sub>2</sub>-Konzentration (um 25 mg/l) erforderlich ist. CHOLNOKY (1966 a, 1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,4. Die Art bevorzugt sauerstoffreiche Gewässer und ist in Klärwerksabflüssen mit relativ hohem O<sub>2</sub>-Gehalt dominierend, während in sauerstoffarmen Abflüssen *N. thermalis* vorherrscht. Sie ist obligat N-heterotroph. Wegen dieser Eigenschaft kommt *N. palea* in Kläranlagen und in stark verunreinigten Gewässern eine entscheidende Rolle zu. Ein N-Gehalt von 30 - 50 mg/l soll optimal sein. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" der DDR (1970) geben in Anlehnung an ZELINKA & MARVAN folgende Verteilung für die einzelnen Güteklassen an:

x	o	b	a	p	I
-	+	3	6	1	3

OKOLOTOWICZ (1971) ordnet die Art auf Grund seiner Untersuchungen der Güteklasse III zu. FOTT (1971) macht die Angabe, daß *N.*

palea eine Art stark saprober Gewässer ist. Nach STREBLE&KRAUTER (1973) lebt die Art in stärker verunreinigten Gewässern und ernährt sich im Faulwasser von organischen Substanzen. Sie ordnen sie der Güteklasse III zu. FRIEDRICH (1973) beobachtete in der Erft je ein Frühjahrs- und ein Herbstmaximum. In den Wintermonaten fehlte die Art. Sie wurde in der gesamten Erft, verstärkt in den verschmutzten Abschnitten, gefunden.

### Eigene Untersuchungsergebnisse

Bei eigenen Kulturversuchen konnte festgestellt werden, daß *N. palea* sich in Kulturen mit Aminosäuren als einziger Stickstoffquelle schnell vermehrte und daß eine rasche Desaminierung stattfand. In Kulturen mit Harnstoff sowie  $\text{NO}_3$  als N-Quelle fand keine Vermehrung statt.

	Mögliche Entwicklung	Optimum	Mittelwert
pH	7,0 - 8,6	7,0 - 7,6	7,6
N/P	0 - 500 : 1	0 - 100 : 1	79 : 1
N-Quotient	0,1 - 2,0	-	0,62
EG	10 - 100	30 - 50	42
Saprobienindex	2,0 - 3,5	-	2,7
Güteklasse			III

#### Bemerkungen zum Saprobienindex:

Das Spektrum läßt erkennen, daß *N. palea* ein schlechter Indikator ist. Sie findet in den Güteklassen II/III - III/IV gleich gute Lebensbedingungen. In Anlehnung an ZELINKA&MARVAN könnte folgende Verteilung auf die Güteklassen vorgenommen werden:

I	II	II/III	III	III/IV	IV	Indikationsgewicht
-	2	3	3	2	-	1

#### (221) *Nitzschia paleacea* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) ist die Art wahrscheinlich im Süßwasser besonders in stehenden Gewässern überall verbreitet. BOURRELLY & MANGUIN (1952) vertreten die Ansicht, daß sie leicht mit *N. palea* und *N. kützingiana* verwechselt werden kann. Außerdem soll

sie in dem gleichen ökologischen Bereich leben. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 7,8 - 8,2. Wie aus den spärlichen Literaturangaben hervorgeht, ist die Ökologie der Art nicht genau bekannt.

In den Talsperren des Untersuchungsgebietes tritt die Art nur sehr vereinzelt auf; häufig jedoch in eutrophen Fischteichen. In Fließgewässern wird sie nur dort gefunden, wo oberhalb Teiche liegen. In Abwasseranlagen oder deren Vorflutern wurde die Art nicht gefunden. Sie lebt offensichtlich nicht unter den gleichen ökologischen Bedingungen wie *N. palea*.

#### Eigene Untersuchungsergebnisse

	Mögliche Entwicklung	Optimum	Mittelwert
pH	7,2 - 8,2	7,4 - 8,2	7,8
N/P	0 - 700 : 1	0 - 100 : 1	205 : 1
N-Quotient	0,1 - 2,0	0,3 - 2,0	1,0
EG	10 - 100	70 - 100	68
Saprobienindex	1,8 - 2,5	2,0 - 2,3	2,1
Güteklasse			II

- (222) *Nitzschia perminuta* (GRUNOW) CHOLNOKY (= *N. frustulum* KÜTZ. var. *perminuta* GRUNOW)

CHOLNOKY (1968) hat var. *perminuta* und var. *perpusilla* von der Art *Nitzschia frustulum* auf Grund der ökologischen Verschiedenheit getrennt. *N. frustulum* ist eine Brackwasserart, während die beiden Varietäten reine Süßwasserarten sind.

*N. perminuta* hat ein pH-Optimum um 7,0. Sie ist N-heterotroph und damit eine Art eutropher Gewässer. Im Untersuchungsgebiet wurde sie selten beobachtet. Dominierend wurde sie nur einmal im Wahnbach am Einlauf zur Talsperre mit 36,9 % bei einem EG von 58,5 gefunden.

- (223) *Nitzschia perpusilla* (GRUNOW) CHOLNOKY (= *N. frustulum* KÜTZ. var. *perpusilla* (RABH.) GRUNOW)

CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,0. Die Art

ist fakultativ N-heterotroph. Sie lebt in eutrophen Gewässern optimal.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie einmal in eutrophen Fließgewässern bei einem pH-Wert zwischen 7,5 und 9,0 sowie einem N/P-Verhältnis von 29 gefunden.

(224) *Nitzschia pseudocarinata* HUSTEDT

Im Untersuchungsgebiet wurde sie auf künstlichen Aufwuchsträgern in der Genkeltalsperre häufiger beobachtet und zwar meist in einer *Achnanthes minutissima* - *Synedra acus*-Assoziation. Dieses läßt die vorsichtige Schlußfolgerung zu, daß die Art saubere Gewässer bevorzugt besiedelt.

(225) *Nitzschia recta* HANTZSCH

Die Art soll im Süßwasser überall und häufig vorkommen (HUSTEDT 1930). BOURRELLY & MANGUIN (1952) bezeichnen sie als oligohalobes Kosmopolit, der nur im Süßwasser mit alkalischer Reaktion lebt. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum von 8,2 - 8,8. Osmotische Druckschwankungen soll die Art nicht vertragen können. BUCK (1971) ermittelte einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,69 mit einer Streuung von  $\pm 0,39$ . Damit gehört die Art zur Güteklasse I/II. FRIEDRICH (1973) beobachtete die Art vereinzelt im Ober- und Unterlauf der Erft. Verschmutzte Abschnitte wurden gemieden.

Im Untersuchungsgebiet kam die Art selten vor. Sie wurde nur dort gefunden, wo zeitweise hohe, meist assimilationsbedingt hohe, pH-Werte gemessen wurden, so z.B. an künstlichen Aufwuchsträgern in Talsperren.

(226) *Nitzschia romana* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art verbreitet vor. Sie soll oft übersehen oder mit anderen Arten verwechselt worden sein. CHOLNOKY (1968) vertritt die Ansicht, daß die Art ökologisch wenig bekannt ist. Sie soll nicht so verbreitet sein wie manche Autoren angeben. Bei einem weit über dem Neutralpunkt liegenden

pH-Wert soll sie in eutrophen Gewässern optimal gedeihen.

Im Untersuchungsgebiet kommt *N. romana* zwar verbreitet, jedoch nur mit geringer Häufigkeit vor. Sie wurde in Tümpeln, Fließgewässern und häufiger in stark eutrophen Fischteichen gefunden. Der EG schwankte zwischen 18 und 64 ‰ und der pH-Wert zwischen 7,3 und 9,3. Das N/P-Verhältnis war stets kleiner als 100 : 1 und der Saprobienindex um 2,3.

(227) *Nitzschia sigmoidea* (EHRB.) W. SMITH

Die Art soll verbreitet und häufig vorkommen (HUSTEDT 1930). BOURRELLY&MANGUIN (1952) bezeichnen sie als indifferente, oligohalobe, fakultativ planktisch lebende Form. Sie soll sehr verbreitet in ruhigem und fließendem Wasser und als Epiphyt auf submersen Makrophyten vorkommen. Budde (1942) bezeichnet sie als Charakterart der Flachmoor-Gesellschaften bei einem mittleren pH von 7,3. ROUND (1968) berichtet von einer Beteiligung am Potamoplankton der Themse im Jahre 1902/03. Ihr Vorkommen soll nicht auf Flüsse beschränkt sein. Sie soll auch im Sediment von Altwässern leben. Die Autoren der "Ausgewählten Methoden" (1970) ordnen sie der Güteklasse II zu. BUCK (1973) errechnete einen korrigierten Indexschwerpunkt von 1,82 bei einer Streuung von  $\pm 0,43$  und bezeichnet sie als betamesosaprob. Während die Art bei LIEBMANN (1951) unberücksichtigt blieb, teilte sie KOLKWITZ (1950) der Güteklasse I zu. VENTZ (1962) ermittelte einen mittleren Saprobienindex von 1,99 und bezeichnet die Art als betamesosaprob. CHOLNOKY (1968) ermittelte ein pH-Optimum um 8,5 oder höher. Osmotische Druckschwankungen kann die Art nicht ertragen. Sie ist N-autotroph.

Im Untersuchungsgebiet nur selten mit geringer Häufigkeit gefunden.

(228) *Nitzschia sinuata* (W. SMITH) GRUNOW var. *tabellaria* GRUNOW

Nach HUSTEDT (1930) kommt die Art zerstreut überall im Süßwasser vor. Auch CHOLNOKY (1968) beobachtete die Art in Afrika nur selten. Sie soll ein pH-Optimum um 8,0 haben.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Art nur zweimal gefunden und zwar als Epiphyt auf *Nitella* im Vorbecken der Aggertalsperre und auf künstlichen Aufwuchsträgern in der Genkeltalsperre. Rückschlüsse auf die Autökologie lassen sich daraus nicht ziehen.

(229) *Nitzschia sublinearis* HUSTEDT

HUSTEDT (1930) fand die Art in der Ache bei Kitzbühel (Tirol) und vertritt die Ansicht, daß sie auch sonst vorkommt, aber bisher übersehen wurde. Nach CHOLNOKY (1968) liegt das pH-Optimum zwischen 7,5 und 8,0.

Im Untersuchungsgebiet wurde sie vereinzelt in Fließgewässern beobachtet. Mit größerer Häufigkeit konnte sie bei pH 7,8 und einem EG von 74 in einem Fischteich beobachtet werden.

7. Ergänzende Liste von beobachteten Diatomeenarten.

Vorbemerkung des Herausgebers: Die folgende, aus dem Nachlaß zusammengestellte alphabetische Liste umfaßt weitere vom N. Salden in seinem Untersuchungsgebiet beobachtete Diatomeenarten. Es handelt sich dabei um 2 weitere *Nitzschia*-Arten, sowie Vertreter der Gattungen *Opephora*, *Pinnularia*, *Rhoicosphenia*, *Stauroneis*, *Stephanodiscus*, *Surirella*, *Synedra*, *Tabellaria* und *Tetracyclus*. Eine ökologische Auswertung seiner zahlreichen Befunde war N. Salden nicht mehr vergönnt.

(230) *Nitzschia subtilis* (KÜTZ.) GRUNOW

Genkeltalsperre.

(231) *Nitzschia thermalis* KÜTZ.

Häufig und zahlreich in Fließgewässern, Stauen, Teichen.

(232) *Nitzschia stagnorum* RABH.

Bach

(233) *Opephora martyi* HERIBAUD

Genkeltalsperre, Leppe. Nicht häufig

(234) *Pinnularia appendiculata* (AGARDH) CLEVE

Genkel-, Aggertalsperre.

- (235) *Pinnularia borealis*  
Agger, Wiehl, Genkeltalsperre, Fischteiche, kleine  
Fließgewässer.
- (236) *Pinnularia braunii* (GRUNOW) CLEVE  
Wiehl u.a.
- (237) *Pinnularia brevicostata* CLEVE  
Wiehl.
- (238) *Pinnularia esox* EHRB.  
Bach bei Seelscheid.
- (239) *Pinnularia fasciata* LAGERSTEDT  
Wiehl
- (240) *Pinnularia gentilis* (DONKIN) CLEVE  
Wiehl; Siegburger Mühlgraben, Sumpfquelle.
- (241) *Pinnularia gibba* EHRB.  
Agger; Waldbrölbach und weitere Bäche; Quellen, Staue,  
Fischteiche.
- (242) *Pinnularia globiceps* GREGORY  
Wiehl.
- (243) *Pinnularia hemiptera* (KÜTZ.) CLEVE  
Quellen und Bäche.
- (244) *Pinnularia interrupta* W. SMITH  
Genkeltalsperre; Wiehl; Fischteiche u.a.
- (245) *Pinnularia maior* KÜTZ.  
Wiehl.
- (246) *Pinnularia mesolepta* (EHRB.) W. SMITH  
Weit verbreitet: Genkeltalsperre, Aggerstaue; Wiehl, Wald-  
brölbach und weitere Fließgewässer; Fischteiche.
- (247) *Pinnularia microstauron* (EHRB.) CLEVE  
Weit verbreitet: Agger- und Genkeltalsperre; Agger, Bröl,  
Leppe u.a. Fließgewässer

- (248) *Pinnularia molaris* GRUNOW  
Agger, Bröhl, Dörspe.
- (249) *Pinnularia nobilis* EHRB.  
Wiehl.
- (250) *Pinnularia subcapitata* GREGORY  
Weit verbreitet: Agger, Genkel, Wiehl, Talsperren, Fischteiche.
- (251) *Pinnularia subsolaris* (GRUNOW) CLEVE  
Wiehl, Bröl; Aggertalsperre; Fischteiche.
- (252) *Pinnularia viridis* (NITZSCH) EHRB.  
Weit verbreitet: Agger, Bröl, Wiehl u.a. Fließgewässer;  
Tümpel; Quellen.
- (253) *Rhoicosphenia curvata* (KÜTZ.) GRUNOW  
Verbreitet und häufig: Agger, Dörspe, Leppe; Fischteiche.  
Beteiligung an Assoziationen bis 8 %.
- (254) *Stauroneis acuta* W. SMITH  
Fischteich.
- (255) *Stauroneis anceps* EHRB.  
Vorbecken Deitenbach und einige Bäche.
- (256) *Stauroneis legumen* EHRB.  
Tümpel.
- (257) *Stauroneis montana* KRASSKE  
Genkel, Wiehl; Bäche; Tümpel.
- (258) *Stauroneis nana* HUSTEDT  
Genkel.
- (259) *Stauroneis phoenicenteron* EHRB.  
Verbreitet: Agger, Leppe, Wiehl; Genkeltalsperre; Fisch-  
teiche, Weiher.
- (260) *Stauroneis pygmaea* KRIEGER  
Fischteich.
- (261) *Stauroneis smithii* GRUNOW  
Agger- und Genkeltalsperre; Agger; Fischteiche.

- (262) *Stephanodiscus astraea* (EHRB.) GRUNOW  
Leppe.
- (262 a) *St. astraea* var. *minutula* (KÜTZ.) GRUNOW  
Weit verbreitet und oft sehr häufig: Agger, Leppe u.a.  
Fließgewässer; Flußstaue, Hammerteiche; Aggertalsperre.
- (263) *Stephanodiscus dubius* (FRICKE) HUSTEDT  
Leppe.
- (264) *Stephanodiscus hantzschii* GRUNOW  
Verbreitet, z.T. häufig: Agger und Genkeltalsperre; Agger;  
Weiher.
- (265) *Stephanodiscus subsalsus* (A. CL.) HUSTEDT  
Talsperrenvorbecken.
- (266) *Surirella angusta* KÜTZ.  
Verbreitet und häufig: Agger, Bröl, Wiehl u.a. Fließgewässer;  
Flußstaue; Tümpel.
- (267) *Surirella biseriata* BREB. var. *bifrons* (EHRB.) HUSTEDT  
Tümpel.
- (268) *Surirella elegans* EHRB.  
Agger, Genkel.
- (269) *Surirella linearis* W. SMITH  
Agger und verschiedene Bäche.
- (269 a) *S. linearis* var. *helvetica* (BRUN.) MEISTER  
Agger, Bröl; Mühlengraben; Fischteiche.
- (270) *Surirella ovata* KÜTZ.  
Weit verbreitet und häufig: Agger, Bröl, Leppe, Genkel,  
Wiehl u.a. Fließgewässer; Flußstaue; Talsperrenvorbecken;  
Fischteiche.
- (270 a) *S. ovata* var. *pinnata* W. SMITH  
Agger- und Genkeltalsperre; Flußstaue; Genkel, Waldbrölbach;  
Tümpel.

- (271) *Surirella robusta* EHRB.  
Agger, Wiehl; Flußstau der Agger; Genkeltalsperre; Fisch-  
teiche; Moosrasen einer Quelle.
- (271 a) *S. robusta* var. *splendida* (EHRB.) v. HEURCK  
Agger; Flußstau; Vorbecken der Genkeltalsperre.
- (272) *Surirella tenera* GREGORY  
Agger; Genkeltalsperre.
- (273) *Surirella turgida* W. SMITH  
Mühlengraben Sieglar.
- (274) *Synedra acus* KÜTZ.  
Weit verbreitet: Genkeltalsperre (häufig); Aggertalsperre;  
Flußstau der Agger; Weiher, Tümpel, Bröl u.a. Fließgewässer.
- (275) *Synedra actinastroides* LEMM.  
Genkeltalsperre .
- (276) *Synedra minuscula* GRUNOW  
Verbreitet: Agger- und Genkeltalsperre; Agger (teilweise  
häufig) u.a. Fließgewässer; Tümpel.
- (277) *Synedra nana* MEISTER  
Vorbecken Listringhausen.
- (278) *Synedra parasitica* W. SMITH  
Agger.
- (278 a) *S. parasitica* var. *subconstricta* GRUNOW  
Aggertalsperre; Agger, Bröl, Leppe u.a. Fließgewässer.
- (279) *Synedra pulchella* KÜTZ.  
Agger.
- (280) *Synedra rumpens* KÜTZ.  
Verbreitet und teilweise häufig: Agger, Leppe u.a. Fließ-  
gewässer; Agger- und Genkeltalsperre; Hammerteiche.  
(vgl. *Fragilaria familiaris*, S. 14o)

- (281) *Synedra ulna* (NITZSCH) EHRB.  
Sehr verbreitet und teilweise häufig. Agger, Bröl, Leppe  
und zahlreiche Fließgewässer; Agger- und Genkeltalsperre  
(wenig zahlreich); Weiher, Tümpel.
- (281 a) *S. ulna* var. *amphirhynchus* (EHRB.) GRUNOW  
Agger, Genkeltalsperre.
- (281 b) *S. ulna* var. *oxyrhynchus* KÜTZ.  
Verschiedene Fließgewässer.
- (282) *Synedra vaucheriae* KÜTZ.  
In wenigen Gräben; Fließgewässer, Tümpel.
- (283) *Tabellaria fenestrata* (LYNGBYE) KÜTZ.  
Sehr verbreitet und teilweise zahlreich in Agger- und Gen-  
keltalsperre sowie Vorbecken, Flußstauen, Fischteichen,  
Mühlengräben.
- (284) *Tabellaria flocculosa* (ROTH) KÜTZ.  
Sehr verbreitet und oft häufig; Agger- und Genkeltalsperre  
sowie Vorbecken; Flußstaue; Teiche; Agger, Bröl, Leppe  
Wiehl u.a. Fließgewässer.
- (285) *Tetracyclus rupestris* (A. BR.) GRUNOW  
Agger, Bröl, Wiehl; Genkeltalsperre, Fischteiche.

## 8. L i t e r a t u r

- ARCHIBALD, R.E.M. (1966 a): Some new and rare Diatoms from South Africa. - Nova Hedwigia 21, 253-270.
- ARCHIBALD, R.E.M. (1966 b): Some new and rare Nitzschiae (Diatomaceae) from the Vaal Dam Catchment Area (South Africa). - Port. Acta biol. 8, 227-238.
- AUTORENKOLLEKTIV DDR (1970): Methoden der Wasseruntersuchung. - Band II
- BACKHAUS, D. (1968): Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. III. Die Algenverteilung und ihre Beziehung zur Milieuo-ferte. - Arch. Hydrobiologie Suppl. 34 (3), 130-149.
- BEER, W.-D. (1966): Saprobie. - Limnologica (Berlin) 4 (2), 215-219.
- BEGER, H. (1927): Beiträge zur Ökologie und Soziologie der luftlebenden (atmosphärischen) Kieselalgen. - Ber. Deutsche Bot. Ges. 45, 385.
- BEHRE, K. (1966): Zur Algensoziologie des Süßwassers (unter besonderer Berücksichtigung der Litoralalgen). - Arch. Hydrobiologie 62, 125-164.
- BERNHARDT, H., CLASEN, J. & NUSCH, E.A. (1970): Vergleichende Untersuchungen zur Ermittlung der Eutrophierungsvorgänge und ihrer Ursachen an Riveris- und Wahnbachtalsperre. - Abschlußbericht 1968 - 1970. (Forschungsvorhaben Wasser Nr.3/68).
- BICK, H. (1964): Die Sukzession der Organismen bei der Selbstreinigung von organisch verunreinigtem Wasser unter verschiedenen Milieubedingungen. - Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes NRW, 139 S., Düsseldorf.

- BICK, H. (1966): Ökologische Untersuchungen an Ciliaten des Saprobiensystems. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 51 (3), 489-520
- BICK, H. (1972): Ciliated Protozoa. - WHO Geneva.
- BOCK, W. (1963): Diatomeen extrem trockener Standorte. - Nova Hedwigia 5, 199-254.
- BOURRELLY, P. & MANGUIN, E. (1952): Algues d'eau de la gadeloupe et de depaudenee. - Paris.
- BRAUNE, W. (1968): Studien zum Einfluß des Sauerstoffgehaltes auf die Algenentwicklung im Flußwasser.- Limnologica (Berlin) 6, (1), 45-70.
- BRINGMANN, G. & KÜHN, R. (1971): Bestimmung der Begrenzungsfaktoren der Trophierung für die Kieselalge Asterionella formosa in West-Berliner Gewässern. - Ges. Ing. 92, 176-183.
- BUCK, H. (1971): Statistische Untersuchungen zur Saprobität und zum Leitwert verschiedener Organismen.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 19, 14-44.
- BUDE, H. (1942): Die Algenflora Westfalens und der angrenzenden Gebiete. - Decheniana 101, 131-214.
- CARTER, J.R. (1970): Diatoms from Andorra. - Nova Hedwigia 31.
- CHOLNOKY, B.J. (1960): Beiträge zur Kenntnis der Diatomeenflora von Natal. - Nova Hedwigia 2, 1-128.
- CHOLNOKY, B.J. (1962a): Beiträge zur Kenntnis der südafrikanischen Diatomeenflora III. Diatomeen aus der Kaap-Provinz. - Revista de Biologia 3, 1-80.
- CHOLNOKY, B.J. (1962b): Ein Beitrag zu der Ökologie der Diatomeen in dem englischen Protektorat Swaziland. - Hydrobiologia 20, 309-355.

- CHOLNOKY, B.J. (1962c): Beiträge zur Kenntnis der Ökologie der Diatomeen in Ost-Transvaal. - *Hydrobiologia* 19, 57-119.
- CHOLNOKY, B.J. (1963a): Über die Diatomeenflora der Quellenablagerungen im Truppengarten (Zoogarten) von Windhoek in Südwestafrika. - *Cimbebasia* 1963, 29-46.
- CHOLNOKY, B.J. (1963b): Beiträge zur Kenntnis der Ökologie der Diatomeen des Swakop-Flusses in Südwest-Afrika. - *Revista de Biologia* 3, 233-260.
- CHOLNOKY, B.J. (1964): Die Diatomeenflora einiger Gewässer der Ruwenzori-Gebirge in Zentralafrika. - *Nova Hedwigia* 8, 55-101.
- CHOLNOKY, B.J. (1965): Über die Ökologie der Diatomeen des Goedeverwachting-Teiches und des Chrissie-Sees in Osttransvaal. - *Arch. Hydrobiol.* 61, 63-85.
- CHOLNOKY, B.J. (1966a): Diatomeenassoziationen aus einigen Quellen in Südwest-Afrika und Betschuanaland. - *Nova Hedwigia* 21, 163-244.
- CHOLNOKY, B.J. (1966b): Die Diatomeen im Unterlaufe des Okavango-Flusses. - *Nova Hedwigia* 21, 1-102.
- CHOLNOKY, B.J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. - *Lehre* (Cramer).
- CHOLNOKY, B.J. (1970): Hydrobiologische Untersuchungen in Transvaal III. Die Fischteiche von Marble Hall. - *Botanica Marina* 13, 5-44.
- EICHENBERGER, E. (1967): Ökologische Untersuchungen an Modellfließgewässern. I. Die jahreszeitliche Verteilung der bestandesbildenden pflanzlichen Organismen bei verschiedener Abwasserbelastung. - *Schweiz.Z.Hydrologie* 29, 1-31.
- ELLENBERG, H. (1956): Grundlagen der Vegetationsgliederung I. Teil. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. - Stuttgart (Ulmer).

- FINDENEKG, I. (1954): Versuch einer soziologischen Gliederung der Kärntner Seen nach ihrem Phytoplankton. - Angewandte Pflanzensoziologie. - Veröffentlichungen des Kärntner Landesinstituts in Klagenfurt. Festschrift Aichinger, 1. Band.
- FRIEDRICH, G. (1973): Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anormalen Fließgewässer (Erft/Niederrhein). - Schriftenreihe der Landesanst. f. Gewässerkunde und Gewässerschutz des Landes NRW, H.33.
- FOTT, B. (1971): Algenkunde. - 2.Aufl. Jena (G. Fischer).
- GANDHI, H.P. (1964): The Diatomflora of Chandola and Kankaria Lakes. - Nova Hedwigia 8, (56 pages).
- GEMEINHARDT, K. (1926): Die Gattung Synedra in systematischer, zytologischer und ökologischer Beziehung. - Pflanzenforschung H.6. - Jena.
- GORF, A. (1965): Der Elster-Stausee Greiz-Dörlau. - Limnologica (Berlin) 3, 329-346.
- GRIM, J. (1967): Der Phosphor und die pflanzliche Produktion im Bodensee. - Gas- und Wasserfach 108, 1261-1271.
- GRUCHMANN, CH., KNAACK, J., KUNERTH, K., MÜNCH, H.-D. & SAALBREITER, R. (1968): Vorschlag zu einheitlichen Verfahren für die biologische und mikrobiologische Wasseruntersuchung. - Wiss. Z. Univ. Halle, math.-nat. R. 17, 681-712.
- HAMM, A. (1969): Die Ermittlung der Gewässergüteklassen bei Fließgewässern nach dem Gewässergütesystem und Gewässergütemogramm. - Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 15, 46-48.
- HERBST, H.V. (1966): Limnologische Untersuchungen von Tagebaugewässern in den Rekultivierungsgebieten der Braunkohle-Industrie im Kölner Raum. - Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NRW, Düsseldorf, 120 S.

- HEYNIG, H. (1968): Das neuerrichtete Helme-Staubecken bei Kelbra (Kyffhäuser) im ersten Jahre seines Anstaus.- *Limnologica* (Berlin) 6, (1), 117-133.
- HÖHNE, E. & KLOSE, H. (1966): Soziologische Methoden zur Erfassung des Trophiegrades. - *Limnologica* (Berlin) 4(2), 201-214.
- HOFFMANN, U. (1966): Die Waidatalsperre. Ein Beitrag zur Limnologie der Talsperren. - *Limnologica* (Berlin) 4(3), 561-578.
- HOFFMANN, U. (1968): Der Einfluß der Verweilzeit des Wassers auf die Planktonentwicklung in Vorsperren. - *Limnologica* (Berlin) 6 (2), 417-423.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1942): Das Phytoplankton des Süßwassers. - Bd. 16, 2. T. (2) Diatomeen. - Stuttgart (Schweizerbart). (Nachdruck 1962).
- HUSTEDT, F. (1927 ff.): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, in: Rabenhorst, L., *Kryptogamenflora* 7, Teil 1 und 2, 1-885; Teil 3, 1-556. - Leipzig (Akad. Verl. Ges.).
- HUSTEDT, F. (1930): Bacillariophyta (Diatomeae), in: Pascher, A. *Süßwasserflora* 10, 1-466. - Jena (G. Fischer).
- HUSTEDT, F. (1939): Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra. - *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 16, 274-394.
- KING, D. L. (1970): The role of carbon in eutrophication. - *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* 42, 2035-2051.
- KLAPPER, H. (1960): Die Bedeutung der Vorbecken an Trinkwassertalsperren, erläutert am Beispiel der Saldenbach-Talsperre. - *Wasserwirtsch. - Wassertechnik* 10, 305-309.
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. - *Ber. dt. Bot. Ges.* 26A, 505-519.

- KOLKWITZ, R. & MARSSON M. (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. - Internat. Rev. Hydrobiol. 2, 126 - 152.
- KOLKWITZ, R. (1950): Ökologie der Saprobien. - Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Berlin-Dahlem 4, Stuttgart.
- KRAMER, H. (1964): Ökologische Untersuchungen an temporären Tümpeln des Bonner Kottenforstes. - Decheniana 117, 53-132.
- LIEBMANN, H. (1951): Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. - Bd. 1, 1. Aufl. München (Oldenbourg).
- LIEPOLT, R. (1957): Die Verunreinigung des Zellersees. - Wasser und Abwasser 1957, 30-31.
- MALCOLM, G. (1966): Contributions of the Diatom Flora of South Africa II. Teil. - Nova Hedwigia 21, 123-150.
- MÜLLER, H. (1972): Wachstum und Phosphatbedarf von Nitzschia actinastroides (LEMM.) v. GOOR in statischer und homokontinuierlicher Kultur unter Phosphatlimitierung. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 38, 399-484.
- NEHRKORN, A. (1967): Statistische Beziehungen zwischen biologischen und chemischen Vorfluteruntersuchungen. - Ges. Ing. 88, 56-59.
- NUSCH, E.A. (1970): Ökologische und systematische Untersuchungen der Peritricha (Protozoa, Ciliata) im Aufwuchs von Talsperren und Flußstauen mit verschiedenem Saprobitätsgrad (mit Modellversuchen). - Arch. Hydrobiol. Suppl. 37 (3), 243-386.
- ODUM, E.P. (1967): Ökologie. - München, Basel, Wien (Bayerischer Landwirtschaftsverlag).
- OHLE, W. (1938): Zur Vervollständigung der hydrochemischen Analyse, III. Die Phosphatbestimmung. - Angew. Chemie 51, 906-911.

- OKOLOTOWICZ, G. (1971): Preliminary investigation to determine biological indicators of seawater pollution by Diatoms - Bacillariophyceae. - Fisheries Improvement Committee, C.M. 1971/E: 18; ICES/SCOR Meeting Helsinki.
- PANKOW, H. (1965): Beitrag zur Kenntnis der Kieselalgenflora der Peene. - Arch. Hydrobiol. 61 (2), 205-214.
- PANTLE, R. & BUCK, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. - Gas- und Wasserfach 96, 604.
- PATRICK, R. (1963) : Methods of studying Diatom populations.- Journal Water Pollution Control Federation 35, 151-157.
- PEUKERT, V. (1966): Limnologische Untersuchungen an huminreichen Gebirgsbächen. - Wiss. Zeitschrift d. Karl-Marx-Universität Leipzig, Math.-Nat. Reihe 15.
- PROFT, G. (1964): Bestimmung von Gesamtphosphor in Wasser und Abwasser als Molybdo-Vanado-Phosphorsäure. - Limnologica (Berlin) 2 (4), 407-409.
- RIPPEL-BALDES, A. (1952): Grundriß der Mikrobiologie. 2.Aufl.- Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- ROHDE, W. (1950): Die Lebensbedürfnisse der Planktonalgen.- Arch. Hydrobiol. 43, 499-507.
- ROUND, F.E. (1968): Biologie der Algen. - Stuttgart.
- RUTTNER, F. (1952): Grundriß der Limnologie. - 2.Aufl. - Berlin.
- SCHLÜTER, M. (1961a): Zur Bedeutung der litoralen Diatomeen in unseren Gewässern. - Z.Fischerei 10 N.F., (4/5), 351-359.
- SCHLÜTER, M. (1961b): Die Diatomeengesellschaft des Naturschutzgebietes Strausberg bei Berlin. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 46, 562-609.
- SCHLÜTER, M (1966): Über den Bewuchs und geeignete Untersuchungsmethoden. - Limnologica (Berlin) 4 (2), 363-375.

- SCHMID, U. (1968): Die Bestimmung kleiner Mengen von organischen Stickstoffverbindungen im Wasser von Binnenseen. - Schweiz.Z. Hydrologie 30 (1).
- SCHNITZLER, H. (1970): Hydrobiologische Untersuchungen an der Riveristalsperre bei Trier. - Diss. math.-nat. Fakultät der Universität Bonn.
- SCHÖMMER, F. (1949): Kryptogamen - Praktikum. - Stuttgart.
- SCHWOERBEL, J. (1966): Methoden der Hydrobiologie. - Stuttgart.
- SIMONSEN, R. (1962): Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. - Internat. Revue ges. Hydrobiol./ Systemat. Beih. 1, 1-144.
- STREBLE, H. & KRAUTER, D. (1973): Das Leben im Wassertropfen. - Stuttgart.
- THIENEMANN, A. (1955): Die Binnengewässer in Natur und Kultur. - Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- THIENEMANN, A. (1956): Leben und Umwelt. - Hamburg.
- TÜMPLING, W. v. (1962): Statistische Probleme der biologischen Gewässerüberwachung. - Wasserwirtschaft- Wassertechnik 12 (8), 353-357.
- TÜMPLING, W. v. (1965): Die biologische und chemische Gewässeranalyse - ein Vergleich. - Fortschr. d. Wasserchemie 2, 232-237.
- UHLMANN, D. & ALBRECHT, E. (1968): Biogeochemische Faktoren der Eutrophierung von Trinkwassertalsperren. - Limnologica (Berlin) 6 (2), 225-245.
- VENTZ, D. (1962): Über die Einordnung der Kieselalge Nitzschia sigmaidea in das Saprobiensystem. - Wasserwirtschaft - Wassertechnik 12, 28-31.
- VENTZ, D. (1965): Mitteilung zur saprobiellen Valenz von Organismen des Saprobiensystems. - Fortschr. d. Wasserchemie 2, 238-241.

- VENTZ, D. (1968) Zur Limnologie des Medeweger Sees (Mecklenburg). - *Limnologica* (Berlin) 6 (1), 135-140.
- VOGLER, P. (1970): Die getrennte quantitative Bestimmung von gelösten Orthophosphorsäureestern ("COP-Phosphat") und gelösten kondensierten Phosphaten ("POP-Phosphat"). - *Limnologica* (Berlin) 7 (2), 309-324.
- VOLLENWEIDER, R. (1968): Die wissenschaftliche Grundlage der Seen- und Fließgewässereutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktor. - OECD; DAS/CSI 68. 27.
- WÄHLIN, I. (1970): Die Diatomeen des Latnjajaure I. Die rezenten Bodendiatomeen. - *Arch. Hydrobiol.* 67, 460 - 484.
- WEBER, E. (1960): Über die Diatomeen im litoralen Benthos der österreichischen Donau. - *Wasser und Abwasser: Beiträge zur Gewässerforschung* 2, 133-150.
- WEIMANN, R. (1951): Zur Gewässerüberwachung. - *Techn. u. volkswirtschaftl. Berichte des Wirtschafts- u. Verkehrsminister NRW*, Nr. 8.
- WEIMANN, R. (1952): Abwassertypen in Nordrhein-Westfalen. - *Schweiz. Z. Hydrologie* 14, 372-433.
- ZELINKA, M. & MARVAN, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. - *Arch. Hydrobiol.* 57, 389-407.
- ZIEMANN, H. (1967): Die Wirkung der Kaliabwässer auf die Flora und Fauna der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Werra und Wipper. - *Fortschr. d. Wasserchemie* 7, 50-80.
- ZIEMANN, H. (1970): Zur Gültigkeit des Saprobiensystems in versalzten Binnengewässern. - *Limnologica* (Berlin) 7 (2), 279-293.
- ZIEMANN, H. (1971): Die Wirkung des Salzgehaltes auf die Diatomeenflora als Grundlage für eine biologische Analyse und Klassifikation der Binnengewässer. - *Limnologica* (Berlin) 8 (2), 505-535.

9. Anhang: Graphische Darstellungen

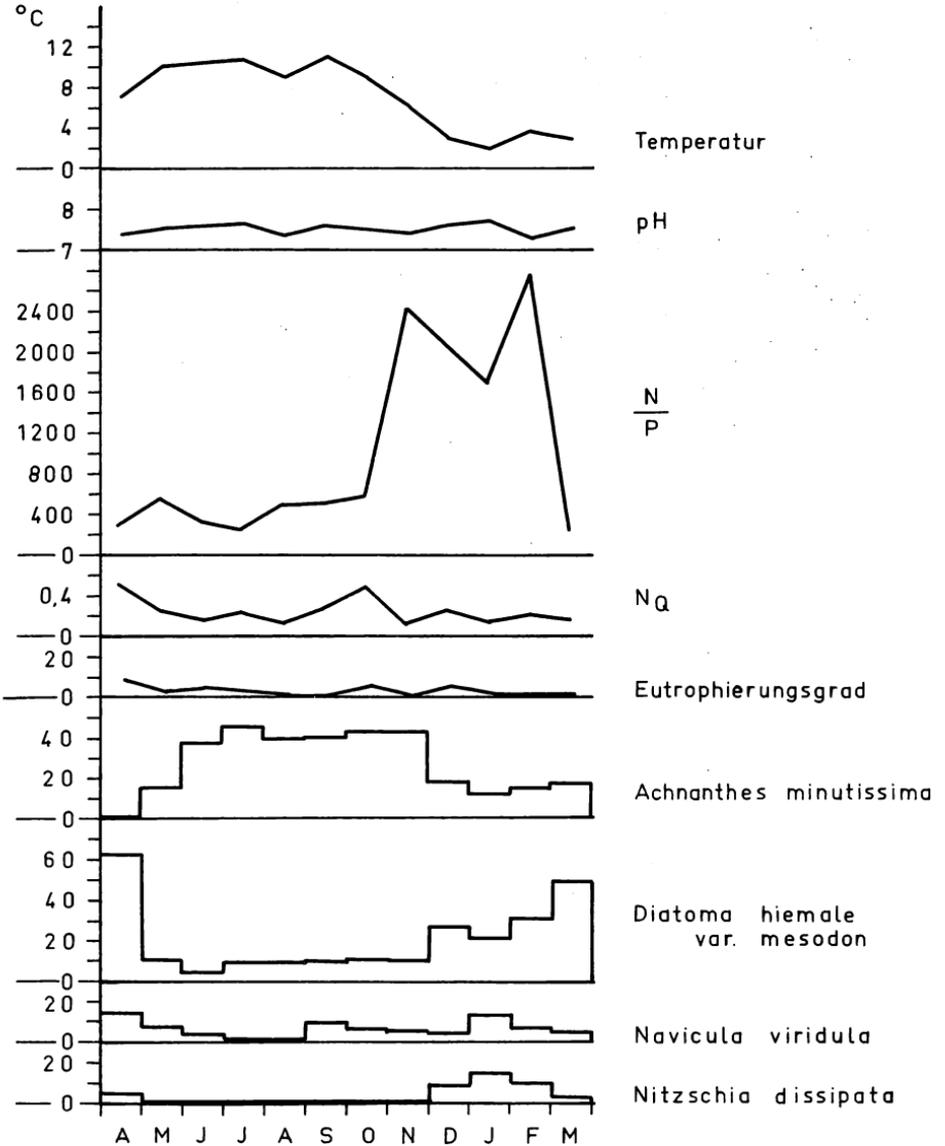


Abbildung 1. Die Jahresperiodizität einiger Diatomeenarten in einem nicht anthropogen beeinflussten Quellbach.

$N_Q$  = Eutrophierungsgrad;

$\frac{N}{P}$  = Verhältnis von Gesamtstickstoff zu Gesamtphosphor

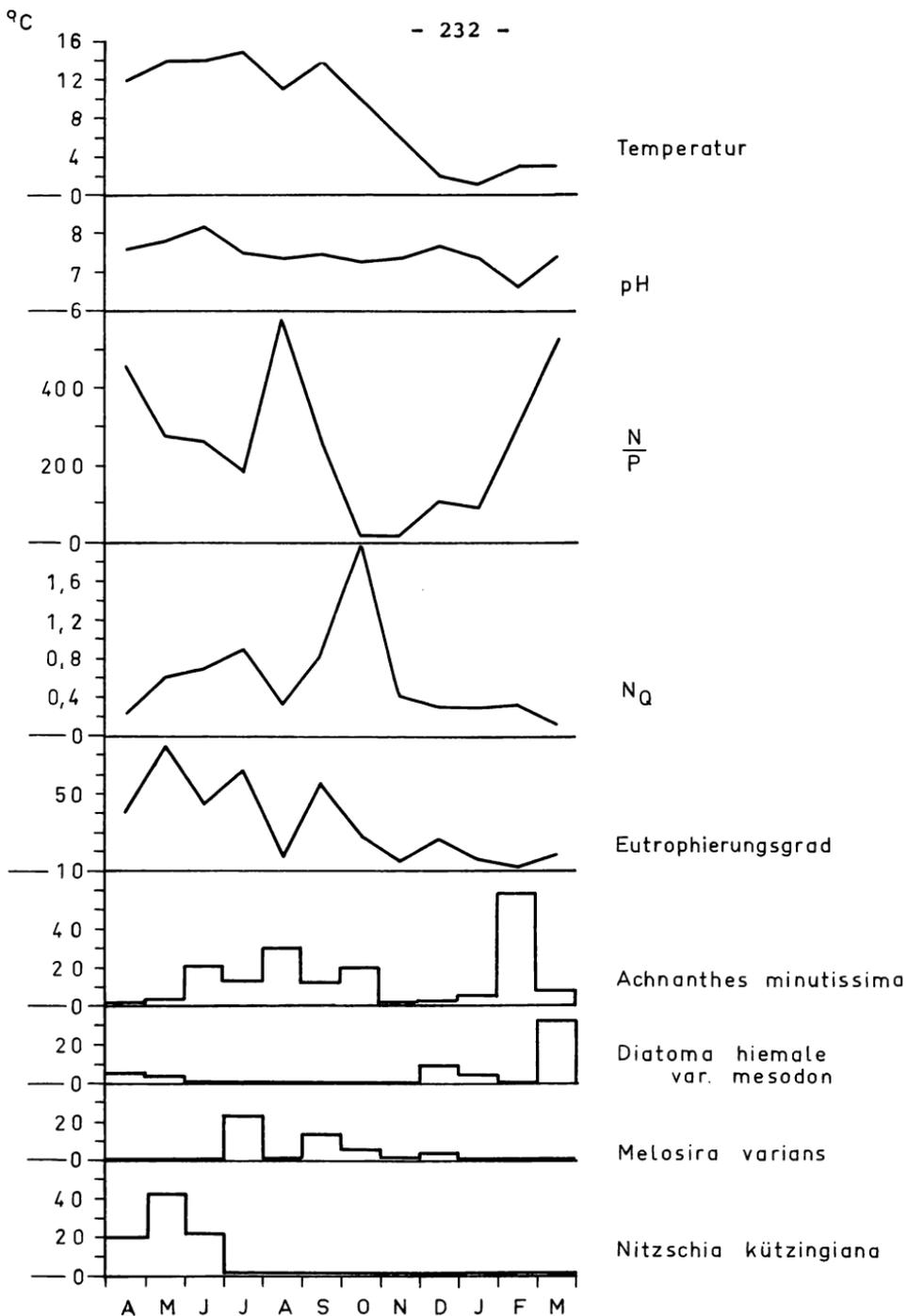


Abbildung 2. Die Jahresperiodizität einiger Diatomeenarten in der Agger unterhalb einer intensiv betriebenen Teichwirtschaft. (Abkürzungen wie Abb. 1).

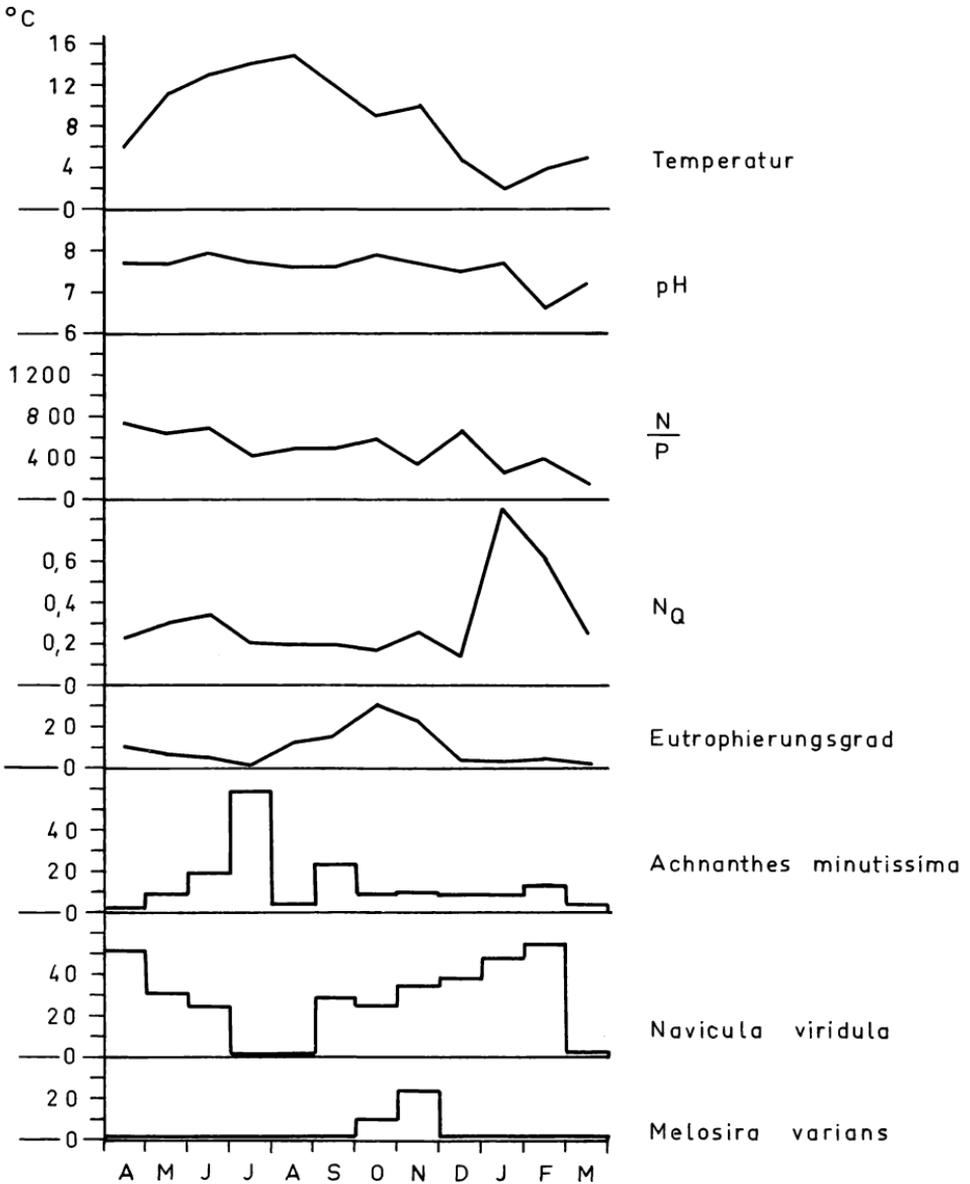


Abbildung 3. Die Jahresperiodizität einiger Diatomeenarten in einem durch häusliche und landwirtschaftliche Abwässer schwach belasteten kleinen Fließgewässer. (Abkürzungen wie Abb. 1)

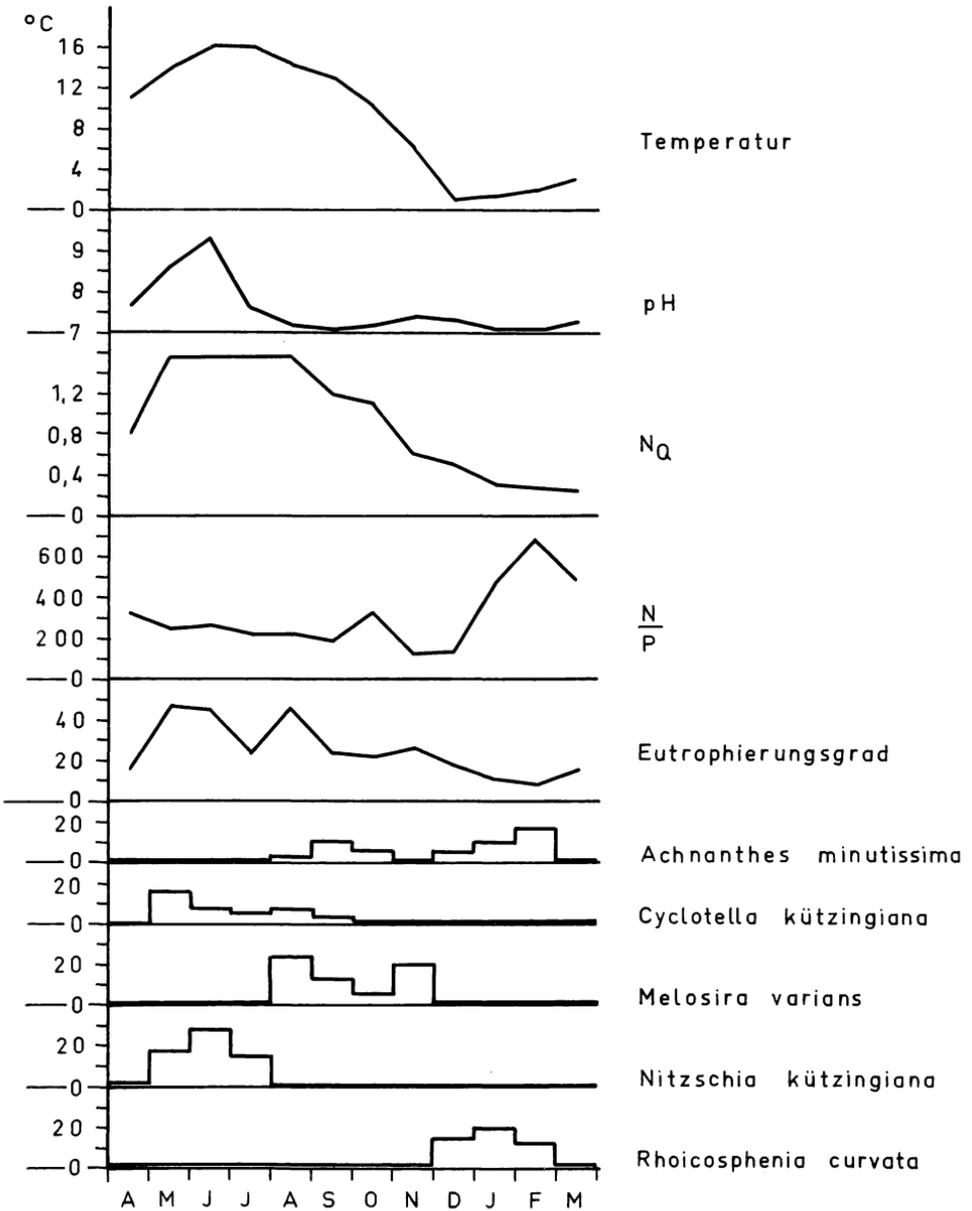


Abbildung 4. Die Jahresperiodizität einiger Diatomeenarten in einem extensiv betriebenen Fischteich. (Abkürzungen wie Abb. 1).

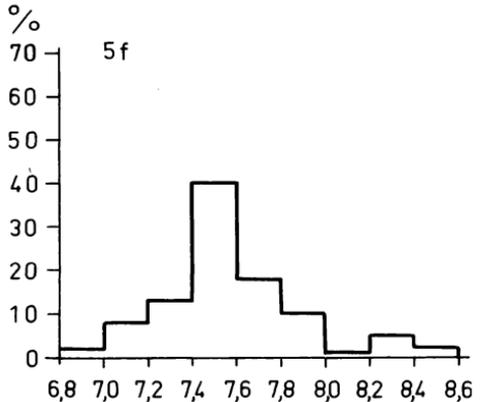
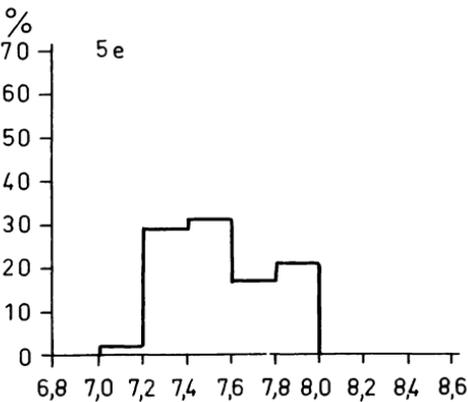
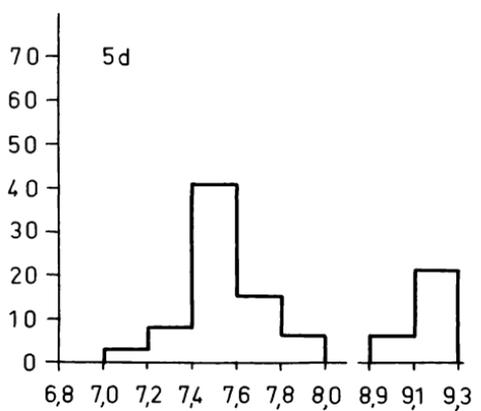
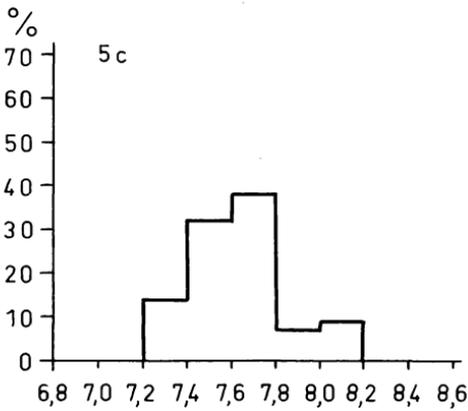
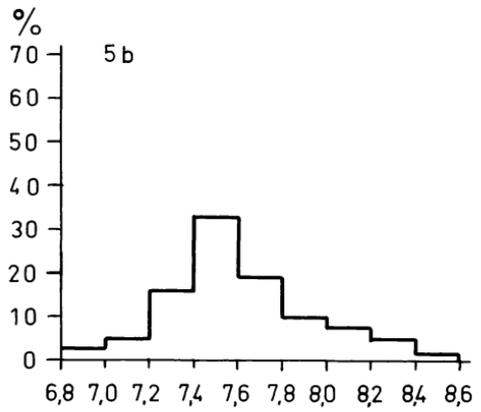
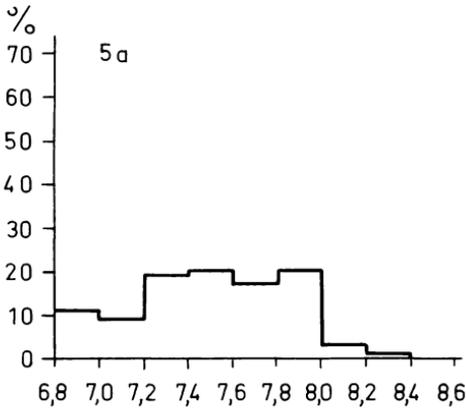


Abbildung 5. Prozentuale Verteilung der Funde einzelner Diatomeenarten im pH-Spektrum.

- a. *Achnanthes lanceolata* (vgl. S. 79)
- b. *A. minutissima* (vgl. S. 82)
- c. *Cocconeis placentula* (vgl. S. 97)
- d. *Cyclotella kützingiana* (vgl. S. 102)
- e. *Cymbella sinuata* (vgl. S. 116)
- f. *Cymbella ventricosa* (vgl. S. 118)

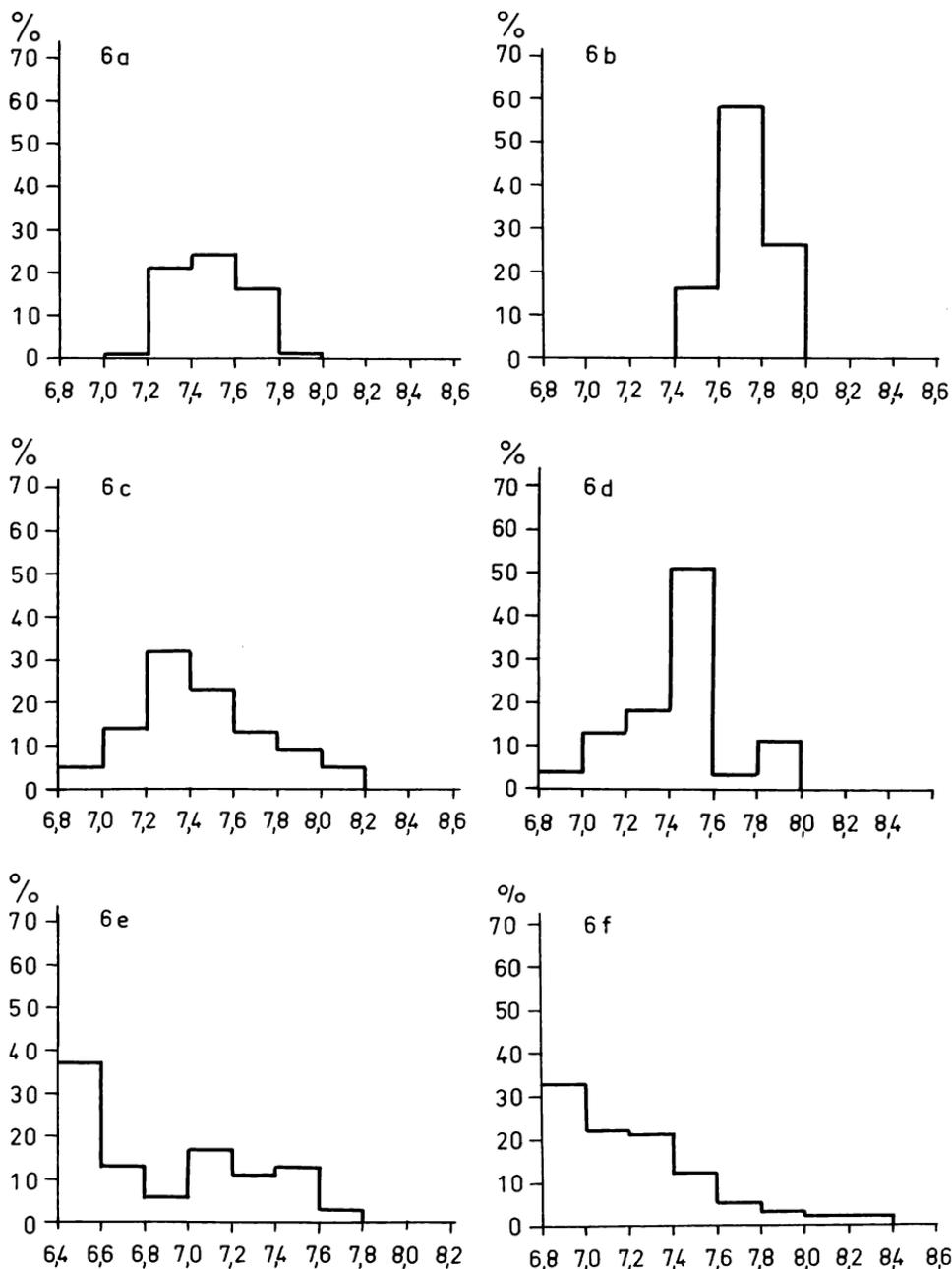


Abbildung 6. Prozentuale Verteilung der Funde einzelner Diatomeenarten im pH-Spektrum.

- a. *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (vgl. S. 123)
- b. *Diatoma vulgare* (vgl. S. 124)
- c. *Fragilaria capucina* (vgl. S. 135)
- d. *Fragilaria intermedia* (vgl. S. 141)
- e. *Fragilaria virescens* (vgl. S. 143)
- f. *Gomphonema angustatum* var. *producta* (vgl. S. 147)

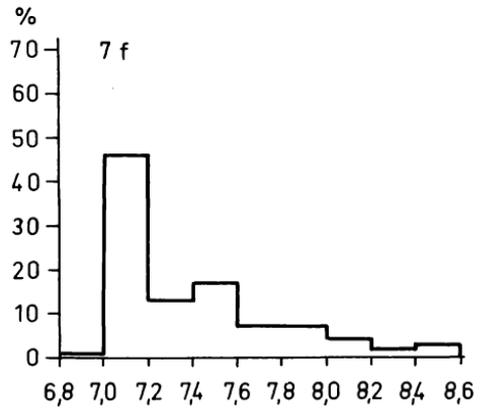
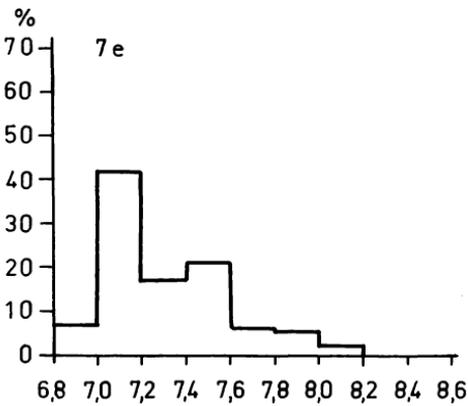
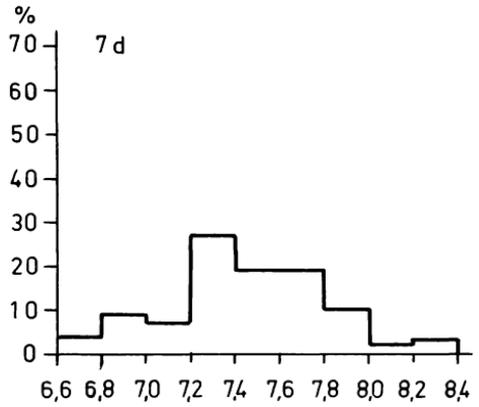
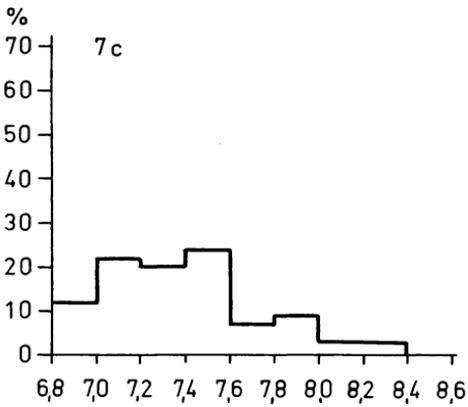
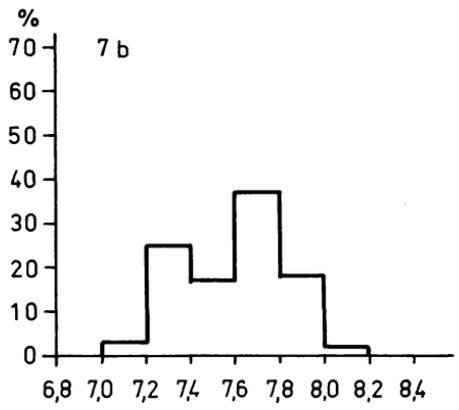
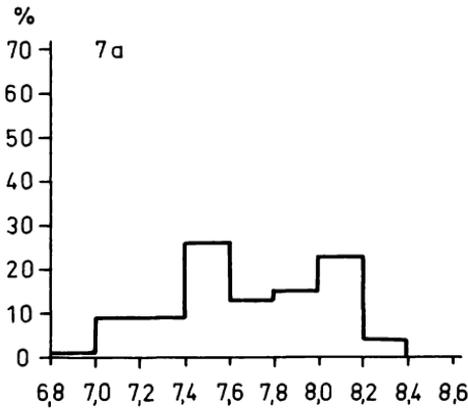


Abbildung 7. Prozentuale Verteilung der Funde einzelner Diatomeenarten im pH-Spektrum.

- a. *Gomphonema parvulum* (vgl. S. 152)
- b. *Melosira varians* (vgl. S. 159)
- c. *Meridion circulare* (vgl. S. 161)
- d. *Navicula cryptocephala* (vgl. S. 169)
- e. *Navicula fluens* (vgl. S. 174)
- f. *Navicula pelliculosa* (vgl. S. 185)

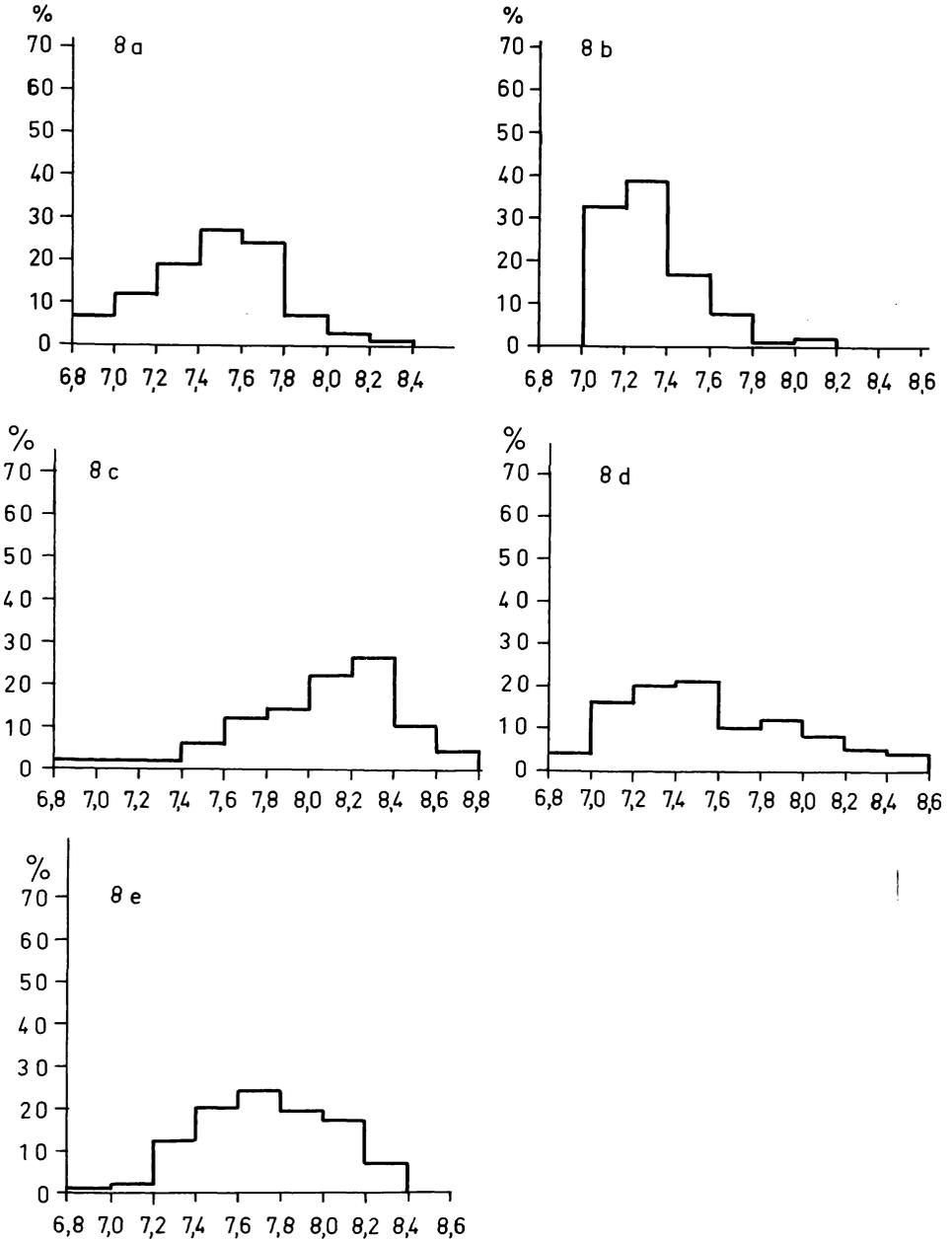


Abbildung 8. Prozentuale Verteilung der Funde einzelner Diatomeenarten im pH-Spektrum.

- a. *Navicula viridula* (vgl. S. 193)
- b. *Nitzschia amphibia* (vgl. S. 200)
- c. *Nitzschia kützingiana* (vgl. S. 208)
- d. *Nitzschia palea* (vgl. S. 211)
- e. *Nitzschia paleacea* (vgl. S. 212)