

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

---

Herausgegeben von Peter-Jürgen Ergenzinger, Dieter Jäkel, Hans-Joachim Pachur  
und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 45

Günter Bertzen

# Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees

150 Seiten, 19 Figuren, 2 Tabellen, 38 Abbildungen, 7 Anlagen

1987

---

Im Selbstverlag des Institutes für Physische Geographie der Freien Universität Berlin

ISBN 3 - 88009 - 044 - 0

*Günter Bertzen*

Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees



BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

---

Herausgegeben von Peter-Jürgen Ergenzinger, Dieter Jäkel, Hans-Joachim Pachur  
und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 45

Günter Bertzen

# Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees

150 Seiten, 19 Figuren, 2 Tabellen, 38 Abbildungen, 7 Anlagen

1987

---

Im Selbstverlag des Institutes für Physische Geographie der Freien Universität Berlin

ISBN 3 - 88009 - 044 - 0

## Vorwort

Die Idee zu dieser gewässergeschichtlichen Arbeit geht zurück auf erste Diatomeenanalysen an Sedimenten des Tegeler Sees im Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie der Freien Universität Berlin bei Frau Professor Dr. U. GEISSLER. Die Ergebnisse der wenigen Stichproben ließen für eine paläoökologische Analyse interessante Befunde erwarten.

Herr Professor Dr. H.-J. PACHUR vom Institut für Physische Geographie der Freien Universität Berlin überließ mir für eine quantitative Untersuchung zwei bis in den mineralischen Untergrund hinabreichende Bohrkerne und ermöglichte das Vorhaben, dafür danke ich ihm sehr herzlich. Überdies gilt Herrn Professor Dr. PACHUR mein besonderer Dank für die Einrichtung eines Arbeitsplatzes und für die Betreuung der Arbeit.

Großzügige Unterstützung gewährte mir Frau Professor Dr. U. GEISSLER bei der Bearbeitung des umfangreichen Probenmaterials. Die Diskussion taxonomischer Probleme, aber auch der technisch apparative Beistand waren eine wertvolle Hilfe, für die ich sehr dankbar bin.

Danken möchte ich ebenso Herrn Professor Dr. J. GERLOFF, Emeritus, Botanisches Museum Berlin, für seine Gesprächsbereitschaft und für die Klärung vieler Fragen aus der Systematik und der Taxonomie. Vielfältige Anregungen und Hinweise zur Sedimentbearbeitung und bei der Artenbestimmung verdanke ich Frau H.

HÅKANSSON, Kvartärbiologiska laboratoriet, Lunds Universitet, Schweden. Ihre freundliche Hilfe hat mir die Arbeit oft erleichtert. Herrn G. BRAUN, Institut für Physische Geographie der Freien Universität Berlin, danke ich herzlich für die Aufstellung eines Computer-Graphik-Programms.

Ferner danke ich Herrn K. LOBIG, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, für die Benutzung des Rasterelektronenmikroskopes, Frau R. JAHN, Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie der Freien Universität Berlin, für die Aufbereitung von Sedimentproben sowie den Herren J. SCHULZ und R. WILLING, Institut für Physische Geographie der Freien Universität Berlin, für die Reinzeichnung einiger Figuren und ihre Hilfe bei reproduktionstechnischen Arbeiten. Für die Verkleinerung der Computer-Graphiken danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Kartographie der Freien Universität Berlin, den Herren P. WAIBEL und B. FÖRSTER.

Berlin und Arnsberg, im Oktober 1985

GÜNTER BERTZEN

Den Herausgebern der Berliner Geographischen Abhandlungen, insbesondere Herrn Professor Dr. D. JÄKEL, danke ich für die Aufnahme der Arbeit in diese Reihe.

Arnsberg, im November 1987

GÜNTER BERTZEN

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung . . . . .	9
1.1 Anliegen der Arbeit . . . . .	9
1.2 Diatomeen als Forschungsobjekte . . . . .	9
2. Das Untersuchungsgebiet . . . . .	10
2.1 Geographische Lage und Geologie . . . . .	10
2.2 Das Seebecken . . . . .	10
3. Material und Methode . . . . .	12
3.1 Die Sedimente . . . . .	12
3.2 Beprobung . . . . .	14
3.3 Sedimentaufbereitung . . . . .	16
4. Die fossilen Diatomeen des Tegeler Sees . . . . .	16
4.1 Artenbestimmung . . . . .	16
4.2 Ergebnis der Auszählung . . . . .	17
4.3 Vorkommen wichtiger Diatomeen . . . . .	17
5. Diatomeengesellschaften und Interpretation . . . . .	20
5.1 Das Spätpleistozän . . . . .	20
5.1.1 Die Basis . . . . .	22
5.1.2 Der Mittelabschnitt . . . . .	25
5.1.3 Die Jüngere Dryaszeit . . . . .	28
5.1.4 Diskussion der spätpleistozänen Diatomeenflora . . . . .	30
5.2 Das Holozän . . . . .	32
5.2.1 Präboreal und Boreal . . . . .	34
5.2.2 Das Atlantikum . . . . .	36
5.2.3 Das Subboreal . . . . .	39
5.2.4 Das Subatlantikum . . . . .	41
6. Paläoökologische Analyse . . . . .	43
6.1 Wasserstand und Klima . . . . .	44
6.1.1 Das Spätpleistozän . . . . .	44
6.1.2 Das Holozän . . . . .	47
6.2 Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt . . . . .	50
6.2.1 Das Spätpleistozän . . . . .	52
6.2.2 Das Holozän . . . . .	55
6.3 Nährstoffangebot . . . . .	57
6.3.1 Das Spätpleistozän . . . . .	58
6.3.2 Das Holozän . . . . .	60
7. Zusammenfassung / Summary . . . . .	63
7.1 Zusammenfassung . . . . .	63
7.2 Summary . . . . .	66
8. Quellenverzeichnis . . . . .	68
9. Anhang . . . . .	71

## Verzeichnis der Figuren, Tabellen, Abbildungen auf Tafeln und Anlagen

	Seite
Fig. 1: Das Wassereinzugsgebiet des Tegeler Sees . . . . .	11
Fig. 2: Der Tegeler See . . . . .	13
Fig. 3: Schematischer Aufbau der Sedimentkerne . . . . .	15
Fig. 4: Diatomeen-Statistik. . . . .	18
Fig. 5: Stetigkeitstypen und Tendenzen wichtiger Diatomeen des Tegeler Sees . . . . .	19
Fig. 6: Der älteste Abschnitt. . . . .	23
Fig. 7: Die Allerödzeit und die ältesten Mudden. . . . .	26
Fig. 8: Die Jüngere Dryaszeit und das beginnende Präboreal. . . . .	27
Fig. 9: Diatomeengesellschaften des Tegeler Sees im Spätpleistozän und Präboreal . . .	31
Fig. 10: Diatomeengesellschaften des Tegeler Sees im Holozän . . . . .	33
Fig. 11: Seespiegelschwankungen im Spätpleistozän und frühen Holozän. . . . .	45
Fig. 12: Verteilung der Lebensformen in der Böllingzeit, Zone I . . . . .	46
Fig. 13: Seespiegelschwankungen im Holozän . . . . .	49
Fig. 14: Salzgehalt der Biotope und Entwicklungsmaxima ökologischer Gruppen . . . . .	52
Fig. 15: Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt im Spätpleistozän und frühen Holozän . . . . .	53
Fig. 16: Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt im Holozän . . . . .	54
Fig. 17: Nährstoffangebot im Spätpleistozän und frühen Holozän . . . . .	59
Fig. 18: Nährstoffangebot im Holozän . . . . .	61
Fig. 19: Seephasen und diatomeenanalytisch wahrscheinliche Grenzwerte wichtiger Ökofaktoren des Tegeler Sees im Spätpleistozän und Holozän. . . . .	65
Tab. 1: Verzeichnis der in den Proben erfaßten Diatomeen. . . . .	71
Tab. 2: Die nur im spätpleistozänen Sediment erfaßten Diatomeenarten. . . . .	21
Tafel I: Der Tegeler See . . . . .	127
Abb. 1: Die Bucht „Kleine Malche“	
Abb. 2: Blick vom Westufer über den Bohrort „Seemitte“ Richtung Tegel	
Tafel II: Beispiel einer warvig geschichteten Tonmudde aus dem Spätpleistozän (Allerödzeit) . . . . .	128
Abb. 3: Jahreszeitliche Schichtung	
Abb. 4: Vivianit-Einschlüsse	
Abb. 5: Tephralage der Laacher Eruption von 11 350 b.p.	
Tafel III: Melosira. . . . .	129
Abb. 6: Melosira granulata und Melosira granulata var. angustissima aus dem Präboreal	
Abb. 7: Melosira granulata aus dem Präboreal, Endzelle mit langen Dornen	
Abb. 8: Melosira granulata aus dem Präboreal, Discusfläche punktiert, Randzähne	
Tafel IV: Melosira. . . . .	130
Abb. 9: Melosira italica, Präboreal	
Abb. 10: Melosira islandica, Jüngere Dryaszeit	
Abb. 11: Melosira ambigua, Subatlantikum	

	Seite
Tafel V: Cyclotella . . . . .	131
Abb. 12: Cyclotella ocellata, Jüngere Dryaszeit	
Abb. 13: Cyclotella ocellata, Spätpleistozän	
Abb. 14: Cyclotella ocellata, Übergangsform nach C. kützingiana var. planetophora, Jüngere Dryaszeit	
Tafel VI: Cyclotella . . . . .	132
Abb. 15: Cyclotella cf. atomus, Atlantikum	
Abb. 16: Cyclotella cf. atomus, Atlantikum	
Tafel VII: Cyclotella . . . . .	133
Abb. 17: Form von Cyclotella cf. kützingiana var.	
Abb. 18: Form von Cyclotella cf. kützingiana var.	
Abb. 19: Form von Cyclotella cf. kützingiana var.	
Tafel VIII: Stephanodiscus . . . . .	135
Abb. 20: Stephanodiscus hantzschii, feinstrukturierte Schale, Atlantikum	
Abb. 21: Stephanodiscus hantzschii, grobstrukturierte Schale, Atlantikum	
Abb. 22: Stephanodiscus hantzschii, sporangiale Form, Atlantikum	
Tafel IX: Diatomeen aus den spätpleistozänen Sanden der Profilbasis . . . . .	136
Abb. 23: 32,60 m – 33,10 m Sedimenttiefe	
Abb. 24: 32,60 m – 33,10 m Sedimenttiefe	
Tafel X: Litoraldiatomeen der organogenen Zwischenlage . . . . .	138
Abb. 25: 29,44 m Sedimenttiefe	
Abb. 26: 29,44 m Sedimenttiefe	
Tafel XI: Spätpleistozäne Diatomeen aus den ältesten Tonablagerungen . . . . .	140
Abb. 27: 28,56 m Sedimenttiefe	
Tafel XII: Allerödzeitliche Litoraldiatomeen . . . . .	141
Abb. 28: 27,88 m Sedimenttiefe	
Tafel XIII: Diatomeengesellschaften am Ende des Spätpleistozän . . . . .	142
Abb. 29: 27,38 m Sedimenttiefe	
Abb. 30: 26,78 m Sedimenttiefe	
Tafel XIV: Borealzeitliche Planktondiatomeen . . . . .	144
Abb. 31: 24,03 m Sedimenttiefe	
Abb. 32: 24,03 m Sedimenttiefe	
Tafel XV: Planktondiatomeen im Atlantikum . . . . .	146
Abb. 33: 19,45 m Sedimenttiefe	
Abb. 34: 19,45 m Sedimenttiefe	

Tafel XVI:	Subboreale Planktondiatomeen . . . . .	148
Abb. 35:	15,54 m Sedimenttiefe	
Abb. 36:	13,76 m Sedimenttiefe	
Tafel XVII:	Plankton- und Litoraldiatomeen aus dem Subatlantikum . . . . .	150
Abb. 37:	8,81 m Sedimenttiefe	
Abb. 38:	8,81 m Sedimenttiefe	
Anlage 1:	Vorkommen wichtiger Planktondiatomeen	
Anlage 2:	Klimagang und Wasserstandsschwankungen im Spätpleistozän und frühen Holozän	
Anlage 3:	Klimagang und Wasserstandsschwankungen im Holozän	
Anlage 4:	Elektrolytkonzentration und pH-Entwicklung im Spätpleistozän und frühen Holozän	
Anlage 5:	Elektrolytkonzentration und pH-Entwicklung im Holozän	
Anlage 6:	Entwicklung des Nährstoffangebotes im Spätpleistozän und frühen Holozän	
Anlage 7:	Entwicklung des Nährstoffangebotes im Holozän	

# 1. Einleitung

## 1.1 Anliegen der Arbeit

Der Tegeler See im Nordwesten Berlins wird wegen seiner Stadtnähe in vielfacher Hinsicht genutzt. Der See dient der Naherholung, er ist Binnenschiffahrtsweg, an seinen Ufern liegen Brunnengalerien der Berliner Wasserwerke, und das im Osten angrenzende Gebiet ist Standort bedeutender Industrie. Die größte Belastung für den See sind aber die seit Jahrzehnten über das Tegeler Fließ zugeführten Sickerwässer der nördlich von Berlin gelegenen Rieselfelder. Starke Eutrophierung und Faulschlammabildung sind die sichtbaren Folgen.

Zur Sicherung des Freizeitwertes und der wirtschaftlichen Nutzung wird der See seit einigen Jahren restauriert. Belüftung der tieferen Wasserschichten und Reinigung des Fließwassers (Phosphatentzug) sollen den See allmählich wieder zu einem naturnahen Gewässer werden lassen, das auch den Anforderungen des Naturschutzes genügt. Dabei stellt sich die Frage nach dem naturgemäßen Zustand eines durchflossenen Sees in der Warschau-Berliner-Urstromtalung. Eine Antwort kann von den im Sediment fossil erhaltenen Überresten ehemaliger Lebewesen abgeleitet werden. So ist nachfolgend versucht worden, anhand der sich wandelnden Kieselalgenflora den ursprünglichen Seencharakter zu bestimmen. Schwankungen wichtiger Ökofaktoren, wie Nährstoffangebot, pH-Wert, Elektrolytgehalt und Wassertiefe, sind seit dem Spätpleistozän nachgezeichnet. Befunde der Sedimentanalysen sind berücksichtigt, stehen aber anders als in sedimentchemisch ausgerichteten Untersuchungen an zweiter Stelle.

Die Rekonstruktion der Diatomeenflora und der Gewässerentwicklung ermöglicht gleichzeitig einen Einblick in die Landschaftsgeschichte

unserer Region und gestattet überregional einen Vergleich mit jungquartären Diatomeenfloren und Seeökotopen.

## 1.2 Diatomeen als Forschungsobjekte

Kieselalgen sind eine der arten- und formenreichsten Algengruppen überhaupt. Ihr Lebensraum ist überall dort, wo Photosynthese möglich ist und genügend Wasser zur Verfügung steht. So sind sie weltweit verbreitet mit einem Schwerpunkt im Salzwasser der Ozeane. Aber auch Süßwasserbiotope, bei uns vor allem die zahlreichen im Pleistozän entstandenen Seen, bieten den Diatomeen vorzügliche Lebensbedingungen. Ferner entwickeln sich Kieselalgen auf allen ausreichend feuchten Substraten, ihre Schalen sind zudem beinahe allgegenwärtig - sie finden sich verschleppt selbst im Innern der menschlichen Organe (GEISSLER & GERLOFF 1966).

Die faszinierende Formenvielfalt, aber auch die gute Haltbarkeit der Schalen hat die Diatomeen zu einem bevorzugten Objekt der Mikrobiologie werden lassen. Seit langer Zeit werden Diatomeen für taxonomische Studien herangezogen, Artenbildung und Abläufe der Evolution können an fossilem Material verfolgt werden, an rezenten Kieselalgen wird das ökologische Verhalten der Arten studiert.

Anwendung findet die Diatomeenkunde bei der Qualitätsbeurteilung von Gewässern (seit KOLKWITZ & MARSSON 1908), in der Paläolimnologie und neuerdings zur Indikation von Immissionswirkungen (DAVIS et al. 1983). Ergebnisse der Diatomeenanalyse dienen zum Beispiel in Skandinavien als Leitkriterien bei Gewässerrestaurierungsvorhaben (DIGER-FELDT 1972, 1980).

## 2. Das Untersuchungsgebiet

### 2.1 Geographische Lage und Geologie

Der Tegeler See liegt am nordwestlichen Stadtrand von Berlin im Warschau-Berliner-Urstromtal. Er ist mit der seenartig erweiterten Havel verbunden und wird von ihr zur Elbe hin entwässert. Das direkte Wassereinzugsgebiet des Sees befindet sich nordöstlich im Bereich der Hochfläche des Barnim. Darüber hinaus erhält der See einen erheblichen Zufluß aus der Oberhavel (Atlas DDR 1981, Hydrographische Übersicht, Topographische Übersichtskarte Berlin, Maßstab 1 : 200 000).

Zwischen den Moränen des Brandenburger Stadiums und der Frankfurter Staffel gelegen, ist das Alter des Sees eingegrenzt. Folgerichtig wurden die weichselzeitlichen Sedimente in der näheren Umgebung des Sees während des weitesten Eisvorstoßes (Brandenburger Stadium) und zur Zeit des bereits nördlich von Berlin gelegenen Eisrandes (Frankfurter Staffel) abgelagert.

Das Wassereinzugsgebiet der Oberhavel wurde erst später eisfrei und erhielt durch Schmelzwässer jüngerer Eisrandlagen Sedimentzufuhr (Fig. 1; Atlas DDR 1981, Genese und Reliefformen, Geomorphologische Übersichtskarte Berlin/Potsdam, Maßstab 1 : 200 000).

Direkter Vorfluter ist der Tegeler See für den Südwesten der Grundmoränenlandschaft der Barnimhochfläche. Sande und Kiese, verbreitet auch Geschiebemergel, bilden das Anstehende. Am Westrand des Barnim, zur Urstromtalung hin, decken großflächige Flugsandfelder die Moränen und glazifluvial gebildeten Sedimente ab. Die jüngsten Ablagerungen sind die im Fließtal auftretenden organogenen Sedimente des Holozän (Planungsatlas Berlin 1962, Geologie, Geologische Übersichtskarte von Berlin (West), Maßstab 1 : 50 000).

Eine Besonderheit im Wassereinzugsgebiet des Fließes ist der in Lübars bis auf wenige Dezimeter unter die heutige Oberfläche her-

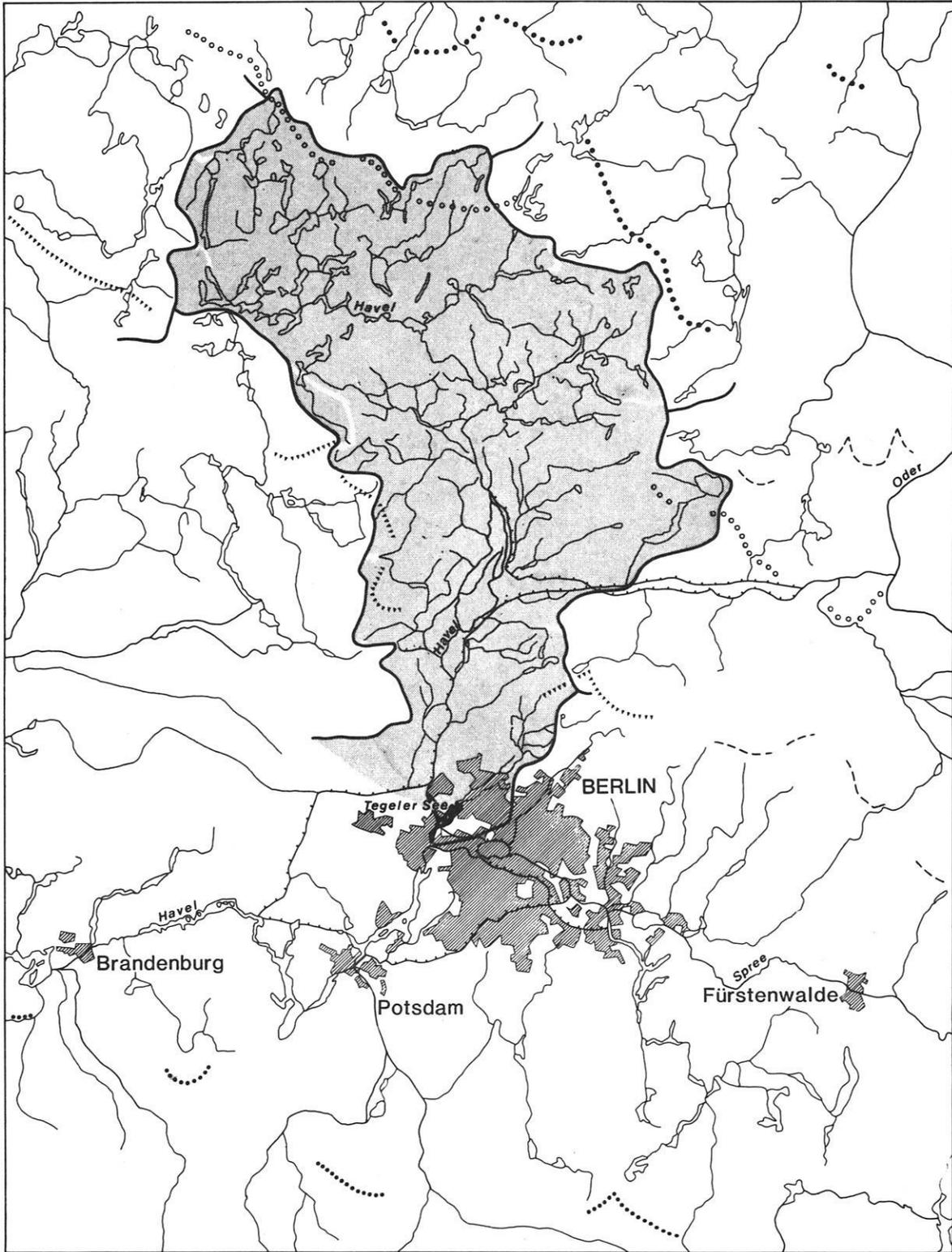
aufreichende tertiäre Untergrund. Er besteht aus Septarienton, einer marinen Bildung des Oligozän (ASSMANN 1957). FREY (1975) deutet den Septarienton als Scheitel einer halokinetischen Aufwölbung. Ähnliche Strukturen (Salzdome) sind aus vielen Bereichen Norddeutschlands bekannt und auch für die weitere Umgebung Berlins (z.B. Rüdersdorf) nachgewiesen.

Das Einzugsgebiet der den See beeinflussenden Oberhavel liegt im Bereich meist kalkreicher Moränen und Schmelzwasserbildungen. Im Vorfeld der ehemaligen Eisrandlage des Pommerschen Stadiums, der Mecklenburger Seenplatte, aber auch in den Urstromtalungen entwässert die Havel größere Niedermoorgebiete mit organogenen Sedimenten. Durch den hohen Kalknachschiebung aus den Grundmoränen dürfte das Havelwasser während des gesamten Postglazials gut gepuffert gewesen sein (Atlas DDR 1981, Geologie Quartär).

Das Seebecken selbst ist in die Talsande der Urstromtalung eingetieft. Im Westen und Nordwesten reichen dem Talboden aufgesetzte spätglaziale Flugsande (Dünen) bis an das Seeufer. Südlich begrenzt in einigen Abschnitten eine mit organogenen Sedimenten des Holozän verfüllte Rinne den See. Nacheiszeitliche vorwiegend organische Sedimente bilden im Bereich der Einmündung des Tegeler Fließes das Seeufer (Deutscher Planungsatlas Berlin 1962, Geologie, Geologische Übersichtskarte von Berlin (West), Maßstab 1 : 50 000).

### 2.2 Das Seebecken

Das Becken des Tegeler Sees ist im Randbereich einer präpleistozänen Rinne angelegt. Nach FREY (1975) ist diese Rinne über 180 m in das bei NN liegende Tertiär eingetieft und mit pleistozänen Sedimenten verfüllt. Heute liegt die Landoberfläche in der Umgebung des Tegeler Sees bei rund +35 m NN. Die hier dem Tertiär aufliegenden 30-40 m mächtigen Ablagerungen entstammen der Weichsel-Eiszeit.



0 10 20 30 km

Kartengrundlage: Atlas DDR 1981

- Wasserscheide
- ..... Weichselzeitliche Eisrandlagen
- ..... Gerswalder Randlage
- ..... Pommersches Stadium
- ..... Frankfurter Randlage
- ..... Brandenburger Stadium
- andere

Fig. 1: Das Wassereinzugsgebiet des Tegeler Sees.

Nur im Verlauf der Rinne sind darunter Sedimente des Saale-Glazials, des Holstein-Interglazials und des Elster-Glazials erbohrt worden. Das Seebecken selbst ist in den Ablagerungen der Weichsel-Eiszeit, in der unteren Niederterrasse der Urstromtalung, angelegt. Rechnet man die rezente Wassertiefe und die spät- und nacheiszeitliche Sedimentmächtigkeit zusammen, so war die Hohlform zu Beginn gut 48 m tief und reichte mehr als 15 m in die Sedimentfüllung der Rinne hinab.

Mit Sicherheit hat das präpleistozäne Relief die Anlage des Seebeckens in dieser Position begünstigt. Die heranrückenden Eisströme folgten sehr wahrscheinlich den vorgegebenen Tiefenlinien und konservierten Hohlformen. Im Falle des Tegeler-See-Beckens liegt eine zusätzliche glazigene Eintiefung nahe, Bohrergebnisse aus der unmittelbaren Seenähe bestätigen das (FREY 1975).

Den Abschluß der ursprünglichen Ausformung des Seebeckens vermuten PACHUR & HABERLAND (1977) 17 400 Jahre vor der Gegenwart. Das Becken, so schließen sie, muß zu dieser Zeit recht steilwandig gewesen sein (Hangneigung  $> 6^\circ$ ) und beträchtliche Reliefunterschiede gezeigt haben. Reflektionsseismisch konnten sie im Holozän verfüllte tiefe Rinnen nachweisen.

Nicht geklärt ist die Erhaltung der quer im Warschau-Berliner-Urstromtal liegenden tie-

fen Depression. In der Talung flossen Schmelzwässer der Abtauphase des Brandenburger Stadiums und später der Frankfurter Staffel nach Nordwesten ab. Das vermutlich mit großer Sedimentfracht beladene Wasser müßte ein solches Becken in kurzer Zeit verfüllen. HAGEDORN & HÖVERMANN (1962) deuten die Depression deshalb als Kryokarsterscheinung, als Folge des erst nach dem Abfluß der Schmelzwässer ausgetauten Tot-eises. Gegen diese Erklärung spricht die sicher nur kurze Lebensdauer von Eis bei Wasserkontakt (vgl. PACHUR & RÖPER 1984). Geht man von einer nicht vollständigen Überflutung des Urstromtals aus, so dürfte im Bereich des Tegeler Sees die Fließgeschwindigkeit und damit die Schleppekraft des Wassers nicht sehr groß gewesen sein. Eine Erhaltung des Beckens im Randbereich der Talung wäre somit auch ohne Eisfüllung wahrscheinlich.

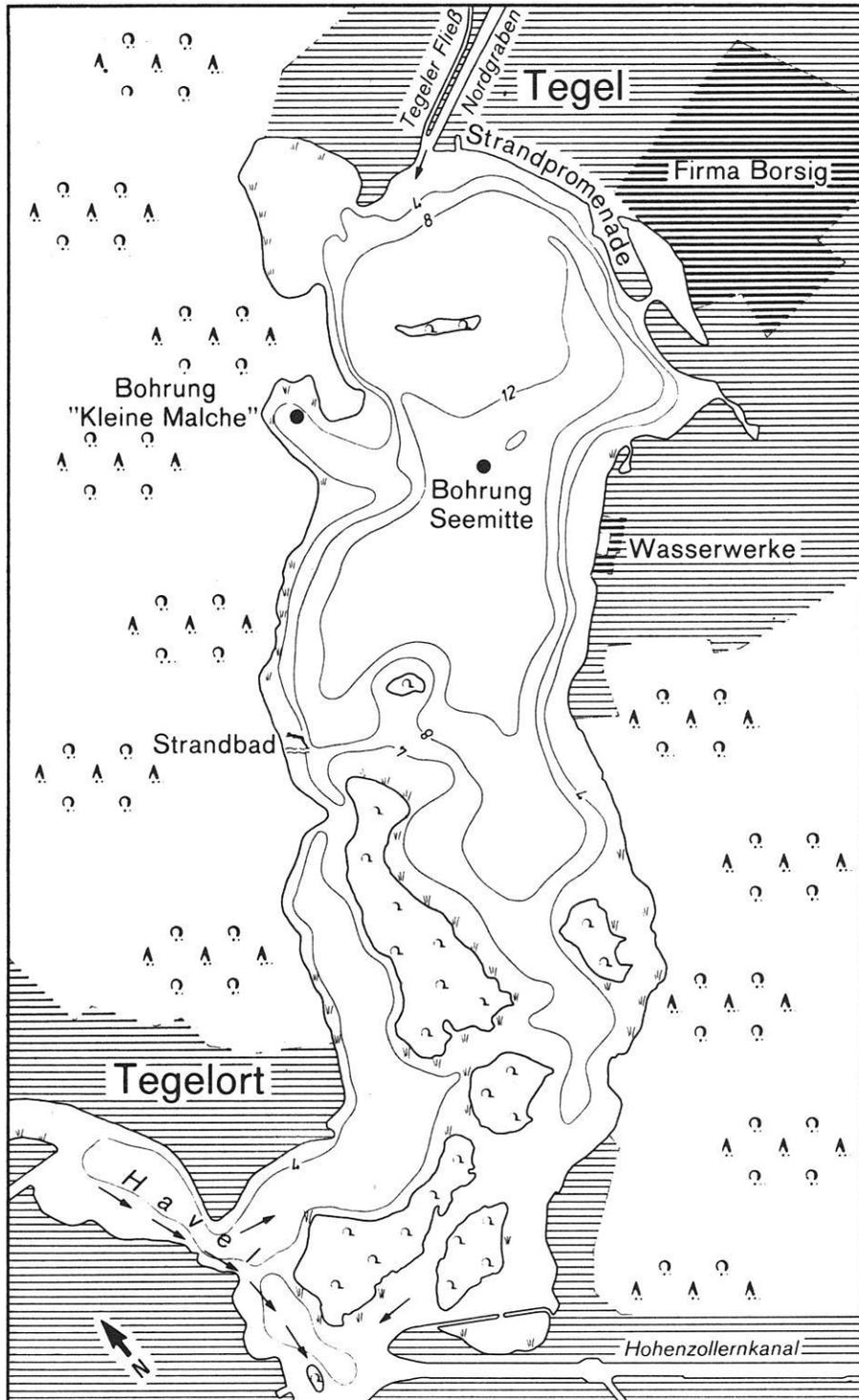
Nach spätpleistozäner und holozäner Sedimentverfüllung ist das Becken heute kaum noch 20 m in die umgebende Landoberfläche eingesenkt. Die größte Wassertiefe erreicht der See mit 16 m südlich der Insel Haselwerder, die Verbindungsrinnen zur Oberhavel sind derzeit wenig mehr als 2 m tief. Insgesamt bedeckt die Wasserfläche des Tegeler Sees 406 ha (HÄSSELBARTH 1974). Form, Gliederung und Wassertiefe des heutigen Tegeler Sees sind in Fig. 2 dargestellt.

### 3. Material und Methode

#### 3.1 Die Sedimente

Nach vorausgehenden Bohrungen und reflektionsseismischen Messungen war im Seetiefsten mit organogenen Sedimenten von mindestens 25 m Mächtigkeit zu rechnen. Ein für solche Tiefen geeignetes Bohrverfahren ist die Methode nach STADE und KAHL (vgl. PACHUR & RÖPER 1982). In der Bohrung See-

mitte konnte mit diesem Verfahren unterhalb 15 m Wassertiefe ein 33,50 m langer Sedimentkern entnommen werden. Zwischen 3,40 m und 29,40 m Sedimenttiefe wurde das Material lagerungsgerecht und ohne Verlust geborgen. Die oberen 3,40 m Sediment gingen verloren, wurden aber unmittelbar neben der Hauptbohrung parallel erfaßt. Wegen des hohen Wassergehaltes konnten davon nur Mischproben



-  bebauten Flächen
-   Waldgebiete
-  Schilf

Maßstab 1 : 25 000  
 0 500 1000 m

Fig. 2: Der Tegeler See.

50 cm langer Segmente abgegrenzt werden. Ebenfalls als Mischproben stehen die pleistozänen Sande der Profilbasis zwischen 28,60 m und 33,50 m Tiefe zur Verfügung. Als Vergleich zum Sediment der Seemitte dient ein ufernah geborgener 15 m langer Bohrkern aus der Bucht "Kleine Malche" (Fig. 2 und Tafel I).

Bis auf den basisnahen Bereich bestimmen organogene Sedimente die Füllung des Seebeckens. Seit dem frühen Holozän sind in der Kleinen Malche über 13 m und in der Seemitte mehr als 26 m Kalkmudde abgelagert worden (Fig. 3). Der untere Teil dieser Mudden zeigt bis in das Boreal hinein eine Schichtung, die mit abnehmendem Sedimentalter allmählich ausklingt. Die darüberliegenden Sedimente sind ungliedert, unterscheiden sich im obersten Bereich aber nach ihrem Wassergehalt. Nur im Profil Seemitte treten zwischen 14 m und 15 m Tiefe (Subboreal) kurzzeitig erneut Schichtungen auf. Deutlich gegliedert sind die Ablagerungen des Spätpleistozäns. Die meist stark warvig geschichtete Tonmudde wird immer wieder durch Sandlagen bzw. durch Abschnitte mit höherem Sandgehalt unterbrochen (Fig. 3). Stark verschieden ist auch die Schichtdicke der einzelnen Sedimentlagen. An der Basis beider Bohrungen ist in unterschiedlicher Mächtigkeit der pleistozäne Sand erfaßt. Im oberen Bereich der Sande konnten PACHUR & RÖPER (1982) regelmäßige Abfolgen von größeren und kleineren Körnern nachweisen. In der gesamten Mächtigkeit enthalten die Sande Einstreuungen von organischen Partikeln.

Die zeitliche Gliederung der Sedimente beruht auf palynologischen Untersuchungen von BRANDE (in PACHUR et al. 1977, 1982). Eine absolute Zeitmarke ist die in beiden Bohrungen gefundene Tephralage der Laacher Eruption von 11 350 b.p. (Tafel II). Der Beginn der Sedimentation ist pollenanalytisch nicht belegt - die Auszählung der Jahresschichten unterhalb der Tufflage verweist auf ein maximales Alter der frühesten Mudde von 11 816 b.p. (PACHUR & RÖPER 1982). Demnach liegt die Akkumulation der geschichteten Sande wenigstens 12 000 Jahre zurück. Sedimentologisch nicht belegbar ist das Alter der untersten Quarzsande, doch ist ein Beginn der

Ablagerung am Ende des Pommerschen Stadiums,  $\geq 14\ 000$  b.p., nicht unwahrscheinlich (Kap. 5.1.4).

### 3.2 Beprobung

Weitreichenden Einfluß auf das Ergebnis haben die Probenwahl und die Art der Probenentnahme. Zur Beschreibung der langfristigen Gewässerentwicklung sind Probenabstände von 25-30 cm über die gesamte Kernlänge festgelegt worden. In Bereichen struktureller Veränderungen wurde das Beprobungsraster verdichtet. Um Kontamination zu vermeiden, ist Sedimentmaterial nur aus dem inneren Teil des Kerns, und zwar als eine 1 cm dicke Scheibe, entnommen worden. In einigen Fällen, aus Sedimenten der Profilbasis, wurden Schichten von einem bis zu wenigen Millimetern Durchmesser herauspräpariert.

Die nach Schichtdicke unterschiedlichen Proben repräsentieren die Sedimente verschieden langer Zeitabschnitte. PACHUR & HABERLAND (1977) geben für die Sedimente der Kleinen Malche eine mittlere Sedimentationsrate von ca. 1 mm/a an, wobei auf abweichende Werte, z.B. für die Basis, hingewiesen wird (Wechselagerung aus im Mittel 0,2 mm Ton und 0,3-0,5 mm Kalklutit). Nicht nur nach der Entstehungszeit, sondern auch nach dem Sedimentationsort ist der Sedimentzuwachs verschieden. Als maximale Rate gibt PACHUR (PACHUR & RÖPER 1982) für das Profil Seemitte während des Atlantikums 2,5 mm/a an.

Die 1 cm mächtigen Sedimentproben umfassen somit jeweils einen Zeitraum von mindestens vier Jahren bis zu einem Jahrzehnt. Ergebnisse aufgrund dieser Beprobung entsprechen also einem über Jahre hinweg gemittelten Zustand. Einzelereignisse, Extremwerte, können dagegen nur anhand der Sedimente einer Vegetationsperiode rekonstruiert werden. Eine sorgfältige Präparation der oft weniger als 1 mm dicken Lagen ist dann erforderlich. Dabei kann saisonal untergliedert werden. Nach Untersuchungen an eem-zeitlichen Kieselgurvorkommen (BENDA 1974) entsprechen die hellen Schichten dem Vor- und Voll-Frühling, die dunklen Lagen den übrigen Jahres-

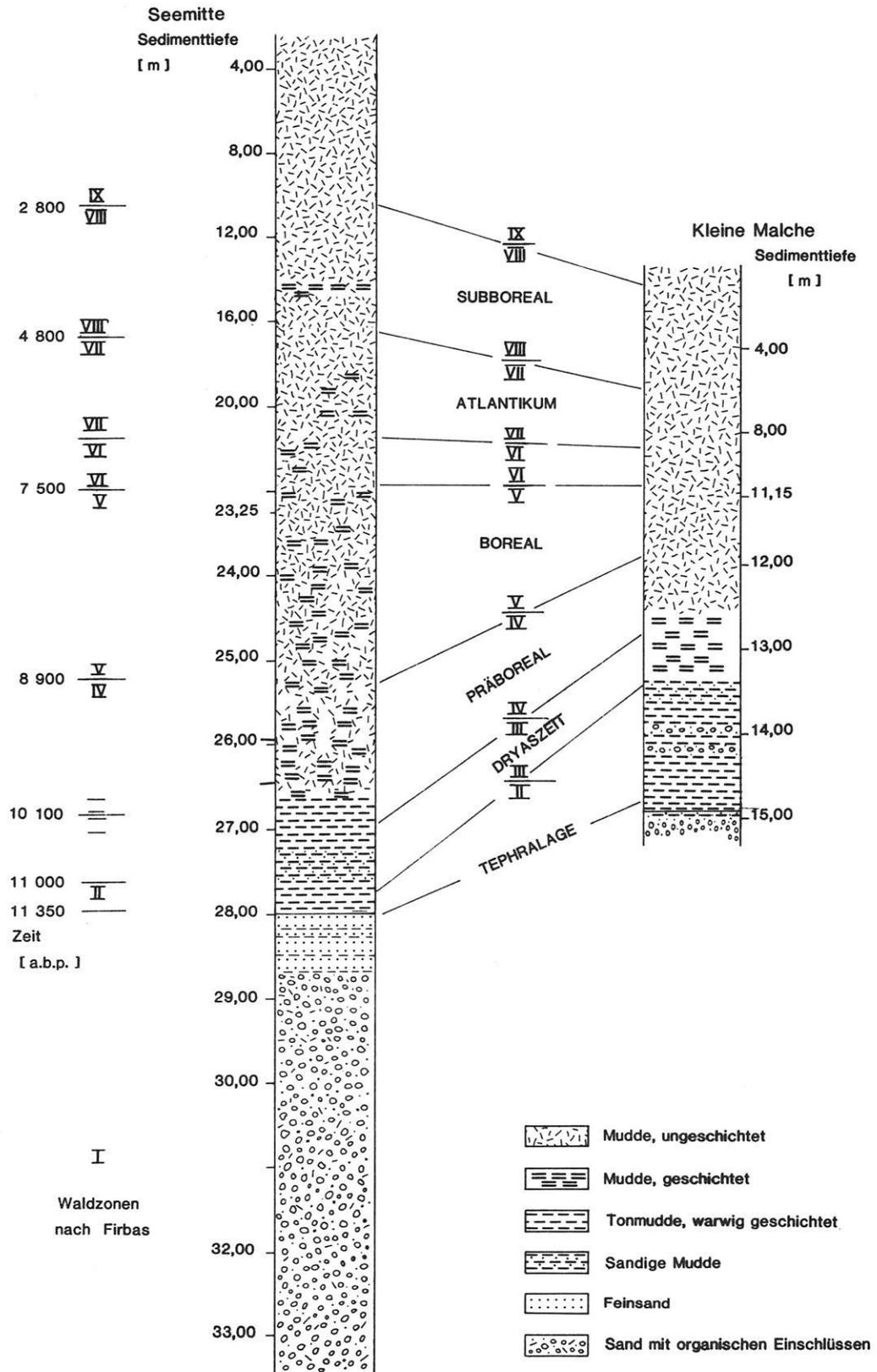


Fig. 3: Schematischer Aufbau der Sedimentkerne.

zeiten (Tafel II). Aus den Sedimenten des Tegeler Sees wurden in wenigen Fällen aus basisnahen Abschnitten Jahreslagen bzw. Lagen des Frühjahrs gesondert bearbeitet.

Schwer einschätzbar ist die Entstehungsdauer der 50 cm mächtigen Bereichsproben. Das Sediment wurde jeweils nach guter Durchmischung entnommen - bei den Sanden der Basis war zusätzlich eine Anreicherung der Diatomeenfraktion notwendig.

### 3.3 Sedimentaufbereitung

Zur Vorbereitung der mikroskopischen Analyse sind die organischen Bestandteile aus dem Substrat zu entfernen. Standardmethode war lange Zeit der Einsatz starker Oxydantien,

wie etwa Salpeter- und Schwefelsäure (HUSTEDT 1958). JUSE (1966) beschreibt ein Verfahren zur Isolation der Diatomeen mit Hilfe einer Dichtentrennung. Als einfach durchführbares, diatomeenschonendes Vorgehen bietet sich bei leicht oxidierbaren Sedimenten die Behandlung mit  $H_2O_2$  an (vgl. z.B. DIGERFELDT 1972). Das Sediment wird homogenisiert und mit etwa 10%iger HCl vollständig entkalkt. Nach dem Auswaschen wird mit 30%igem  $H_2O_2$  bei 60°C oxidiert. Der mineralische Rückstand wird abschließend gereinigt. Die Sedimentproben des Tegeler Sees wurden sämtlich mit diesem Verfahren aufbereitet. Nach der Behandlung der Mudden blieben fast ausschließlich Diatomeenschalen zurück. Lediglich nahe der Basis traten Tone bzw. Sande als Verunreinigung hinzu.

## 4. Die fossilen Diatomeen des Tegeler Sees

### 4.1 Artenbestimmung

Grundlage der Diatomeentaxonomie in dieser Untersuchung sind die Standardwerke der Diatomeenkunde: HUSTEDT (1930-1961), HUSTEDT (1930), SCHMIDT (1885-1934), PATRICK & REIMER (1966, 1975), VAN DER WERFF & HULS (1976), CLEEVE-EULER (1951-1955), GERMAIN (1981).

Zusätzlich wurde eine Reihe von Gebietsflora zu Hilfe genommen, z.B. FOGED (1974, 1981, 1982), MÖLDER & TYNNI (1967-1973) und TYNNI (1975, 1976, 1978, 1980). Bei der Bestimmung spätpleistozäner Formen und Arten waren vergleichbare Arbeiten etwa von HUSTEDT (1948), HAWORTH (1975) und MARCINIAK (1973) hilfreich.

Zu dieser Bestimmungsliteratur kommt eine große Zahl neuer elektronenoptischer Studien

über einzelne Verwandtschaftskreise der Kieselalgen. Zwei Anschauungen können in der Diatomeensystematik unterschieden werden: Einerseits die Aufspaltung von Formenkplexen, die bisher unter einer Art zusammengefaßt waren, und aufbauend darauf die Neuordnung einzelner Gattungen. Hierher gehören Arbeiten von KRAMMER (1980, 1981) zu den Gattungen *Amphora* und *Cymbella* sowie morphologische Prüfungen der *Stephanodiscus*-Arten von ROUND (1981), HÅKANSSON & LOCKER (1981) und HÅKANSSON & STOERMER (1984a, 1984b). Andererseits wird versucht, Arten und Gattungen anhand von lichtmikroskopisch in der Vergangenheit nicht erkannten Merkmalen sowie durch Merkmalsneubewertungen zusammenzulegen. Beispiele sind die Zusammenfassung der Gattungen *Synedra* und *Fragilaria* (ROUND 1982, LANGE-BERTALOT 1980a) und die Revision der Gattung *Nitzschia* (z.B. LANGE-BER-

TALOT & SIMONSEN 1978, LANGE-BERTALOT 1980b). Untersuchungen der Formkreise um *Navicula lanceolata*, *Nav. viridula* und *Nav. cari* (LANGE-BERTALOT 1980c) und die Überarbeitung der Gattung *Achmanthes* (LANGE-BERTALOT & RUPPEL 1980) gehören ebenso dazu.

In der vorliegenden Untersuchung sind die Diatomeen überwiegend den Standardwerken folgend bestimmt worden. So sind *Amphora*-Formen, ähnlich *A. inariensis* (KRAMMER 1980), aus dem Spätpleistozän weiterhin als Varietät zur Art *Amphora ovalis* gestellt worden. Die Form zeigt Übergänge zu den Varietäten *libyca* und *pediculus*, eine Abgrenzung von der Art war lichtoptisch nicht eindeutig zu begründen.

Als getrennte Gattungen sind *Synedra* und *Fragilaria* beibehalten worden, der Formkreis um *Navicula lanceolata* ist ebenso den alten Formengrenzen folgend eingeordnet - einer später vielleicht notwendigen Zusammenfassung steht das nicht im Wege.

#### 4.2 Ergebnis der Auszählung

Insgesamt mehr als 60 000 Diatomeenschalen sind als Grundlage der vorliegenden Analyse bestimmt worden. Dabei wurden 327 Taxa und 227 Arten in 33 Gattungen erfaßt. Die Artenvielfalt in den einzelnen Proben ist erheblichen Schwankungen unterworfen (Fig. 4) Extremwerte dokumentieren z.B. die Probe 124 mit 70 Taxa, 49 Arten und 18 Gattungen sowie die Probe 74 mit 27 Taxa, 22 Arten und 12 Gattungen. Als durchschnittliche Schwankungsbreite kann bei den Taxa etwa der Bereich 35-45 angegeben werden. Die Artenzahlen bewegen sich zwischen 28 und 38, nur die Zahl der Gattungen bleibt mit durchschnittlich  $15 \pm 2$  stabil.

Das Ergebnis der Diatomeenbestimmung ist in der Artenliste (Tab. 1 im Anhang) zusammengestellt. Gattungen, Arten und Formen sind über den Probennummern und den entsprechenden Tiefen unter dem Seegrund abgetragen. Angegeben sind jeweils die Abundanzwerte. Natürlich hat der in den Proben verzeichnete Artenbestand gemäß der statistischen Erfassung nur repräsentativen Charakter. Bei der Durchsicht wurden jeweils 350-400 Schalen identifiziert und gezählt. Die in bestimmten

Kernabschnitten massenhaft auftretenden *Fragilaria*-Arten wurden gesondert registriert. Sie erweitern den Probenumfang vor allem an der Basis (Auszählverfahren vgl. CHOLNOKY 1968, DIGERFELDT 1972, GERSONDE 1980).

Zusätzlich zu den Kieselalgen sind in vielen Proben die *Chrysophyceen*-Cysten ausgezählt worden. Ihr Anteil ist in Prozent der Gesamtsumme der Diatomeen dargestellt (Fig. 4). Der durchschnittliche Gehalt liegt bei etwas über 5%. Maximalwerte bis über 25% sind an der Basis, in der Zone VI und der jüngsten Vergangenheit errechnet worden. Offenbar begleiten die Cystenschübe Zeiten mit rückläufigem Litoraleinfluß oder abnehmendem Nährstoffangebot. Die bisher wenig bekannte Autökologie und die nur klassenmäßige Bestimmung der *Chrysophyceen* lassen eine weitergehende ökologische Interpretation gewagt erscheinen.

#### 4.3 Vorkommen wichtiger Diatomeen

Bei formaler Analyse der Artenliste läßt sich eine große Zahl von Kieselalgen mehr oder weniger regelmäßigen Verbreitungsmustern zuordnen. Stetige Erfassung der Art, nicht ihre Abundanz gilt dabei als Kriterium. In Fig. 5 sind häufige Stetigkeitstypen und Tendenzen am Beispiel einiger wichtiger Arten skizziert.

So fanden sich zu allen Zeiten der Seegeschichte eine Reihe von Diatomeenarten mit großer Stetigkeit (Typ 1), andere zeigten zur Gegenwart hin zunehmende bzw. abnehmende Tendenz (Typen 6 und 7). Häufig sind Arten an bestimmte Zeitabschnitte geknüpft gewesen. Sehr deutlich ist diese Bindung bei den Typen 2, 3, 4, 5, 9 und 10. Typ 8 beschreibt vereinfacht das Verhalten einiger Kieselalgen aus verschiedenen Lebensräumen. Charakteristisch ist ihre Stetigkeit in den Zonen I-IV und ab der Zone VIII bis zur Gegenwart. Dazwischen sind die Arten nur sporadisch erfaßt. Fast umgekehrt proportional verhalten sich die Arten des Typs 11 - regelmäßig sind sie im Mittelabschnitt vertreten, später werden sie nur gelegentlich gefunden.

Neben diesen klar umrissenen Stetigkeitstypen treten viele Diatomeen sehr unregelmäßig in Erscheinung. Betroffen davon sind meist die

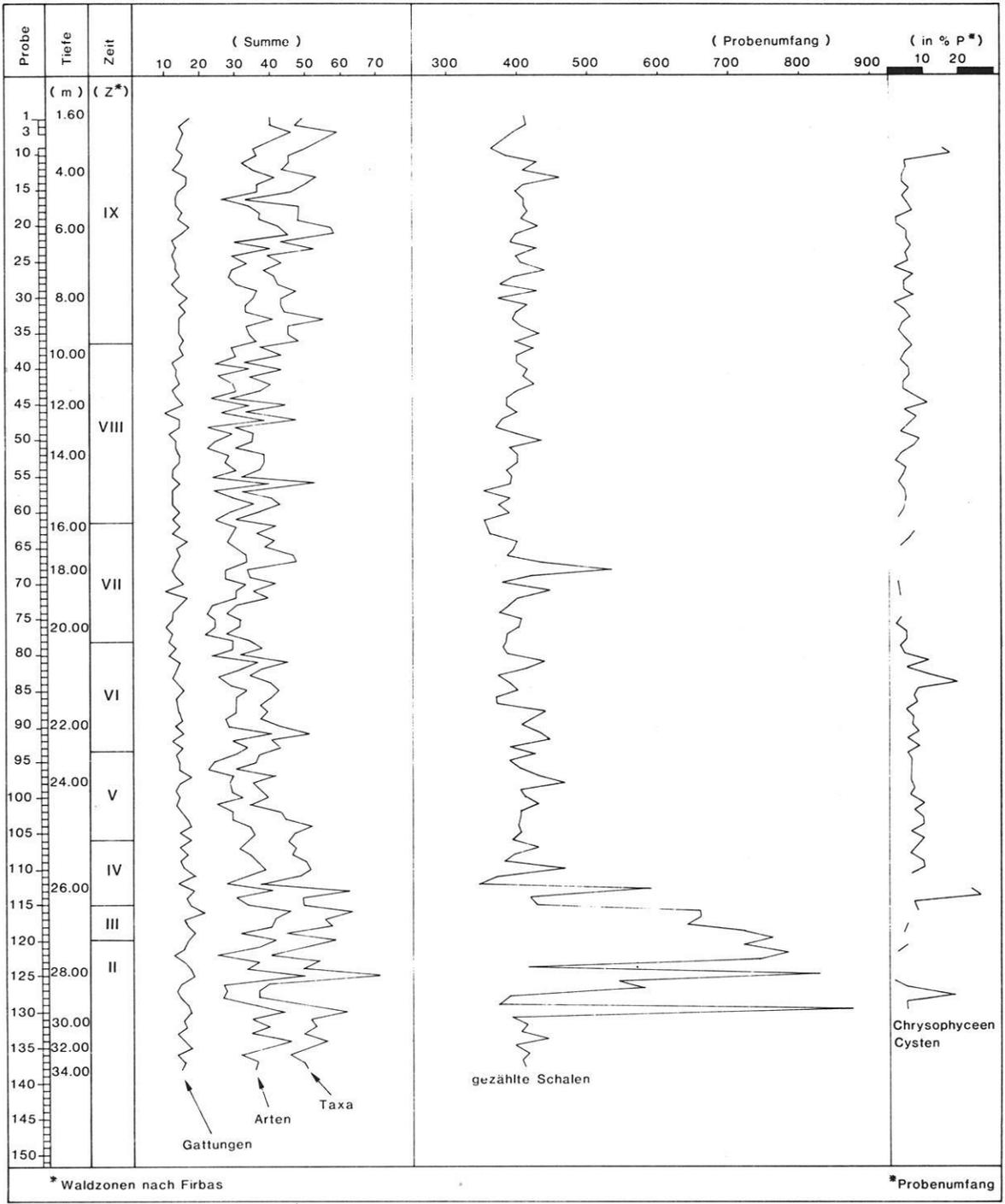


Fig. 4: Diatomeen-Statistik.

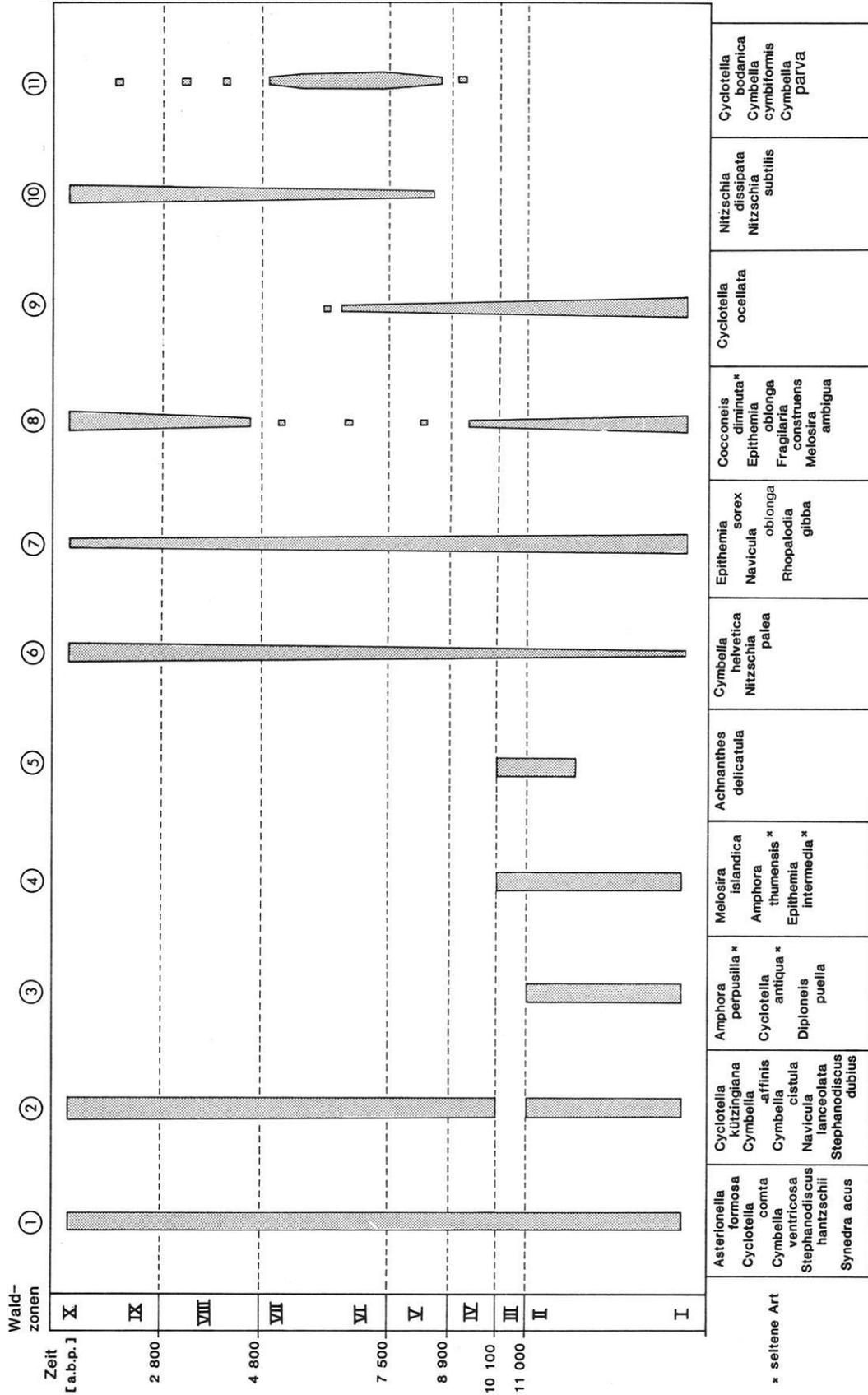


Fig. 5: Stetigkeitstypen und Tendenzen wichtiger Diatomeen des Tegeler Sees.

Arten mit geringer Abundanz. Insgesamt 29% der bei der Auszählung registrierten Arten sind jeweils nur in einer Probe gefunden worden, oft als einzelne Schale.

Als besonders interessante Gruppe sind die ausschließlich in den spätpleistozänen Proben

erfaßten Diatomeen zusammengestellt (Tab. 2). Vielfach sind das Arten, die auch heute im Gebiet leben, aber an andere Biotope gebunden sind. Einige der Diatomeen sind als Formen arktischer Gewässer bekannt, teilweise können sie als Leitformen zur Sedimentdatierung genutzt werden.

## 5. Diatomeengesellschaften und Interpretation

Die sich im Laufe der Zeit wandelnden Lebensbedingungen in einem Gewässerbiotop sind durch Abfolgen verschiedener Organismengemeinschaften belegt. Die Untersuchung der Sukzessionen ist somit eine fundamentale Methode zur Rekonstruktion sich verändernder Lebensräume. Wirkungen abiotischer und biotischer Faktoren können erfaßt werden.

Wegen der Resistenz ihrer Schalen und ihrer Häufigkeit haben die Diatomeen als Untersuchungsobjekt eine besondere Bedeutung erlangt. Gut bekannt sind heute Diatomeengesellschaften verschiedener Epochen des Quartärs - etwa des Holstein-Interglazials (BENDA 1974), des Eem-Interglazials (BEHRE 1962, BENDA 1974), des Spätpleistozäns (SIMONSEN 1957, FOGED 1965, ALHONEN 1968, MARCINIAK 1969, 1973, EVANS 1970, HAWORTH 1976, FJERDINGSTAD 1954) und des Holozäns (DIGERFELDT 1972, KALBE & WERNER 1974, KUKKONEN & TYNNI 1970, MARCINIAK 1973, KOIVO 1976).

Nicht unumstritten ist die Übernahme des Begriffs Gesellschaft aus der Soziologie der höheren Landpflanzen in die Diatomeenkunde. Zum einen stehen Kieselalgen auf eine andere Weise miteinander in Beziehung als die Gefäßpflanzen, zum anderen haben wir bei der Analyse fossiler Diatomeen streng genommen eine Tanatozönose im paläontologischen Sinn

vor uns (Todesgemeinschaft, hier in primärer Lagerstatt). Eine Reihe von Autoren vermeiden daher diesen Begriff und sprechen von vorherrschenden Formen (z.B. EVANS 1970, KALBE & WERNER 1974, MARCINIAK 1973), KORDE (1966) spricht von (Arten-)Komplexen, andere (STOERMER 1975, HAWORTH 1976) benennen aber "assemblages". Der Begriff Gesellschaft in Verbindung mit Diatomeen ist somit spezifisch zu betrachten (JØRGENSEN 1948: 6) und bedarf jeweils präziser Abgrenzung.

In der folgenden Analyse ist Gesellschaft formal im Sinn von vorherrschenden Formen gebraucht worden - zur Feinunterscheidung dienen die selteneren Arten.

### 5.1 Das Spätpleistozän

Die Diatomeenflora des Spätpleistozäns ist in der Untersuchung durch 23 Proben der Seemitte und sechs Vergleichsproben aus den Sedimenten der Kleinen Malche repräsentiert. Bemerkenswert sind die oft von Probe zu Probe stark veränderten Befunde.

Artenbestand, Diatomeengesellschaften wie Abundanzwerte sind während dieser Zeit überaus uneinheitlich. Trotzdem lassen sich diatomeenanalytisch, von einigen herausfallenden Proben abgesehen, drei größere Bereiche un-

Tab. 2: Die nur im spätpleistozänen Sediment erfaßten Diatomeenarten

Diatomeenarten	Zonen:	Vorkommen				Litoral- phase	Pelagial- phase	rezent arktische Verbreitung	im Gebiet nur fossil
		I	II	III	IV				
<i>Achnanthes delicatula</i>			x	x		x	x		
<i>Achnanthes dispar</i>		x				x			
<i>Achnanthes fragilarioides</i>		x		x		x	x		
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elliptica</i>		x	x		x	x			
<i>Achnanthes levanderi</i>			x			x			
<i>Achnanthes oestrupii</i>				x			x		
<i>Achnanthes peragalii</i>				x			x		
<i>Amphora thumensis</i>		x	x	x		x			
<i>Amphora veneta</i>		x	x		x	x	x		
<i>Cocconeis scutellum</i>		x	x			x			
<i>Cyclotella antiqua</i>		x	x			x	x		x
<i>Cyclotella distinguenda</i>		x				x	x		x
<i>Cymbella diluviana</i>				x			x		x
<i>Cymbella similis</i>		x				x			
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>brevis</i>				x			x		
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>producta</i>				x			x		
<i>Diploneis puella</i>		x	x			x	x		
<i>Epithemia intermedia</i>		x	x	x		x	x		
<i>Eunotia arcus</i> var. <i>fallax</i>		x				x			
<i>Fragilaria inflata</i>			x			x			
<i>Fragilaria lapponica</i>		x	x	x	x	x	x		
<i>Fragilaria leptostauron</i> var. <i>dubia</i>		x	x	x		x			
<i>Fragilaria leptostauron</i> var. <i>rhomboides</i>		x				x			
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>lancettula</i>		x	x			x			
<i>Fragilaria virescens</i>			x			x			
<i>Gyrosigma attenuatum</i>				x			x		
<i>Hantzschia pseudomarina</i>				x			x		
<i>Melosira distans</i>				x			x		
<i>Melosira islandica</i>		x	x	x			x	x	x
<i>Navicula anglica</i> var. <i>subsalsa</i>			x		x	x	x		
<i>Navicula interglacialis</i>		x	x	x		x	x		x
<i>Navicula jämfeltii</i>					x		x		
<i>Navicula lacustris</i>			x			x			
<i>Navicula modica</i>				x			x		
<i>Navicula mutica</i>		x					x		
<i>Navicula pseudoscutiformis</i>				x			x		
<i>Navicula vulpina</i>		x		x			x		
<i>Rhopalodia parallela</i>		x	x	x		x	x		

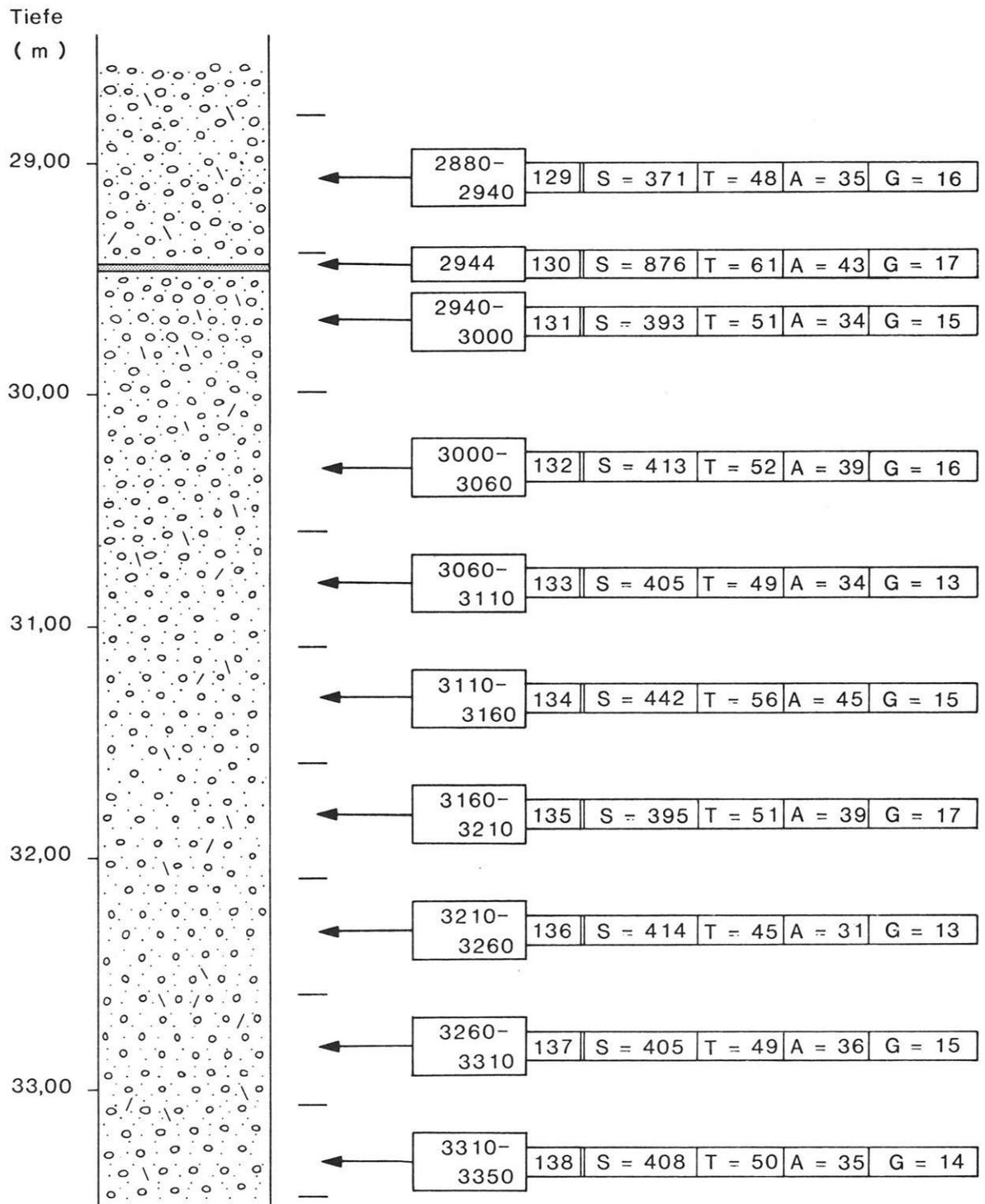
terscheiden: Die Basis, zeitlich schwer abzugrenzen, ein Mittelabschnitt, beginnend mit der Muddenbildung, pollenanalytisch im oberen Teil der Allerödzeit zugeordnet, und die Ablagerung der Jüngerer Dryaszeit.

### 5.1.1 Die Basis

Der unterste Abschnitt des Profils zwischen 28,80 m und 33,50 m wird hauptsächlich von Fein- und Mittelsand gebildet. Bis auf eine wenige Millimeter mächtige Lage bei 29,44 m Tiefe sind organische Reste selten und nur als einzelne Einschlüsse vorhanden (Fig. 6). Insgesamt wurden aus diesem Sediment 10 Proben untersucht. Aus bohrtechnischen Gründen sind das Mischproben 50-60 cm langer Abschnitte, die lückenlos aufeinanderfolgen. Nur aus der organischen Lage konnte eine ungestörte Einzelprobe gewonnen werden.

Bereits während der Akkumulation dieses mineralischen Sediments besiedelte eine arten- und formenreiche Diatomeenflora den Tegeler See (Tafel IX). Im Durchschnitt wurden bei der Auszählung 35 Arten je Probe erfaßt, wobei einem Maximalwert von 45 (P 134) ein kleinster Wert von 31 Spezies (P 136) gegenübersteht (Fig. 6). Dabei sind jeweils die Planktonarten bestimmend - 70-80% der in den einzelnen Proben gefundenen Schalen stammen von reinen Planktondiatomeen oder von überwiegend im Plankton angetroffenen Arten. Besondere Bedeutung im Diatomeenplankton hatten die zentrischen Gattungen *Cyclotella* und *Stephanodiscus* (Anlage 1). Schon in dieser frühen Phase des Tegeler Sees dominieren diese Sippen mit jeweils 30-35% Anteil. Mit meist mittelgroßen Formen ist *C. comta* in allen acht Proben mit  $10 \pm 2\%$  vertreten und verleiht zusammen mit *St. minutula* (8-10%) und *C. ocellata* (1-2%) den Gesellschaften ein typisches Aussehen. Rund 15% Anteil entfallen auf den Formenkreis um *C. kützingiana*, die Population besteht im Gegensatz zu späteren Seephase aber fast nur aus kleineren Individuen. Die für den Tegeler See charakteristische kleine *Stephanodiscus*-Form ist häufig und zusammen mit *St. hantzschii* mit 16-22% verbreitet (Tafel VIII), nur in Probe 132 liegt der Anteil mit 10% deutlich darunter. Regelmäßig mit einigen Prozent sind ebenfalls *St. dubius* und *Cyclotella cf. atomus* anzu-

treffen. Die Gattung *Melosira* ist mit *M. granulata* und Varietäten (3-6%) und mit *M. ambigua* (2-5%) stetig verbreitet. *M. islandica*, als Art arktischer Gewässer, tritt in den Proben 138 und 135 mit einigen Schalen als Einzelfunde auf. Diatomeen aus der Gruppe der Pennales sind in den Sanden mit *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra acus* var. und *Synedra ulna* mit jeweils wenigen Prozent im Plankton vertreten. Begleitet werden die Planktondiatomeen von einer differenziert entwickelten Aufwuchsgesellschaft, deren Anteil an der Gesamtschalensumme mit geringen Schwankungen bei 10% liegt. Artenvielfalt und große Formen zeigen die Gattungen *Cymbella* und *Navicula*. *Cymbella affinis* und *C. ventricosa* sind in allen Proben erfaßt, in vielen Proben verbreitet sind *C. cistula*, *C. cesati*, *C. cuspidata*, *C. helvetica* und *C. leptostauron*. *Navicula cryptocephala*, *N. pupula* und *N. radiosa* treten stetig auf, *N. graciloides*, *N. tuscula*, *N. lanceolata*, *N. oblonga*, *N. placentula* und *N. schönfeldii* sind in dieser Zeit im Tegeler See keine seltenen Arten. Dazu kommen weitere große Formen verschiedener Gattungen wie *Rhopalodia gibba*, *Nitzschia angustata*, *N. frustulum*, *N. palea*, *Cocconeis placentula*, *Diploneis puella*, *Epithemia zebra*, *Neidium iridis*, *Cymatopleura solea* und mit einer Reihe von Arten die epiphytische Gattung *Gomphonema*. Zwar sind viele der genannten Arten bei der Auszählung nicht in jeder Probe gefunden worden, doch zeigt sich bei einer qualitativen Durchsicht der Präparate, daß beinahe alle festgestellten Arten in allen Sedimenten dieses Kernabschnitts vorhanden sind. Der Anteil an *Fragilarien* (Anlage 2) ist in den Bereichsproben für späteiszeitliche Verhältnisse mit 5-10% gering, unbedeutend ist in den Sanden auch der Gehalt an Kieselalgen der *Amphora*- und *Achnanthes*-Arten. Charakteristisch für diese Sedimente aber ist die Seltenheit der im See nur im Spätpleistozän verbreiteten Arten (Tab. 2). Typische glaziale Leitarten konnten nur als Einzelfunde beobachtet werden, so etwa *Cyclotella distinguenda* in Probe 138 (33,10-33,50 m) mit starken Lösungsspuren und *C. antiqua* fragmentiert in Probe 133 (30,60-31,10 m). Fast ebenso selten war *Melosira islandica*, nur wenige Schalen wurden in Probe 135 und Probe 138 registriert. *Fragilaria construens* var. *binodis*, eine Form mit Ver-



S = gezählte Schalen, T = Taxa, A = Arten, G = Gattungen

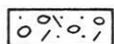
-  organogenes Material
-  Sand mit einzelnen organischen Einschlüssen

Fig. 6: Der älteste Abschnitt.

breitungsschwerpunkt während ungünstiger Klimaphasen, ist in den meisten Proben vorhanden, überschreitet jedoch nicht 1%. Insgesamt zeigt die Diatomeenflora der Bereichsproben weitgehende Ähnlichkeit. Trotz der Diatomeenarmut ist die große Artenvielfalt hervorzuheben. Differenzieren lassen sich die Proben anhand der Schalengröße und am Erhaltungszustand der Walven. So zeigen die Proben 138 und 137 bei vielen Pennales große Formen, allerdings oft fragmentiert oder angelöst. Probe 136 enthält erheblich kleiner bleibende Populationen der periphytischen Arten, während die Planktondiatomeen viele mittelgroße, aber zerbrochene und angelöste Schalen hinterließen. In den Proben 135 und 134 (31,10-32,10 m) sind die Aufwuchsarten am besten entwickelt. Gleichzeitig ist in diesen beiden Proben mit 39 bzw. 45 Arten die größte Vielfalt im Bereich der Basissande nachgewiesen, ein geringer Rückgang der Planktonformen deutet sich an (Anlage 2). In den folgenden Proben 133, 132, 131 sind die Schalen der Pennales wieder kleiner ausgebildet und zeigen, wie in den Proben 135 und 134, erhebliche mechanische Beanspruchung. Die starke Fragmentierung großer Formen könnte auf die leichte Zerbrechlichkeit der Schalen bei Umlagerung im mineralischen Sediment zurückgeführt werden.

Bemerkenswert ist der geringe Diatomeengehalt dieser spätglazialen Sedimente. Klimatisch bedingte niedrige Produktivität des damaligen Gewässers wäre eine naheliegende Erklärung, doch Verdünnung der autochthon entstandenen organischen Substanz durch eingetragenen Sand führt zum gleichen Ergebnis. Offenbar war nicht die Temperatur wachstumsbegrenzend, das Artenspektrum deutet eher auf günstige Verhältnisse hin. Auch sprechen die häufig gefundenen großen Formen nicht für ungünstige Lebensbedingungen in stark getrübttem Wasser. Die mechanische Beanspruchung der Schalen legt jedoch Sedimentbewegung nahe. Festhalten läßt sich, daß die Diatomeengesellschaft einen tiefen See während einer milden Phase des Spätpleistozäns nahelegt. Die Verteilung der Lebensformen zeigt gleichbleibende Ökotohverhältnisse an (Anlage 2).

Im oberen Teil der pleistozänen Sande ist durch eine wenige Millimeter starke organische Zwischenlage ein völlig abweichender

Gewässertyp nachgewiesen. Die Verhältnisse dieser Phase dokumentiert die Probe 130 (29,44 m). Im Gegensatz zu den planktonreichen Bereichsproben repräsentieren die Diatomeen eine Litoralgesellschaft. 40% der Kieselalgen dieser Zone sind reine Aufwuchsformen, mehr als 50% der Individuen gehören zur Gattung *Fragilaria* (Tafel X und Anlage 2). Bei den 900 erfaßten Schalen konnten 61 Taxa und 43 Arten in 17 Gattungen gezählt werden. Das Bild beherrschen die formenreich entwickelten Fragilarien. *F. construens* und Varietäten umfassen über 27% der Individuen, *F. leptostauron* über 10% und *F. brevistriata* erreicht mehr als 7%. Dazu kommen mit geringerer Häufigkeit *F. pinnata* (1%) und *F. lapponica*. Die epiphytisch lebende *Amphora pediculus* (Formenkreis) erreicht knapp 10% Abundanz, die litorale Gattung *Achnanthes* ist mit über 5% gleich häufig wie die zentrische Litoralform *Cyclotella ocellata*. Reine Planktondiatomeen halten nur einen Anteil von 8%. Mit  $\approx 7\%$  Häufigkeit von Bedeutung ist lediglich *Cyclotella comta*. *C. kützingiana*, *Stephanodiscus minutula*, *St. hantzschii*, *Melosira granulata* var. *angustissima* sowie die nicht zentrischen Arten des Planktons treten nur mit einzelnen Schalen auf. Kieselalgen, die gleichermaßen im Plankton und als Aufwuchs angetroffen werden, umfassen aber fast 30%, in den Bereichsproben erreichte diese Gruppe kaum mehr als 5%. Eine starke Förderung des litoralen Lebensraums ist somit gesichert.

Erheblich geändert hat sich das Artenspektrum der Pennales. Die Gattung *Cymbella* ist nur mit kleinen Formen und einzelnen Exemplaren der Arten *C. cuspidata*, *C. ventricosa* und *C. leptoceros* erfaßt. Meist als Einzelfunde kommen 10 Arten der Gattung *Navicula* vor (Tab. 2), darunter als Fragment die im Sediment sehr seltene *N. cf. interglacialis*. Die Eigenart dieser Probe wird zusätzlich durch Funde sehr seltener Formen wie *Cyclotella antiqua*, *Mastogloia smithii* cf. var. *amphicephala*, *Epithemia* cf. *intermedia*, durch *Fragilaria leptostauron* var. *dubai* (6,7%), *F. construens* var. *binodis* (2,2%) und *F. lapponica* deutlich.

Kennzeichnend für diesen Biotop ist eine Diatomeen-Flachwasser-Gesellschaft mit einem erheblichen Anteil an Arten bzw. Varietäten

nur spätpleistozäner Verbreitung im Sediment. Die Kaltwasserform *Melosira islandica* fehlt.

### 5.1.2 Der Mittelabschnitt

Die Sedimente zwischen 27,62 und 28,70 m Tiefe gehören mit ihrer oberen Hälfte der Zone II an, der Beginn der Muddenbildung an der Basis wird am Ende der alten Dryaszeit (PACHUR & RÖPER 1982) vermutet. Eine absolute Zeitmarke in der Allerödzeit bietet die mehrere Millimeter mächtige Tephralage der Laacher Eruption von 11 350 b.p. (Tafel II).

Der insgesamt nur 1 m mächtige Abschnitt besteht aus einer Abfolge sehr unterschiedlicher Sedimente. Unvermittelt wechseln lagig oder warvig geschichtete Mudden, teilweise sandig, mit Zwischenlagen reinen Sandes ab. Stark schwankend ist der Diatomeengehalt dieser Ablagerungen. Diatomeenreiche Zonen werden von extrem diatomeenarmen bis diatomeenfreien Bereichen abgelöst. Dabei ist der Diatomeengehalt nicht an äußerlich erkennbare Sedimentparameter gebunden (Fig. 7). Neun Proben, P 120-128, davon acht Einzelproben und eine Bereichsprobe (P 121) belegen diese Phase im Profil Seemitte.

Zu keiner anderen Zeit der Seegeschichte erreichten Litoralgesellschaften im Tegeler See derartige Bedeutung! Mit nur einer Ausnahme (P 124, 28,06 m) halten die Aufwuchsformen in allen Proben 40-70% Anteil. Typische Planktonformen offener Wasserflächen fallen unter 5% zurück, nur die gleichfalls im Aufwuchs vertretenen litoralen Planktondiatomeen behaupten sich mit durchschnittlich 20-30%. Die Gattung *Fragilaria* erreicht maximale Abundanzen von beinahe 70% (P 122/128).

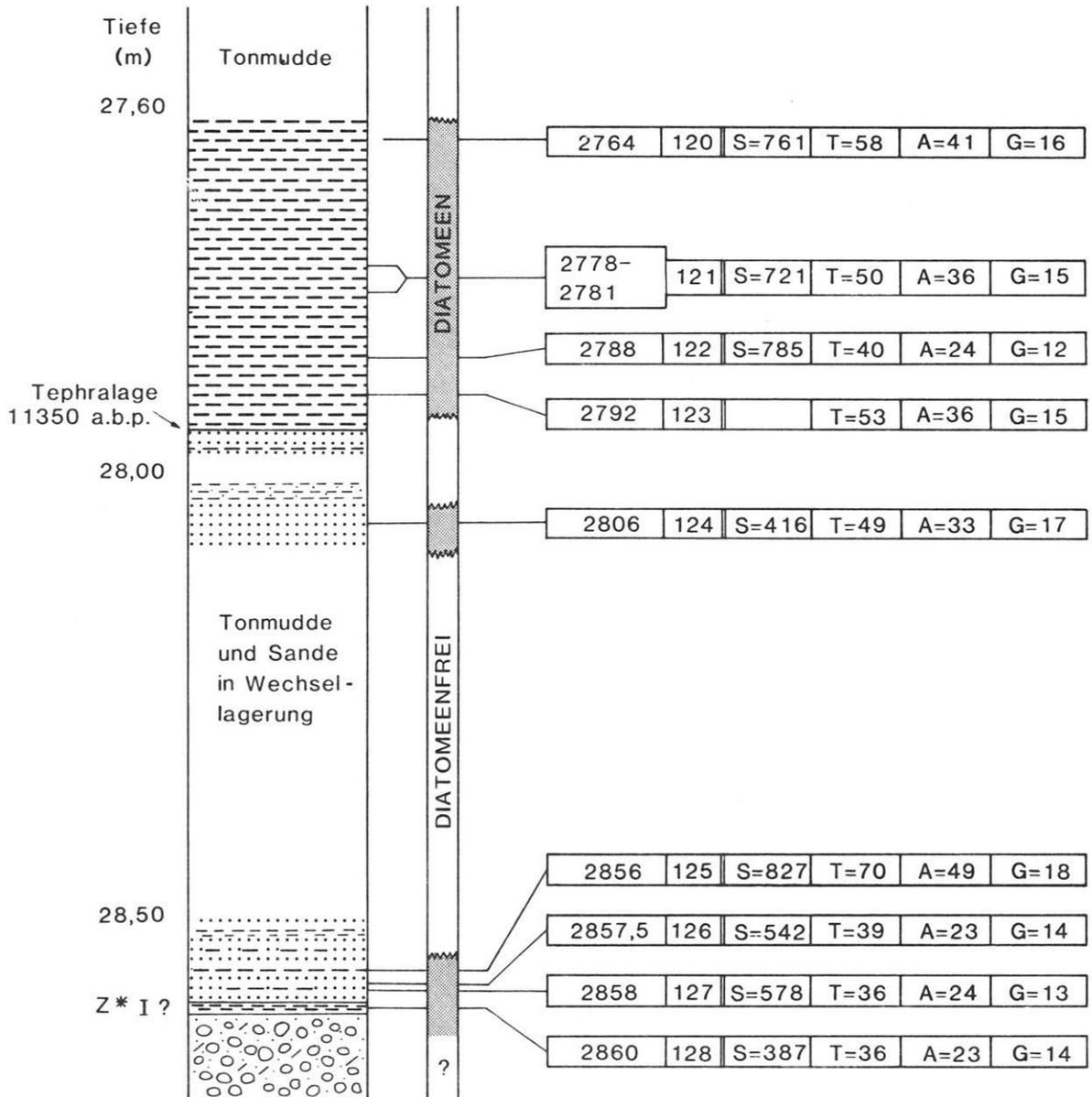
Untergliedern lassen sich die Litoralgesellschaften entsprechend ihrer Position im Sediment in eine ältere (Böllingzeit) und eine jüngere Fazies (jüngeres Alleröd), die durch die planktonreiche Gesellschaft der Probe 124 (älteres Alleröd) und einen breiten Abschnitt ohne nennenswerten Diatomeengehalt getrennt werden. In beiden Litoralphasen sind die Gesellschaften jedoch recht ähnlich. Nur wenige Spezies charakterisieren die Böllingzeit oder die jüngere Allerödzeit.

Bestimmend sind in den Proben die Arten der Flachwasserbiotope. In beiden Lebensräumen verbreitet waren *Achnanthes clevei* und Varietäten, *A. conspicua*, *A. lanceolata*, *Amphora ovalis*, *A. ovalis* var. *libyca*, massenhaft der Formenkreis *A. ovalis* var. *pediculus* (P 126: 35,6%, P 127: 26,6%, P 123: 16,8%), auch *Amphora thumensis*, *Cocconeis placentula* und *C. diminuta*. Die Gattung *Fragilaria* beherrscht in allen Proben das Bild - *F. brevistriata*, *F. construens* und Varietäten, *F. pinnata* und *F. leptostauron* erreichen Maximalwerte. Als periphytisch lebende Form ist *Opephora martyi* stetig vertreten. An großen langgestreckten Formen gehören beiden Abschnitten *Cymbella cistula*, *C. leptoceros*, *C. ventricosa*, *Diploneis ovalis*, *Navicula graciloides*, *N. pupula*, *N. tuscula* fo. *minor* und *Synedra capitata* an. Von den zentrischen Diatomeen sind stetig, aber selten *Cyclotella comta* und *C. ocellata* zu finden. *C. antiqua*, als spätpleistozäne Leitart in Norddeutschland (vgl. SIMONSEN 1957), tritt in der Böllingzeit regelmäßig als Einzelfund auf, erreicht in der Allerödzeit in Probe 123 (27,92 m) mit 1,3% Abundanz ihre größte Häufigkeit im Tegeler See, fehlt aber in den Proben 120-122 (27,64-27,88 m).

Kennzeichnend für die ältere Phase (Böllingzeit) sind *Cymbella similis*, *Navicula dicephala*, *Rhopalodia gibba* (Fragmente), *Achnanthes dispar*, *Fragilaria lapponica* und *F. leptostauron* var. *dubai* - charakteristisch für den jüngeren Abschnitt (Allerödzeit) dagegen sind *Epithemia intermedia*, *Navicula anglica*, *N. gastrum*, *N. scutelloides*, *N. schönfeldii*, *Nitzschia microcephala*, *Achnanthes delicatula*, *A. lanceolata* var. *elliptica*, *A. exigua*, *Amphora veneta*, *Fragilaria contruens* var. *subsalina* (P 122, 121, 120) und sehr selten *Melosira granulata* var. *angustissima* (Tafeln XI und XII).

Gut vergleichbar sind diese Flachwassergesellschaften mit der Litoralfloora der Probe 130 (29,44 m), die der schmalen organischen Lage innerhalb der Basissande entstammt. Nur ein höherer Anteil planktischer Formen und ihr Artenreichtum hebt die Probe 130 ab.

Aus einem Seesand, 10 cm unterhalb der Laacher Tufflage in 28,06 m Tiefe, wurde die



\* nach Firbas

S = gezählte Schalen, T = Taxa, A = Arten, G = Gattungen

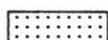
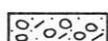
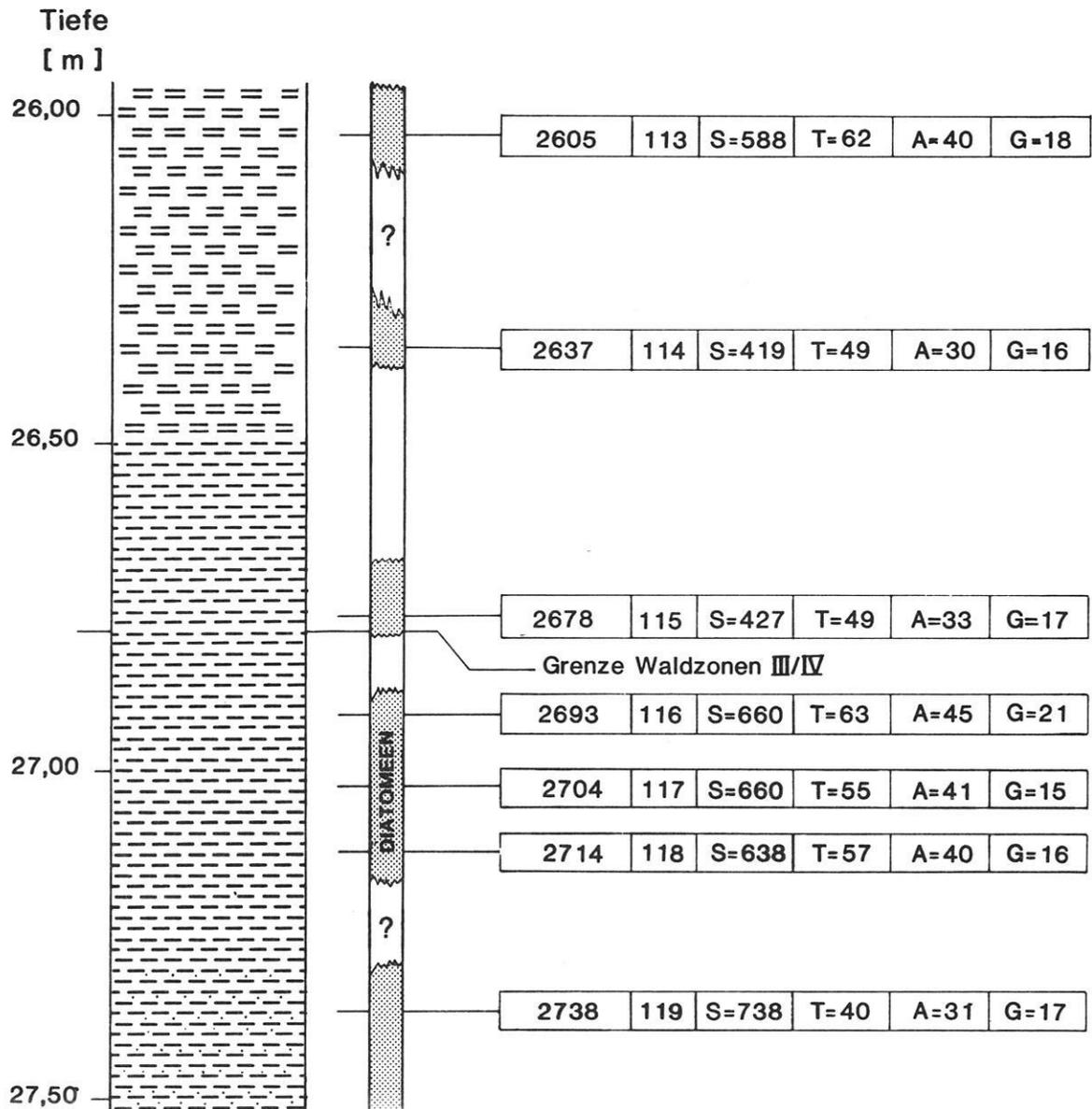
-  Tonmudde geschichtet, abschnittsweise mit Sand
-  Feinsand mit Ton, geschichtet
-  Sand mit einzelnen organischen Einschlüssen

Fig. 7: Die Allerödzeit und die ältesten Mudden.



S = gezählte Schalen  
T = Taxa  
A = Arten  
G = Gattungen

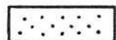
-  Mudde, geschichtet
-  Tonmudde, warwig geschichtet
-  Feinsand

Fig. 8: Die Jüngere Dryaszeit und das beginnende Präboreal.

planktonartenreiche Probe 124 isoliert. In der Zeit um 11 450 b.p. (älteres Alleröd) bestand demnach ein Tiefwasserbiotop, der in seiner Artenzusammensetzung der Planktongesellschaft der Basissande stark ähnelt. Gut 60% der Diatomeen gehören der Lebensform Plankton an, weniger als 15% sind den Periphyten zuzurechnen. Die zentrischen Gattungen *Cyclotella*, *Stephanodiscus* und *Melosira* sind mit dem gleichen Artenspektrum wie in den Bereichsproben der Basissande verbreitet, ihre Artenhäufigkeit ist kaum abweichend. Mit 3,4% Abundanz ist die litorale Form *C. ocellata* in Probe 124 häufiger, *Synedra acus* ist mit 8,2% gegenüber maximal 2,5% deutlich stärker verbreitet. Die Artenvielfalt der Probe 124 liegt mit erfaßten 49 Taxa, 33 Arten und 17 Gattungen wenig niedriger als der Durchschnitt der Bereichsproben. Wie in den Tiefwasserbiotopen der Basissande fehlen der Planktongesellschaft des älteren Alleröd die typischen Arten und Formen extrem kaltzeitlicher Verhältnisse (z.B. *Melosira islandica*), oder sie waren sehr selten.

### 5.1.3 Die Jüngere Dryaszeit

Teilweise sandige, warwig geschichtete Tonmudden wurden im Tegeler See während des letzten Klimarückschlags der ausgehenden Kaltzeit sedimentiert. Aus der 0,8 m mächtigen Schicht stammen die Proben (115), 116-119, auch in diesem Abschnitt sind Zonen ohne nennenswerte Diatomeengehalte eingeschoben (Fig. 8).

Eindeutig belegbar ist für die Jüngere Dryaszeit eine erhebliche Ausweitung des pelagialen Lebensraums. 60-70% der Kieselalgen sind überwiegend im Plankton lebende Formen. Dabei ist eine Zunahme der euplanktischen Diatomeen zum Ende der Dryaszeit hin festzustellen. Gleichzeitig nehmen die Periphyten von 30% auf 15% Anteil ab (Anlage 2).

Charakteristisch für diese Zeit ist die Förderung der *Melosira*-Arten. Weder vorher noch später dominierte diese Gruppe in ähnlicher Weise. Besonders interessant ist dabei die "Kaltwasserform" *Melosira islandica*. In Probe 119, zu Beginn der Klimaschwankung, erreicht sie 20,2%, ihre größte Häufigkeit überhaupt. Mit 9,1% ist sie in Probe 118 und mit 12,7%

in Probe 117 vertreten. Letztmalig tritt *M. islandica* mit 4,1% in Probe 116 in Erscheinung. Dazu gesellt sich mit zunehmender Tendenz *M. ambigua*, in Probe 118 mit 12,4%, in Probe 117 mit 11,1% und in Probe 116 mit 21,5%. Regelmäßige, teilweise seltene Begleiter sind *M. granulata* var. *angustissima* und *M. italica* (Anlage 1).

Die Sukzession der *Melosira*-Arten während der Jüngeren Dryaszeit bis zum Beginn des Präboreals ist in folgender Weise zusammenzufassen:

1. Beginn Zone III  
*Melosira islandica* ist Massenform, begleitet von wenigen *M. granulata* var. *angustissima*.
2. Während Zone III  
*Melosira islandica* und *M. ambigua* wechselnd häufigste Art, seltene Begleiter sind *M. granulata* var. *angustissima* und *M. italica*.
3. Ende Zone III  
*Melosira ambigua* ist Massenform, *M. islandica* ist seltener geworden.
4. Beginn Zone IV  
*Melosira ambigua* und *M. granulata* var. *angustissima* sind Massenformen (*Melosira islandica* fehlt!).
5. Präboreal Zone IV  
*Melosira granulata* mit Varietäten ist einzige häufige Art der Gattung.

Diese für den Tegeler See einzigartige Abfolge läßt Rückschlüsse auf die Lebensbedingungen zu. So deutet das plötzlich häufige Auftreten der *Melosira islandica* (Tafel IV: Abb. 10) auf niedrige Wassertemperaturen hin. Eine Förderung der *M. granulata* und Varietäten beschreiben KILHAM & KILHAM (1975) bei hohem SiO<sub>2</sub>-Gehalt und guter Wasserdurchmischung. *M. islandica* als stark verkiesselte Art mit offenbar sehr niedrigem Temperaturoptimum dürfte unter ähnlichen Bedingungen begünstigt werden. So sind gute Durchmischung, hoher SiO<sub>2</sub>-Gehalt und niedrige Temperatur Charakteristika vieler flacher Gewässer kalter Klimagebiete. Im Verlauf der Dryaszeit wird *M. islandica* langsam von *M.*

*ambigua* abgelöst - wohl eine Folge des zögernd milder werdenden Klimas. Die Probe 115 (26,78 m) aus dem Grenzbereich der Zonen III/IV zeigt entsprechend fortgeschrittene Verhältnisse: *M. islandica* fehlt, *M. ambigua* hält 30% und *M. granulata* var. *angustissima* umfaßt 25% der gefundenen Schalen. Die bei höheren Temperaturen konkurrenzkräftigeren Arten sind deutlich begünstigt. *Melosira islandica* markiert somit die Zeiten extremer Verhältnisse! In Probe 114 (Zone IV) findet die Blüte der *Melosira*-Gesellschaft durch Ausbreitung der *Cyclotella*-Arten ihren Abschluß. Im holozänen See ist *M. granulata* über lange Zeitabschnitte die einzige häufigere Art der Gattung (Anlage 1).

Neben der reich entwickelten Gattung *Melosira* treten die übrigen zentrischen Planktondiatomeen in der Jüngeren Dryaszeit stark zurück. Mit nur wenigen Schalen sind die *Cyclotella*-Arten während der Zone III ebenso selten wie zur Zeit der vorhergehenden Flachwasserphasen, erst mit Beginn des Präboreal treten sie wieder vermehrt auf. *Stephanodiscus*-Arten sind insgesamt mit 5-10% Anteil regelmäßig verbreitet, wobei *St. minutulus* mit maximal 7% (P 116) und *St. hantzschii* maximal 2,5% (P 118) die stetig auftretenden Arten sind. Die Ausbreitung der Gattung *Stephanodiscus* ist in diesem Profilabschnitt umgekehrt proportional zur Entwicklung der *Melosira islandica*.

Die im Verlauf der Jüngeren Dryaszeit allmählich günstiger werdenden Lebensbedingungen hatten eine Diversifizierung der Kieselalgen-gesellschaften zur Folge. Waren in Probe 119 auf 740 Schalen nur 31 Arten gezählt worden, so nahm die Vielfalt in den Proben 118/117 auf mehr als 40 Arten bei 660 Schalen und in Probe 116 auf 45 Arten zu. Nicht nur klimatische Gründe, sondern vor allem die zunehmende Stabilisierung des Ökotopts (Abnahme des Sandgehalts im Sediment!) ließen im Laufe der Zeit höher differenzierte Diatomeengesellschaften entstehen. Welchen Einfluß instabile Lebensbedingungen auf die Artenvielfalt haben, belegen die Ergebnisse der Probe 115. Bei offenbar gesteigerter Temperatur zu Beginn des Präboreals (vgl. Abundanz der *Melosira*-Arten) gehen die Artenzahl und die Zahl der gefundenen Gattungen zunächst erheblich

zurück. Eine Erholung tritt erst im Verlauf des Präboreals ein (Fig. 8 und 9).

Wieweit sich das Seemilieu der Dryaszeit von den Verhältnissen anderer Phasen abhob, verdeutlichen neben der *Melosira*-Flora auch die vielen Funde der sonst im Tegeler See sehr seltenen oder gänzlich fehlenden Arten. Nur in der Zone III nachgewiesen sind z.B. *Achnanthes peragallii*, *A. oestrupii*, *Cymbella* cf. *diluviana* (Bruchstücke), *Hantzschia pseudomarina* und *Melosira distans*. Daneben sind spätpleistozäne Diatomeen wie *Epithemia intermedia* regelmäßig, aber selten und *Rhopalodia parallela* letztmalig in einzelnen Exemplaren auffindbar. Nicht mehr vertreten sind dagegen *Cyclotella antiqua* und *C. distinguenda*. Vorausgesetzt, ein Teil der sehr seltenen Arten ist in den See eingeschleppt worden, so waren diese Formen doch in der Region vorhanden und sind dem potentiellen Artbestand zuzurechnen. Arm waren die Diatomeengesellschaften der Jüngeren Dryaszeit an großen Formen. Arten der Gattung *Cymbella* waren sehr selten, *Navicula*-Arten fast nur mit kleinen Formen, oft als Einzelfunde, vertreten. Mit 40-45% Anteil waren die *Fragilarien* in den Proben dagegen Massenformen. Neben der vorherrschenden *Fragilaria construens*, *F. construens* var. *venter* und *F. pinnata* kommen der *F. construens* var. *binodis* und der *F. construens* var. *subsalina* besondere Beachtung zu. *F. construens* var. *binodis*, eine Kieselalge kaltzeitlicher Gewässertypen, zeigt ein Verhalten wie *Melosira islandica*: abnehmende Häufigkeit vom Beginn der Dryaszeit an (P 119: 7,3%, P 118: 6,1%, P 117: 4,9% und P 116: 3,3%), in Probe 115 (26,78 m) fehlt diese Form ebenso wie *Melosira islandica*. Einmal über 7% erreicht *Fragilaria construens* var. *subsalina* in Probe 115, sonst liegt ihr Anteil bei 3%. Diese formenvariable Diatomee kann taxonomisch nur sehr schwer gegen *Fragilaria construens* var. *venter* (langgestreckt) abgegrenzt werden und ist deshalb unter Vorbehalt diesem Typ zugeordnet. Die übrigen litoralen Gattungen wie *Achnanthes* und *Amphora* zeigen wechselnde Häufigkeit. *Achnanthes*-Arten sind sehr selten und meist als Einzelfunde erfaßt, während *Amphora ovalis* und Varietäten von 8% in Probe 118 auf ca. 4,5% in den jüngeren Proben zurückgehen - wohl eine Folge des tiefer wer-

denden Wassers (vgl. Tafel XIII: Abb. 29 und 30).

#### 5.1.4 Diskussion der spätpleistozänen Diatomeenflora

Bisher nicht abschließend geklärt ist die zeitliche Einordnung der *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft aus den Sanden der Basis (Fig. 9). Untersuchungen in anderen Teilen Europas, FJERDINGSTAD (1954) in Jütland, SIMONSEN (1957) in Holstein, ALHONEN (1968) und HAWORTH (1976) in Schottland, berichten übereinstimmend von Litoralgesellschaften im untersten Teil der Bohrkerne und stellen diese Gesellschaften in die älteste Dryaszeit. Diesen Befunden entsprechen die Flachwasserfloraen aus der frühesten Mudde des Tegeler Sees. Damit ist für die Planktongesellschaft der Basissande ein präböllingzeitliches Alter zu vermuten.

Bestanden haben Seeökotope im Berliner Raum bereits vor 18 000 Jahren, characeenhaltige Sande des Teufelssees konnten mit  $^{14}\text{C}$  auf 17 800 b.p. bzw. 18 400 b.p. datiert werden (PACHUR, mündl. Mitt. 1985). Schätzt man die Ablagerung der ältesten im Profil erfaßten Sande auf 14 000-15 000 Jahre vor heute ein, so läßt sich die Entwicklung der Artenvielfalt (Fig. 9) mit der Klimakurve der Zone I (vgl. OVERBECK 1975) parallelisieren. Das Optimum zwischen 32,50 und 30,00 m Tiefe entspräche dem Meiendorf-Intervall, die untere Zone einer Klimaverbesserung etwa im ausgehenden Pommerschen Stadium, und die leichte Abnahme der Artenvielfalt zum Ende der Sandakkumulation wäre der Grömitz-Phase gleichzusetzen. Da die Sedimentationsrate der Sande unbekannt ist, verbleibt die Zeitstellung unsicher. Doch deuten z.B. die Characeen und die Diatomeen der Sande auf langsame Sedimentation und damit auf ein hohes Alter. Auch die Voraussetzungen für derart frühzeitig bestehende Seeökotope im weichselzeitlichen Vereisungsgebiet waren gegeben - nirgendwo reichte die Vereisung in Europa so weit nach Süden, und nirgendwo wurden darum große Gebiete so früh wieder eisfrei.

Eine einschneidende Veränderung des Seeöktops dokumentieren die Reste einer kurzzeitig entwickelten Flachwassergesellschaft (P 130, 29,44 m). Da keinerlei Anzeichen für eine Umlagerung des Sediments bestehen, kann mit einem niedrigen Wasserstand oder großer Sichttiefe (vgl. 6.1.1) zu dieser Zeit gerechnet werden. Trockenes Klima oder ausbleibendes Schmelzwasser könnten die Ursache gewesen sein. Die große Tiefe des Seebeckens und der relative Wasserreichtum im Urstromtal verleihen dem Befund Gewicht. Diatomeenanalysen aus vergleichbaren Sedimenten fehlen bisher.

Seit Beginn der Muddenbildung bis zum Ende der Allerödzeit herrschten Flachwassergesellschaften auch im Tegeler See vor. Damit reiht sich der See in die in vielen Gebieten Europas nachgewiesene Entwicklung ein (vgl. Zonen Ib und II bei FJERDINGSTAD 1954, SIMONSEN 1957, FOGED 1965, ALHONEN 1968, MARCINIAK 1969, 1973, HAWORTH 1969, 1976).

Die ältesten Flachwassergesellschaften stammen vermutlich aus der Böllingzeit und sind aus einer schmalen diatomeenreichen Sedimentzone isoliert worden (P 125-128). Bis zu 18% der Diatomeen dieser Phase gehören zu den nur im Spätpleistozän erfaßten Formen (Tab. 2). Das ist der höchste Anteil, den diese Gruppe in einer Flachwasserphase überhaupt erreichte (Fig. 9). Der Initialcharakter der Probe 128 (28,60 m) wird durch den geringen Artenbestand deutlich. Zunehmende Vielfalt belegt die Ausbildung einer differenzierten Litoralflora (*Fragilaria-Amphora*-Gesellschaft). Dabei dominieren zu Beginn nicht, wie aus einigen Seen berichtet wird, einzelne Pionierarten, etwa *Campylodiscus noricus* (Loch of Park, ALHONEN 1968) oder *Gyrosigma attenuatum* (Mikolajkisee, MARCINIAK 1973). Der neu entstandene Gewässertyp konnte Arten aus der vorher im See existierenden Flora übernehmen und war deshalb sofort vielfältiger.

Auf einen größeren diatomeenfreien Bereich folgen direkt die Überreste der *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft. Diese Planktonflora bestand rund 11 450 Jahre vor heute

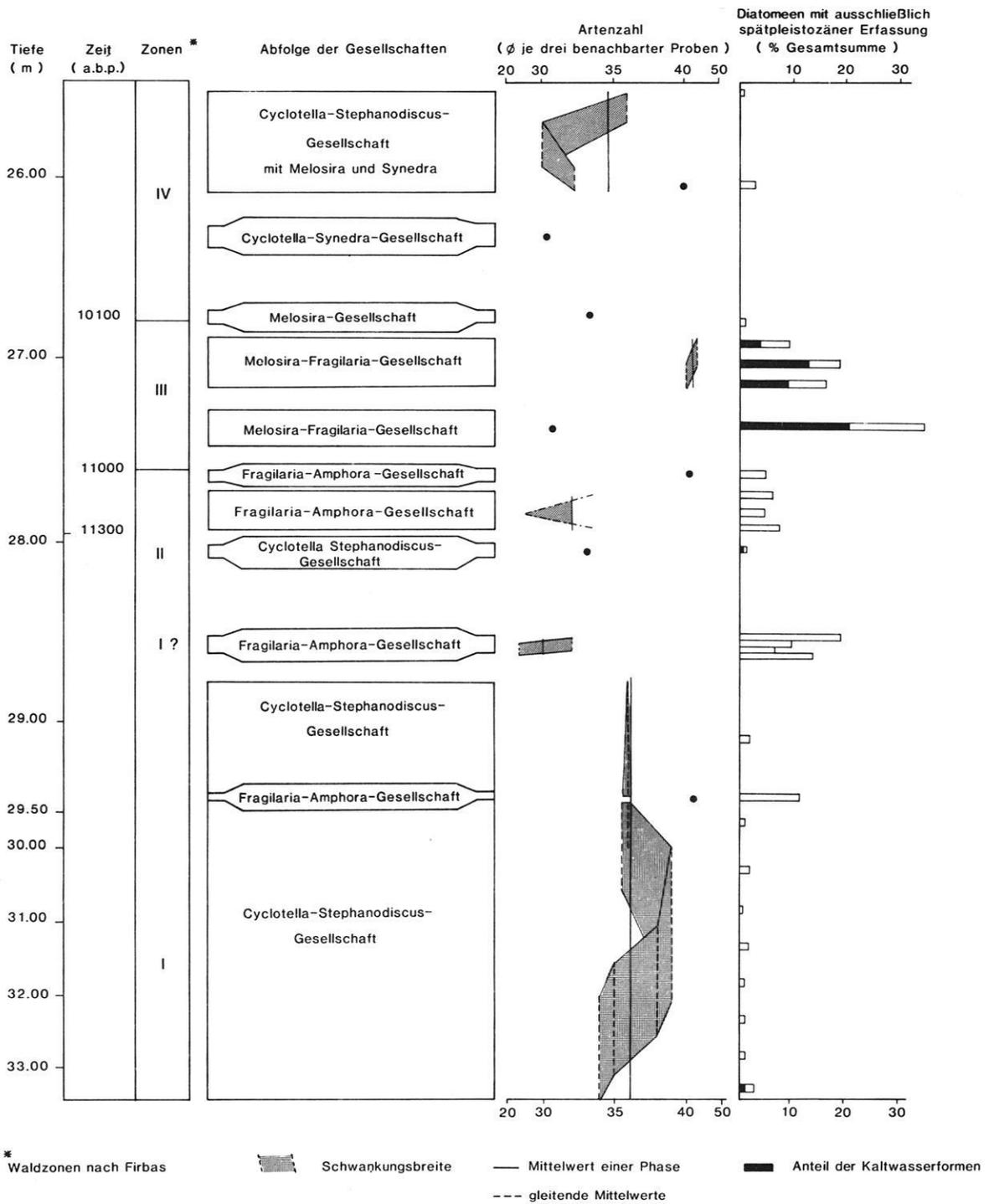


Fig. 9: Diatomeengesellschaften des Tegeler Sees im Spätpleistozän und Präboreal.

in der älteren Allerödzeit. Zeitgleich beschreibt MARCINIAK (1973) für den 500 km nordöstlich gelegenen Mikolajkisee eine *Cyclotella-Stephanodiscus*-Flora mit *Melosira granulata* var. *angustissima*. Dagegen nennt FOGED (1965) als höchste Werte für die Allerödzeit 3,6% bei *Cyclotella comta* und 9,8% bei *C. kützingiana*. Für weiter westlich liegende Gebiete ist die Ausweitung der Planktonformen nicht belegt!

Die jüngere Allerödzeit ist erneut durch *Fragilaria-Amphora*-Gesellschaften geprägt. Mit nur 6-8% ist der Gehalt an ausschließlich in spätpleistozänen Sedimenten gefundenen Arten erheblich geringer als in der Böllingzeit. Durch einen schmalen Bereich ohne Kieselalgen ist der Abschnitt auch diatomeensoziologisch zu gliedern. Von der älteren Fazies mit durchschnittlich 33 Arten hebt sich die jüngere Periode mit 41 Arten ab.

Für die jüngere Allerödzeit des Mikolajkisees belegt MARCINIAK (1973) eine plötzliche Ausweitung der *Melosira*-Flora. Während der ausgehenden Allerödzeit kommt es im Mikolajkisee zu einer weiteren Zunahme der *Fragilarien* und verschiedener periphytischer Gattungen. Eine ähnliche Förderung der Litoralflora, aber abgeschwächt, ist im Tegeler See in der steigenden Artenvielfalt und der leichten Ausweitung der Periphyten, nicht der *Fragilarien*, erkennbar.

Die Jüngere Dryaszeit ist im Sediment des Tegeler Sees durch die *Melosira-Fragilaria*-Gesellschaft abgesteckt. Ein fast diatomeenfreier Abschnitt in der Mitte unterteilt wiederum in einen älteren und einen jüngeren Bereich. Zonen ohne nennenswerte Diatomeengehalte grenzen zur Allerödzeit ab und sind im jüngeren Teil der Dryaszeit anzutreffen. Diatomeenarme oder diatomeenfreie Sedimente aus dieser Zeit sind bei vielen Untersuchungen gefunden worden (vgl. PENNINGTON 1943, ROUND 1957, ALHONEN 1968) und belegen den instabilen Zustand der Gewässer, dürfen aber nicht als Abwesenheit von Kieselalgen mißverstanden werden. Gut vergleichbar sind wieder die Sedimente des Mikolajkisees: Ein diatomeenarmer Abschnitt gliedert die Zeit in die Teile a und b. Anders als im Tegeler See ist die Gattung *Melosira* weniger stark entwickelt. MARCINIAK fand gleich-

zeitig eine Begünstigung der *Stephanodiscus astraea* var. *minutula* und der *Cyclotella comta*.

Die älteste Phase der Zone III des Tegeler Sees (*Melosira-Fragilaria*-Flora) umfaßt > 30% Diatomeen mit nur spätpleistozäner Erfassung (Fig. 9). Das ist der höchste Anteil, den diese Gruppe in der Seegeschichte erreichte. Besonders hervorzuheben ist mit 20% Abundanz die aus niedrig temperierten, gut durchmischten Biotopen bekannte *Melosira islandica*. Freudlicher zeigte sich die jüngere Phase der Zone III. Eine artenreich entwickelte Diatomeengesellschaft begleitet den langsamen Rückgang des spätpleistozänen "Elementes", speziell der "Kaltwasserformen".

Ähnlich sind die Ergebnisse der Diatomeenanalysen aus Holstein und Masuren dieser Zeit. Zu Beginn waren die Lebensbedingungen sehr ungünstig, boreoalpine Diatomeen erreichen im Dätgenprofil mit 15% Spitzenwerte (SIMONSEN 1957), einen starken Rückgang vieler im Alleröd häufigen Diatomeen fand MARCINIAK (1973) in den Sedimenten des Mikolajkisees. Im jüngeren Abschnitt der Zone III ging der Anteil der boreoalpinen Kieselalgen im Großen Moor bei Dätgen langsam zurück, im Mikolajkisee entfaltete sich eine artenreiche Litoralflora.

## 5.2 Das Holozän

10 000 Jahre der Nacheiszeit hinterließen im Seetiefsten eine 26 m mächtige diatomeenreiche Mudde. Zur Rekonstruktion der Kieselalgenflora wurden aus diesem Sediment 115 Proben analysiert. Bei einem Probenabstand von 20-25 cm dürfte das zeitliche Intervall etwa bei 100 bis maximal 150 Jahren liegen.

Planktondiatomeen beherrschen die Sedimente des gesamten Holozäns, wobei eine Gliederung nach den wechselnd dominierenden Arten möglich ist. Eine Übersicht gibt Fig. 10: Holozäne Diatomeengesellschaften des Tegeler Sees. Weiter differenziert sind die Phasen nach ihrer Artenvielfalt. In der Graphik sind für die einzelnen Abschnitte Mittelwerte der Artenzahlen je Probe dargestellt. Die gleitenden Mittelwerte, aus je drei benachbarten

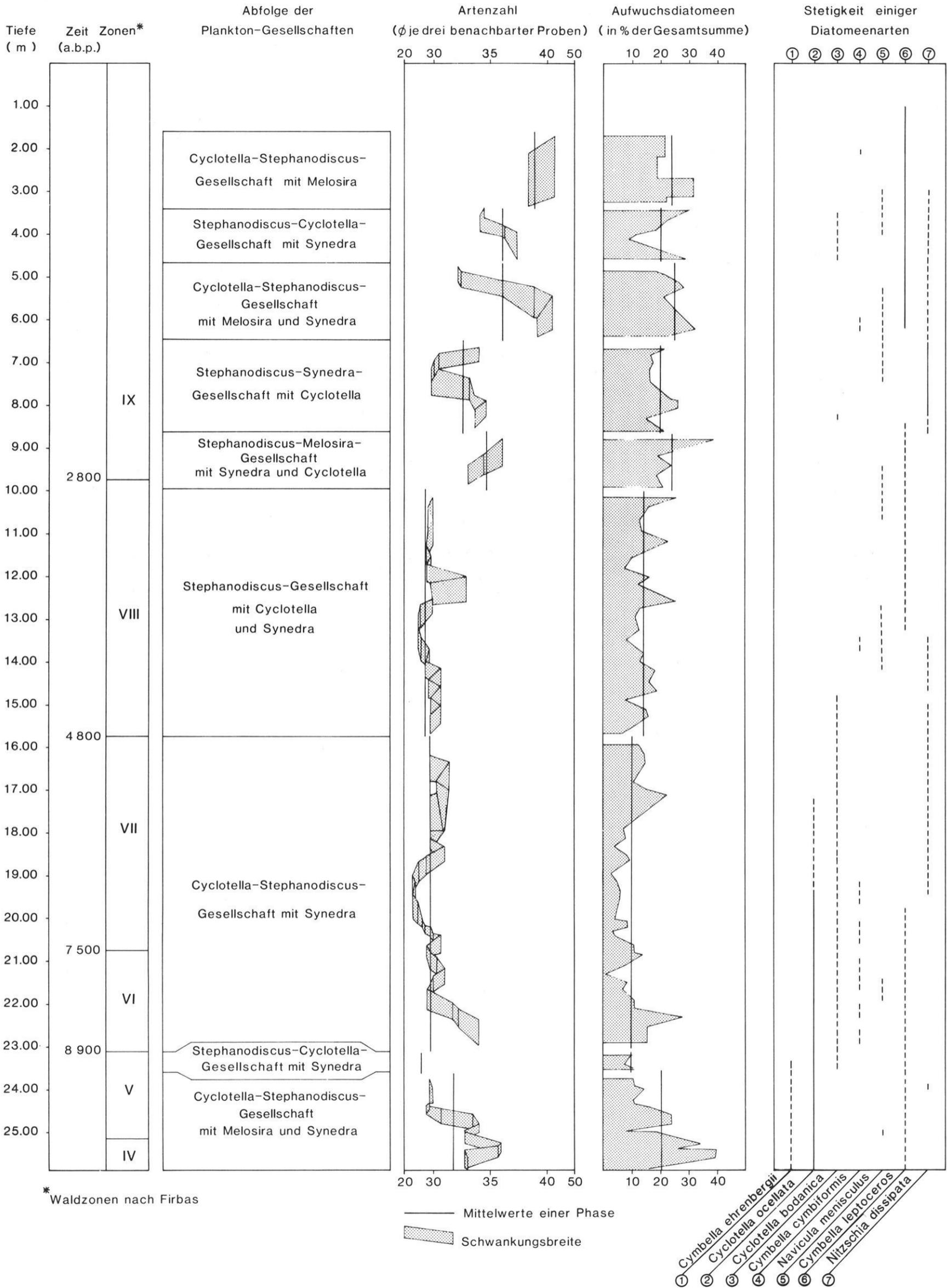


Fig. 10: Diatomeengesellschaften des Tegeler Sees im Holozän.

Werten errechnet, belegen untergeordnete Tendenzen. Direkt im Zusammenhang mit der Artenzahl ist der Anteil der Proben an Aufwuchsdiatomeen zu bewerten. Die Schattenrißdarstellung gibt unter der Probe den jeweiligen Anteil dieser Gruppe in % der Gesamtsumme an. Auch hier belegen die Durchschnittswerte der Phasen unterschiedliche Niveaus. Stellvertretend für viele andere Arten sind die Stetigkeitstypen einiger planktisch, epiphytisch und benthisch verbreiteter Diatomeen den Gesellschaften gegenübergestellt.

### 5.2.1 Präboreal und Boreal

Eine Kalkmulde mit anfangs intensiver, später weniger ausgeprägter Wechsellagerung bildet die ältesten Sedimente des Holozäns. Acht Proben des Präboreals, Sedimenttiefe 26,80-25,20 m, und zehn Proben der Borealzeit, Sedimentabschnitt 25,20-23,25 m, repräsentieren diese Phase.

Während des Übergangs von der Jüngeren Tundrenzeit zum Präboreal wurden letztmalig Schalen der *Melosira*-Gesellschaften gefunden. Bereits Probe 114 aus 26,37 m Tiefe belegt eine von *Cyclotella* und *Synedra* beherrschte Diatomeengesellschaft. Die Probe 114 stammt mitten aus einem schmalen diatomeehaltigen Sedimentabschnitt. Nahtlos läßt sich die Entwicklung der Diatomeenflora im Tegeler See schließlich ab Probe 113 (26,05 m) verfolgen.

Von Anfang an bis in die jüngere Borealzeit besiedelte eine *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft mit wechselnden Anteilen von *Melosira* und *Synedra* den See (vgl. Anlage 1 und Tafel XIV). Häufige Planktondiatomeen dieser Zeit waren *Cyclotella comta* mit maximalen Abundanzen von 21,5% in Probe 109, 35,9% in Probe 107 und 22,3% in Probe 105, *C. kützingiana* und Varietäten mit Maximalwerten zwischen 30% und 35% in den Proben 110, 108 und 100 und *Stephanodiscus hantzschii* mit Spitzenwerten bis zu 20%. Mit der Art sind die kleinen *Stephanodiscus*-Formen erfaßt worden. Diese im Mittel nur 4 µm messende Diatomee ist zeitweise im Holozän sehr häufig und wäre zumindest als Varietät eigenständig. Eine Abgrenzung von *St. hantzschii* erscheint mir anhand der lichtmikroskopisch sichtbaren Merkmale trotzdem als gewagt. Auf Tafel VIII

sind verschieden strukturierte Formen dieser Gruppe im REM-Bild dargestellt. Durchschnittlich nur 10% entfielen auf *Stephanodiscus minutulus* - *St. rotula* wurde im Präboreal nicht erfaßt, war aber während des Boreals beständig vertreten. Charakteristisch für die Flora des frühen Postglazials ist *Cyclotella ocellata*. In einigen Proben erreicht sie in der Borealzeit 4% Anteil - markant ausgeprägte Merkmale ermöglichen in dieser Zeit eine klare Abgrenzung von ähnlichen Formen aus dem Kreis der *C. kützingiana* var. *planetophora* (Tafel V). Nicht ganz sicher identifiziert ist eine kleine *Cyclotella*-Art, die ich aufgrund ihrer Ähnlichkeit der *C. atomus* zugeordnet habe (Tafel VI, Abb. 15, 16). Diese Art ist abschnittsweise mit geringer Häufigkeit vertreten, war aber auch schon im spätpleistozänen See vorhanden. *Cyclotella meneghiniana* als Art elektrolytreicher Biotope ist wiederholt als Einzelfund beobachtet worden, nur in Probe 108 ist ihr Vorkommen mit 1% nennenswert.

Die weniger häufige zentrische Gattung *Melosira* ist im wesentlichen mit der Art *M. granulata* und ihren Varietäten mit durchschnittlich um 5% verbreitet gewesen. In einzelnen Proben, z.B. 108, 102, 99, erreicht sie 15-25% Anteil. Präborealzeitlich waren im See stetig noch geringe Mengen der *M. ambigua* und *M. italica* subspec. *subarctica* vorhanden, im Boreal traten diese Arten nur noch als Einzelfunde auf - *M. granulata* blieb die einzige häufigere Art der Gattung (*Melosira*-Arten, Tafeln III, IV).

Mit durchschnittlich 10-15% sind die nicht zentrischen Planktonformen im Sediment vertreten. Im Präboreal hielt dabei *Synedra ulna* mit ihren Varietäten den größten Anteil, im Boreal dominiert *Synedra acus* var. *angustissima* und erreicht bis 15% Abundanz (P 99). Gefunden wurden ferner *Synedra capitata* mit abnehmender Tendenz, *Asterionella formosa*, im Boreal gewinnend, und gelegentlich *Fragilaria crotonensis*.

Anlage 1 zeigt im Überblick das Verhalten der planktischen Gattungen und Arten zueinander. Besonders die Gattungen *Stephanodiscus* und *Cyclotella* sind in ihrem Vorkommen umgekehrt proportional. So stehen in Probe 108 (Zone IV) die *Cyclotella*-Arten mit insgesamt 56%

den *Stephanodiscus*-Arten mit 5% gegenüber. In Probe 94 ist das Verhältnis umgekehrt - die Gattung *Stephanodiscus* umfaßt 58%, die Gattung *Cyclotella* 16%. Die gleichzeitig nicht seltene *Melosira granulata* und Varietäten entwickeln sich offenbar unter ähnlichen Voraussetzungen wie die *Stephanodiscus*-Arten, meist bei rückläufiger Tendenz der *Cyclotella*-Arten. KILHAM & KILHAM (1975) beschreiben den optimalen Lebensraum der *Melosira granulata* mit einem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von mehr als 5-10 mg/l bei einem pH-Wert < 9 und möglichst guter Durchmischung des Wassers. Die Förderung der *Stephanodiscus hantzschii* und der *St. minutulus* weist nach BRADBURY (1975) auf ein verbessertes Nährstoffangebot hin. Ursache der Abundanzverschiebung von den *Cyclotella*-Arten zu den *Stephanodiscus*-Arten wäre somit eine deutliche Wandlung des Seemilieus.  $\text{SiO}_2$  und andere mineralische Nährstoffe könnten durch verstärkte Zirkulation des Wassers aus dem Sediment nachgeliefert worden sein. Ebenso ist ein verstärkter Nährstoffeintrag aus dem Wassereinzugsgebiet denkbar.

Ein empfindlicher Indikator für Biotopänderungen ist die Artenvielfalt. Zu Beginn der warmzeitlichen Entwicklung war sie zunächst erheblichen Schwankungen unterworfen. Probe 114 (26,37 m) aus dem frühen Präboreal liegt bereits auf dem Niveau des Boreals ( $\approx 30$  Arten), dann erreicht die Probe 113 (26,05 m) den Spitzenwert von 40 Arten, und 10 cm oberhalb ist die Probe 112 vergleichsweise mit 27 Arten von geringer Vielfalt. Insgesamt zeigt die Entwicklung im Präboreal steigende Tendenz (Fig. 10). Spitzenwerte der gleitenden Mittel liegen gegen Ende des Präboreals, ein Rückgang ist zum Anfang der Borealzeit erkennbar, doch liegt dieser Abschnitt noch über dem Gesamtmittel der Phase. Nach kurzzeitigem Anstieg sinkt die Artenzahl auf Werte um 30 ab und bleibt bis zum Ende der Borealzeit niedrig.

Vergleicht man den Anteil der Aufwuchsdiatomeen mit der Entwicklung der Artenvielfalt, so sind Parallelen klar ersichtlich (Fig. 10). Zu Zeiten eines großen Artenreichtums ist stets ein hoher Anteil an Aufwuchsdiatomeen verzeichnet, bei sinkender Vielfalt nimmt die Häufigkeit dieser Gruppe ab. Ableiten läßt sich daraus für den Tege-

ler See eine unter Rückschlägen zunehmende Ausweitung des pelagialen Lebensraums bis zum frühen Boreal, danach bleiben die Verhältnisse bis zum Beginn des Atlantikums stabil (vgl. 6.1).

Während der Tiefwasserphase des jüngeren Boreals konnten die Aufwuchsdiatomeen mit 10% nur noch ein Viertel ihres präborealen Anteils halten. Trotz rückläufigem Trend war diese Gruppe im Verlauf des gesamten Abschnitts mit einem reichhaltigen Artenspektrum vertreten. Schon im Präboreal siedelten viele der noch heute verbreiteten Pennales im See. Zum Beispiel *Cymbella affinis*, *C. cistula*, *C. helvetica*, *C. leptoceros*, *C. ventricosa*, *Ephithemia sorex*, *E. turgida*, *E. zebra*, *Navicula oblonga*, *N. bacillum*, *N. radiosa*, *N. pupula*, *N. schönfeldii*, *Nitzschia palea* und *Rhopalodia gibba*. Neben vielen weiterer Arten (Tab. 1, Artenverzeichnis) gehörten diese Formen seit dem Präboreal - wenn auch mit wechselnder Häufigkeit - zum Artenbestand des Tegeler Sees.

Unterschiedlich sind die Entwicklungsmaxima der Pennales im frühen Postglazial. *Navicula oblonga* erreicht ihre größte Häufigkeit mit 2,6% in Probe 114 zu Beginn des Präboreals, nochmals 2,2% in Probe 104 im Boreal, fehlt dann im weiteren Verlauf des Abschnitts. *Navicula pupula* und *Cymbella cistula* treten mit 1,4% an der Grenze der Zonen IV/V auf, sind sonst aber seltener. Viele andere Arten zeigen ein ähnliches Häufigkeitsmuster und zeichnen somit die Abundanzmaxima der Bewuchsformen nach.

Stetig abnehmende Tendenz bei anfangs starker Oszillation zeigen die im Spätpleistozän dominierenden Litoralarten. Typisch dafür ist die Verbreitung der Gattung *Fragilaria*. Bis auf die etwas häufigere *F. brevistriata* sind viele Formen in den Proben des Boreals nur noch als Einzelfunde erfaßt. Zurück geht auch der Anteil der epiphytischen *Amphora ovalis* und Varietäten und der *Gomphonema*-Arten.

Mit einigen Schalen bleiben sie aber in den Proben des jüngeren Boreals präsent. Sicher spielt dabei Verdriftung aus dem Litoralbereich eine Rolle (vgl. HÅKANSSON 1982). Mit wenigen Individuen im Präboreal verbreitet und im Boreal nicht erfaßt sind

die Gattung *Achnanthes* und die Art *Cocconeis placentula* und Varietäten. Eine beständig auftretende Aufwuchsdiatomee ist *Rhopalodia gibba*. Im Präboreal und Boreal ist sie mit maximal 1-2% Anteil belegt. Immer nur als Einzelfund tritt *Cymbella ehrenbergii* in der frühen Nacheiszeit bis zum Ende des Boreals auf, im übrigen Holozän ist die Form außerordentlich selten und nur einmal gezählt worden. Nach HUSTEDT (1930) ist diese Art aber in Mitteleuropa rezent verbreitet.

Als auffällige Diatomee ist in den Proben 114 und 113 (Zone IV) jeweils als Einzelfund *Nitzschia tryblionella* var. *levidensis*, eine Art größerer Elektrolyttoleranz, belegt. Daneben ist in Probe 113 *Melosira juergensi* mit 2,3% als mesohalobe Diatomee bemerkenswert. Mit 2,9% letztmalig häufig, tritt in der gleichen Probe *Fragilaria construens* var. *binodis*, eine Form der spätpleistozänen Flachwasserbiotope, auf. Kurzzeitig ähneln die Lebensbedingungen im frühen präborealen See offenbar den Verhältnissen der spätpleistozänen Flachwasserphasen. In diese Richtung weist auch die große Formenvielfalt (Fig. 10). Mit 40 Arten, 62 Taxa und 18 Gattungen dokumentiert die Probe 113 (26,05 m) eine der reichhaltigsten Diatomeengesellschaften des gesamten Untersuchungszeitraums. Die hohe Artenzahl ist durch eine gleichzeitige Entfaltung der Plankton- und Aufwuchsdiatomeen zu erklären. Zahlmäßig überwiegen in dieser Probe aber die Planktonformen, was den Biotop von den pleistozänen Litoralphasen abhebt. Auch aus Holstein sind Florenwandel im Präboreal beschrieben. SIMONSEN (1957) fand in den Sedimenten dieser Zeit wiederholt kurzzeitige Zunahmen der boreoalpinen Diatomeen - bei insgesamt abnehmender Tendenz.

Abgesehen von den Schwankungen im frühen Präboreal ist die Phase durch die Ausweitung des pelagialen Lebensraums gekennzeichnet. Bei gleichzeitigem Rückgang der Aufwuchsdiatomeen nehmen die Planktonformen ständig zu. Während der gesamten Zeit besiedelt eine Planktongesellschaft den See, in der zunächst die Gattung *Cyclotella*, dann im ausgehenden Boreal die *Stephanodiscus*-Arten vorherrschen.

## 5.2.2 Das Atlantikum

Von etwa 7800 bis 5000 b.p., gut 2800 Jahre, dauerte die Mittlere Wärmezeit. Während dieser Gunstperiode bestimmte in unserem Raum der Eichenmischwald die Vegetation (BRANDE 1977) - es war nach MÜLLER (1965) zugleich die laubholzreichste Phase des gesamten Holozäns. Die günstigen klimatischen Bedingungen spiegeln sich in der Produktivität des Sees wider. In weniger als 3000 Jahren wurden 7,40 m einer sehr diatomeenreichen Kalkmudde abgelagert. Aus diesem Sedimentabschnitt, zwischen 23,25 und 15,85 m Tiefe, sind 32 Proben untersucht worden.

Massenentfaltungen von Arten der Gattungen *Cyclotella* und *Stephanodiscus*, zeitweise von *Synedra acus* var. *angustissima*, bezeugen die Vorherrschaft der Planktondiatomeen im Verlauf des Atlantikums (Tafel XV). Abgesehen von einigen Gipfelwerten in der früheren Phase und zum Ende der Zeit, war der Anteil der Aufwuchsdiatomeen geringer als in allen anderen Abschnitten des Holozäns (Fig. 10). Bei Minimalwerten von 0,3% (21,38 m), 2,9% (19,04 m) und Maximalwerten von 28,0% (22,42 m) sowie 20,3% (17,16 m) liegt der Mittelwert für das Atlantikum mit 10% Anteil auf dem niedrigsten Niveau des gesamten Untersuchungszeitraums. Die abnehmende Artenvielfalt belegt ebenfalls die untergeordnete Rolle der Aufwuchsformen. Von 34 Arten zu Beginn der Zone VI sinkt die Vielfalt bald auf 30 Arten ab und erreicht in der frühen Zone VII nur noch im Mittel 25 Arten je Probe. Zeitgleich, etwa zwischen 19,00 und 20,50 m Tiefe, liegt der Anteil der Aufwuchsdiatomeen bei 5% - die pelagialen Diatomeen erreichen den Höhepunkt ihrer Massenentfaltung. Im jüngeren Atlantikum pendelt die Artenzahl um einen Durchschnittswert von 31, die Litoralformen überschreiten 10% Anteil.

Mit wenigen Unterbrechungen dominiert die Gattung *Cyclotella* während des gesamten Atlantikums im Diatomeenplankton (Anlage 1). War im Boreal *C. comta* zeitweise die häufigste Art, so nimmt ihre Abundanz in der Zone VI von beginnend 23% in Probe 93 fortlaufend ab und bleibt im Durchschnitt der

Zone VII unter 10%. Nur in einigen Proben dieser Zone erreicht sie noch 15% (P 69, 66, 65). Das Diatomeenplankton dieser Zeit wird von *C. kützingiana* und ihren Varietäten bestimmt. In den Bereichen mit weniger als 10% Aufwuchsdiatomeen, besonders zwischen 19,20 und 21,00 m Sedimenttiefe, ist diese Art formenreich entfaltet. Neben der Art sind die Varietäten *C. kützingiana* var. *planetophora* und *C. kützingiana* var. *radiosa* typisch. Gleichzeitig ist mit abschnittsweise großer Häufigkeit eine sehr kleine variabel gezeichnete Form verbreitet (Tafel VII). Nach ihren Merkmalen steht diese Diatomee zwischen den Formen *C. comta* var. *oligactis*, *C. operculata* und *C. kützingiana* var. *radiosa*. Eine Zuordnung zu einem dieser "Typen" lässt sich nach lichtoptischer Analyse nicht rational begründen. Fehlende Konstanz der Merkmale führt zu allen denkbaren Übergangsformen. HUSTEDT (1930) bemerkt zur *C. comta* var. *oligactis*: "Die Punktierung des Mittelfeldes ist außerordentlich variabel, sowohl was die Größe der Punkte als auch ihre Anordnung betrifft. Die darauf begründeten Varietäten gehen lückenlos ineinander über und kommen in allen Proben untereinander gemischt vor. Eine Trennung der Formen ist praktisch undurchführbar. [...] Es kommen bereits bei der typischen *C. comta* verkürzte Randstreifen mit isolierten Punkten - in der Literatur als 'flammende Punkte' beschrieben - vor, und so besteht auch eine Verbindung mit der nächsten Art. Da sich aber die damit zusammenhängenden Formen immer mehr von der typischen *C. comta* entfernen, habe ich die Trennung an dieser Stelle vollzogen, um die Artgrenze nicht zu weit ziehen zu müssen."

Auch die von HUSTEDT als abgrenzende Merkmale von *C. comta* (in kürzeren Abständen marginale strichförmige Schattenzeichnungen) zu *C. operculata* (in kürzeren oder längeren Abständen eine deutlich von der Peripherie entfernte Perlenreihe) bezeichneten Strukturen sind bei der kleinen *Cyclotella*-Art durch Zwischenformen entwertet, oft fehlen diese Merkmale sogar vollständig. Die Form steht dann phänotypisch nahe *C. kützingiana* var. *radiosa* und *C. kützingiana* var. *planetophora*, bleibt aber mit maximal 8-10  $\mu$  m Durchmesser kleiner als die Varietäten. Auf Tafel VII sind einige sehr kleine Schalen

dieser Gruppe abgebildet. Interessant ist die parallele Häufigkeitszunahme dieser Diatomeenformen und der *C. kützingiana* nebst ihren Varietäten während der Zone VI und der frühen Zone VII. Im späten Atlantikum erreicht dieser Formenkreis in Probe 68 mit 45,3% Anteil den Höhepunkt der Entwicklung und vertritt *C. kützingiana* und ihre Varietäten *planetophora* und *radiosa*, die mit 12,7% deutlich seltener als vorher erfasst wurden. Die Ähnlichkeit der kleinen *Cyclotella*-Formen mit dem Formenkreis der *C. kützingiana* und die offenbar kaum verschiedene Autökologie (oft parallele Abundanzmaxima) haben mich diese Formengruppe zusammengefasst als Varietät zu *Cyclotella kützingiana* stellen lassen. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Formen aber nicht um eine taxonomisch einheitliche Gruppe. Eine differenziertere Abgrenzung von Taxa ist bei der derzeitigen Kenntnis der Variationsbreiten der *Cyclotella*-Arten wenig gesichert. Erschwerend wirkt die teilweise Anlösung der Schalen.

Problematisch ist ebenfalls die Trennung der *C. ocellata* von der *C. kützingiana* var. *planetophora*. War *C. ocellata* in den Sedimenten der Borealzeit eine prägnante Form, so verliert sie im Atlantikum ihre typische Erscheinung und ist nur noch schwer als Form neben der *C. kützingiana* var. *planetophora* zu halten. Schwierigkeiten bereitet dieser Formkomplex besonders in der Zone VI. Tritt *C. ocellata* in Zone IV und V mit höchstens 4,5% auf, so sind im frühen Atlantikum Maximalwerte bis 8% bei untypischem Erscheinungsbild erreicht worden. Nur noch mit einzelnen Schalen ist der Formenkreis schließlich in der Zone VII belegt. Im weiteren Verlauf des Holozäns tritt diese Form nicht mehr auf. *Cyclotella ocellata* besiedelte den Tegeler See somit nur frühpostglazial!

Bemerkenswert ist das Verwischen der trennenden Merkmale zwischen *C. ocellata* und *C. kützingiana* var. *planetophora* (Tafel V). Möglicherweise ist *C. ocellata* schon am Ende des Boreals im See ausgestorben, und die Varietät von *C. kützingiana* ist dem Phänotyp der Art nur sehr ähnlich. Differierende Auffassungen vom Erscheinungsbild der *C. ocellata* in der Bestimmungsliteratur (z.B. HUSTEDT 1930, GERMAIN 1981) weisen

auf ähnliche Beobachtungen und erschweren die Antwort.

Die große Formenvielfalt der *Cyclotella kützingiana* und der kleinen Arten kann hingegen als Anpassungsvorgang gedeutet werden. Von Lebensgemeinschaften höherer Pflanzen ist bekannt, daß bei andauernden günstigen Lebensbedingungen sich Arten durch mehrere genetisch verschiedene Populationen immer besser in ihre Nischen einpassen. Für die Diatomeen des Tegeler Sees würde das eine Einstellung auf den ausgeweiteten Lebensraum für Planktonalgen während der Zeiten höherer Wasserstände bedeuten - z.B. teilen sich kleinere Formen schneller und sinken langsamer ab. Höherer Formenwiderstand böte etwa bei geringer oder ausbleibender saisonaler Zirkulation des Sees Selektionsvorteile, die Ausweitung der kleinen Formen könnte somit durch Meromixis bedingt sein. Eine Eindriftung der kleinen Formen mit Havelwasser (Flußplankton!) muß jedoch ebenso bedacht werden.

Eine für das Atlantikum typische, aber nicht häufige Diatomee ist *Cyclotella bodanica*. Heute ist diese auffällig große Art in den Alpenseen (HUSTEDT 1930) und z.B. auch in Gewässern Südfinnlands und Lapplands (MÖLDER & TYNNI 1968) verbreitet. In der Mittleren Wärmezeit war sie im Tegeler See an die Phasen der Aufwuchsminima geknüpft. Probe 86 (21,38 m Tiefe) zeigt bei < 1% Bewuchsdiatomeen gleichzeitig mit 1,3% Abundanz das größte Vorkommen dieser Art. Nach einem Rückgang tritt *C. bodanica* zwischen 20,29 m und 19,23 m mit rund 1% stetig auf, ist danach nur sporadisch als Einzelfund belegt und erreicht in Probe 62 (15,98 m), zum Ende der Zone VII, nochmals 1,1 %. Diese Beobachtungen stehen nicht im Gegensatz zu MÖLDERs und TYNNI's (1968) Befund, daß *C. bodanica* im pelagialen Plankton oligotropher Seen häufiger zu finden ist als in anderen Gewässern. So waren die Diatomeen eutropher Biotope zu Zeiten maximaler Ausdehnung des Pelagials meist seltener als in den übrigen Abschnitten (vgl. Anlage 7). Ein direkter Zusammenhang zwischen Trophieniveau und Häufigkeit der Art ist dennoch nicht zwingend.

Abschnittsweise sind im Atlantikum weiterhin *Cyclotella cf. atomus* und *C. glomerata* sedimentiert worden. *C. cf. atomus* ist stetig mit einigen Prozent von 22,03 m bis 18,59 m vertreten. Die größte Häufigkeit, bei gleichzeitiger Formenvariabilität, liegt in der Zone VII. Die korrespondierende Entwicklung der Gattungen *Cyclotella* und *Stephanodiscus* ist im Atlantikum wiederholt sehr prägnant (vgl. Anlage 1). Ist zu Beginn der Zone VI zunächst keine klare Tendenz erkennbar, so besteht eine lang andauernde Förderung der *Cyclotella*-Arten bei einem entsprechenden Rückgang der Gattung *Stephanodiscus* von 21,23 m bis 20,52 m. Umgekehrt ist die Entwicklung zwischen 20,29 m und 19,63 m. Von 19,04 bis 17,96 m, viele Hundert Jahre lang, nimmt *Cyclotella* erneut zu.

*Stephanodiscus*-Arten gehen anfangs schlagartig zurück, bleiben dann etwa auf gleichem Niveau. Parallel greift *Synedra acus* var. *angustissima* in das Konkurrenzgefüge zwischen den zentrischen Formen ein. Offenbar wird *Synedra acus* var. *angustissima* unter ähnlichen Biotopverhältnissen wie die *Stephanodiscus*-Arten gefördert: Ein Rückgang der Gattung *Cyclotella* wird gleichzeitig durch eine Zunahme der *Synedra acus* var. *angustissima* begleitet, bei einer Massenentfaltung von *Cyclotella* geht *Stephanodiscus* jedoch zunächst stärker zurück als *Synedra acus* var. *angustissima*. Mit ihren Ökotopansprüchen kann *S. acus* var. *angustissima* zwischen den trophisch anspruchsvollen *Stephanodiscus*-Arten und den in nährstoffärmeren Biotopen lebenden *Cyclotella*-Arten placiert werden. Welchen Einfluß die gesamte Biozönose auf dieses Konkurrenzverhältnis ausübt, ist nicht zu klären!

Beachtlich ist der Rückgang der Gattung *Cyclotella* von Probe 74 (19,23 m) zu Probe 73 (19,04 m). Ausgehend von 52,5% schrumpft der Anteil auf 19,9%. Gleichzeitig nimmt *Stephanodiscus* von 11,5% auf 53,8% zu, dabei erreichen *St. dubius*, eine Art höherer Salztoleranz, und *St. hantzschii*, eine Massenform eutropher Gewässer, je 23%. Parallel dazu wird *Synedra acus* var. *angustissima* von 20% auf 8% zurückgedrängt, *Melosira granulata* var. *angustissima* kann ihren Anteil von knapp

1% in Probe 74 auf 7,7% ausdehnen. Als Art gut nährstoffversorgter Biotope belegt *M. granulata* ebenfalls den kurzfristig höheren Nährstoffgehalt des Seewassers. Schon in Probe 72 (18,75 m) ist der *Melosira*-Anteil wieder nahe dem Durchschnitt, doch bleibt das Niveau im jüngeren Atlantikum etwas höher als vorher. Gleichzeitig sind die Abundanzschwankungen von *Cyclotella* und *Stephanodiscus* ausgeprägter als im älteren Abschnitt. Als Folge des wiederholt höheren Nährstoffgehaltes läßt sich zeitlich versetzt eine Förderung der Aufwuchsdiatomeen beobachten (vgl. P 73 und folgende). Die Eutrophierung des Sees hatte zunächst wohl eine Ausweitung der Wasserpflanzenvegetation bewirkt, was ein Heranrücken des Lebensraumes der Aufwuchsformen an den Sedimentationsort in der Seemitte bedeutet. Eindriftung von Diatomeen des Litoralbereichs gewann zunehmend an Bedeutung.

Insgesamt spielten Aufwuchsdiatomeen während des Atlantikums im Bereich der Seemitte nur eine untergeordnete Rolle. Die neben den typischen Planktonformen gefundenen Pennales sind mit Sicherheit aus dem Uferbereich verdriftet. Wie indirekt an der Artenvielfalt und direkt am Anteil der Proben an Litoralformen ablesbar (vgl. Fig. 10), war der Litoraleinfluß im Verlauf der Mittleren Wärmezeit nicht gleichbleibend. Eine litoralformenreiche Anfangsphase geht dem Minimum im Mittelabschnitt voraus. In der 2. Hälfte der Zone VII treten die Bewuchsarten abschnittsweise wieder mit größerer Häufigkeit hinzu. Stetig, während des gesamten Atlantikums, wurden *Cymbella affinis* (max. 2,8% in P 84), selten *C. cistula*, *C. ventricosa* und *Navicula tuscula* sedimentiert. Mit Ausnahme der Planktonmaxima sind *Fragilaria brevistriata*, *Navicula graciloides*, *Nav. radiosa* und *Nav. rhynchocephala* gewöhnliche Formen der Zeit. Dazu kommt eine Reihe sehr seltener Arten. Ihren Verbreitungsschwerpunkt im frühen Atlantikum, Zone VI, haben z.B. *Cymbella parva*, *Navicula pupula* und *Rhopalodia gibba*, maximal 1,2% in den Proben 90, 91; in der Zone VII sind gegen Ende der Phase *Cymbella helvetica* und *Gomphonema*-Arten häufiger als vorher. Arten der Gattung *Achnanthes*, *Amphora*, *Fragilaria* und *Epithemia* sind sehr selten und überwiegend als Einzelfunde belegt.

### 5.2.3 Das Subboreal

Vor rund 5000 Jahren änderte sich die Waldzusammensetzung im Entwässerungsgebiet des Sees. Die Kiefer breitete sich aus, die Elemente des Eichenmischwaldes wurden seltener, und von da ab trat die Buche regelmäßig hinzu. Betroffen von diesem Vegetationswandel waren in starkem Maß die grundwassernahen Standorte, die Erlenwälder nahmen in ihrer Ausdehnung ab (MÜLLER 1965, 1971).

Bis etwa 800 v. Chr., 2200 Jahre, dauerte das Subboreal an. In dieser Zeit wurden zwischen 15,85 m und 9,80 m Tiefe weitere 6 m einer Kalkmulde abgelagert. Im unteren Abschnitt ist dieses Sediment rhythmisch geschichtet, eine Besonderheit, die im Tegeler See letztmalig im frühen Holozän auftrat. Die Rhythmite beschränken sich jedoch auf die Sedimente der Seemitte und sind in den zeitgleichen Ablagerungen aus der Kleinen Malche nicht nachzuweisen.

Insgesamt sind aus dem Subboreal 25 Proben analysiert worden (P 37 bis 61). Schon die gestiegene Sedimentationsrate von durchschnittlich 2,6 mm/a im Atlantikum auf 2,8 mm/a läßt auf Veränderung im See schließen. So wird gleich zu Beginn der späten Wärmezeit die Dominanz der Gattung *Cyclotella* durch die zur Vorherrschaft gelangenden *Stephanodiscus*-Arten abgelöst. Daneben sind die Gattungen *Cyclotella* und *Synedra* häufige Begleiter im Plankton (vgl. Tafel XVI). Der mittlere Gehalt an Litoralformen steigt um 4% auf 14% im Subatlantikum leicht an, wobei Minimalwerte von  $\approx 7\%$  (P 61, 57, 44) Maximalwerten von 20 bis 25% gegenüberstehen (P 47, 42, 38) (vgl. Fig. 10). Die Artenvielfalt liegt für die Gesamtzeit mit durchschnittlich 27,8 Arten/ Probe sehr niedrig. Signifikant artenreicher ist der Abschnitt zwischen 12,50 m und 12,00 m Tiefe. Ein Durchschnitt von 32,7 Arten entspricht den Einzelproben mit 38/26/34 Arten. Zu- und Abnahme der Aufwuchsanteile sind anhand der Artenvielfalt im Subboreal weniger deutlich wiederzuerkennen als im Atlantikum.

Die trophisch anspruchsvolleren *Stephanodiscus*-Arten, wie die Zunahme der Litoralformen, können als Beleg einer Besserung des Nähr-

stoffangebotes betrachtet werden. Interessant ist bei den planktischen Gattungen eine wiederholte kurzzeitig prägnante Überlagerung längerfristig ablaufender Entwicklungstendenzen (vgl. Anlage 1). Am deutlichsten wird das beim Zusammenspiel der *Cyclotella*- und *Stephanodiscus*-Arten im späten Abschnitt der Zone VIII. Eine Phase hoher *Stephanodiscus*-Anteile von 11,29 m bis 9,88 m wird durch eine plötzliche Anteilsumkehrung zugunsten der *Cyclotella*-Arten bei 10,43 m (P 39) unterbrochen. Einer Ausweitung der *Synedra acus* var. *angustissima* von 5,3% (P 55) auf 34,4% (P 54) im frühen Subboreal folgt schlagartig ein Rückgang auf nur 2% in Probe 53. Umgekehrt proportional, aber schwächer ist die korrespondierende Abundanzschwankung bei den Gattungen *Stephanodiscus* und *Cyclotella*. Ereignishafte Unterbrechungen langzeitig ablaufender Florenentwicklungen sind bereits aus dem Atlantikum bekannt und nicht ungewöhnlich. Standen während der Mittleren Wärmezeit kurzfristige Massenvermehrungen der *Stephanodiscus*-Arten im Vordergrund, so wurden im Subboreal kurzzeitig die Gattungen *Cyclotella* und *Synedra* gefördert. Übertragen bedeutet das wohl eine Umkehrung der Trophieverhältnisse: Waren Phasen höherer Nährstoffkonzentration im Atlantikum die Ausnahme, so haben typisch "atlantische" Verhältnisse im Verlauf des Subboreals nur sehr selten bestanden (vgl. 6.3.2).

Bereits seit dem späten Atlantikum ist eine Diversifizierung des Planktons zu beobachten. Neben kurzzeitigen Massenentwicklungen von *Synedra acus* var. *angustissima* bis über 30% (P 54) kommen abschnittsweise *Fragilaria crotonensis*, *Synedra ulna* und Varietäten sowie *Asterionella formosa* jeweils bis 5% hinzu. An zentrischen Formen ist *Melosira granulata* stetig mit einigen Prozent vertreten. *Melosira ambigua* ist im Vergleich zum Atlantikum erheblich seltener. Ihre höchsten Anteile erreicht sie während des Maximums von *M. granulata* in Probe 50 mit 3,0% und in der jüngsten Probe der Zeit (P 37) mit 5,4%. Die Gattung *Stephanodiscus* ist vor allem im jüngeren Abschnitt des Subboreals durch kleine Formen vertreten (bis max. 53%, P 42). *St. minutulus* hält in der älteren Phase bis 12,95 m einen Anteil von durchschnittlich 15% und geht danach auf Werte zwischen 5 bis 8%

zurück. *St. dubius* ist nicht in allen Proben präsent und erreicht einen größeren Anteil nur in Probe 50 (13,27 m) mit 5,5%, gleichzeitig zeigt *Cyclotella comta* mit 15,2% ihr Maximum. *Cyclotella* cf. *atomus* ist im älteren Abschnitt mit einigen Prozent regelmäßig vertreten, wird parallel zur Ausbreitung der *Stephanodiscus hantzschii* seltener und ist in den jüngsten Proben der Zeit nicht mehr erfaßt.

Unter den Planktongesellschaften des Subboreals nimmt die Probe 50, 13,27 m Tiefe, eine herausragende Stellung ein. Bei einer niedrigen Artenzahl von 24 entfallen auf die Planktonformen knapp 80% der Schalen. Dabei fällt auf, daß elektrolyttolerante Formen wie *Stephanodiscus dubius* mit 5,5%, *Melosira granulata* und Varietäten mit 8,5% sowie *Cyclotella comta* mit 15,2% ihre maximale Häufigkeit im Subboreal zeigen. Schon in Probe 51 (13,50 m) kündigt sich die Förderung dieser Taxa an. In diese Phase fallen auch die einzigen subborealzeitlichen Funde von *Cyclotella meneghiniana*. Bereits Probe 49 (12,95 m) zeigt wieder durchschnittliche Werte - eine kurze Zeit nur, weniger als 150 Jahre, dürfte der Elektrolytgehalt über dem Mittel der Subborealzeit gelegen haben (vgl. 6.2.2).

Die Begleitflora wird in dieser limnischen Phase im wesentlichen von den Gattungen *Cymbella*, *Navicula* und *Nitzschia* gestellt. Bedeutende Arten waren in diesem Abschnitt *Cymbella affinis*, *C. cistula*, *C. helvetica*, *C. ventricosa*, *Navicula bacillum*, *N. graciloides*, *N. lanceolata*, *N. meniscus*, *N. pupula*, *N. radiosa*, *N. schönfeldii*, *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia gracilis*, *Nitzschia palea* und in der jüngeren Phase *Rhopalodia gibba*. Dazu tritt eine große Zahl weiterer nicht regelmäßig gefundener Arten verschiedener Gattungen (vgl. Tab. 1). *Achnanthes clevei* lebt weiterhin im See, ist aber sehr selten und meist nur als Einzelfund erfaßt. Stetig und häufiger als im Atlantikum ist *Amphora ovalis* mit Varietäten verbreitet (max. 2,9%, P 47), die Fragilarien sind ebenfalls stärker repräsentiert als in den Zonen VI und VII, zudem haben sie leicht steigende Tendenz. Gegen Ende des Subboreals entfallen auf diese Sippe rund 13% (P 38, 10,19 m).

Viel deutlicher als in den Sedimenten der Seemitte zeichnet sich die Zunahme der Gattung *Fragilaria* in den Ablagerungen der ufernahen Position "Kleine Malche" ab. War der Anteil der Fragilarien im späten Atlantikum noch bei < 2%, so steigt der Wert an der Grenze der Zonen VII/VIII auf gut 20% und erreicht im Mittelabschnitt des Subboreals (Grenze Zone VII a/b, 4,13 m Tiefe) mehr als 25% bei steigender Tendenz (BERTZEN 1979). Gleichzeitig liegen die Anteile im Profil Seemitte bei wenigen Prozent, doch deutlich über dem Niveau des Atlantikums (vgl. Anlage 3). Uferferne, heute mindestens 400 m, und das bedeutend tiefere Wasser im Vergleich zur Malche sind Ursache der quantitativen Unterschiede. Die Förderung der Litoralfloora ist durch das Artenspektrum und die Abundanz in beiden Profilen belegt und für die Subborealzeit charakteristisch.

#### 5.2.4 Das Subatlantikum

Fünf verschiedene Planktongesellschaften lassen sich in den letzten 2800 Jahren der Seegeschichte unterscheiden. Zu keiner Zeit des Holozäns war vorher ein derart rascher Wandel zu beobachten, gleichzeitig war der See in der jüngsten Vergangenheit sehr produktiv. Fast 10 m einer diatomeenreichen Kalkmudde geben davon Zeugnis. Dieser Abschnitt ist mit insgesamt 36 Proben analysiert worden, dabei sind vier Mischproben je 50 cm langer Bereiche des obersten wasserreichen Sedimentes.

Von großem Interesse ist die zeitliche Stellung der jüngsten Phasen des Sees. Fehlende direkte Zeitmarken lassen jedoch nur eine ungefähre Abschätzung zu. Berücksichtigt man den hohen Wassergehalt des obersten Sedimentes, so errechnet sich eine Jahresakkumulation von im Mittel 2,7 mm. Die Dauer der einzelnen Perioden variiert demnach zwischen mindestens 250 Jahren und höchstens 800 Jahren.

Eine chronologische Einordnung wäre wie folgt denkbar:

- 2400 - 1600 b.p. (8,70 - 6,50 m Tiefe)  
*Stephanodiscus-Synedra*-Gesellschaft
- 1600 - 900 b.p. (6,50 - 4,70 m Tiefe)  
*Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft
- 900 - 400 b.p. (4,70 - 3,40 m Tiefe)  
*Stephanodiscus-Cyclotella*-Gesellschaft
- 400 - (3,40 - 1,60 m Tiefe)  
*Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft

Der unterste Abschnitt des Subatlantikums von 9,80 m bis 8,70 m Tiefe enthält massenhaft Schalen eines *Stephanodiscus*- und *Melosira*-Planktons. Diatomeen der Gattungen *Synedra* und besonders *Cyclotella* hatten gleichzeitig weniger Bedeutung. Vorherrschende Arten waren *Stephanodiscus hantzschii* mit ihrem Formenkreis, *St. minutulus* und zeitweise *Melosira ambigua*. Sind Massenentwicklungen der *Stephanodiscus*-Arten aus früheren Zeiten des Holozäns gut bekannt, so ist die Ausbreitung der *Melosira ambigua* zuletzt im Spätpleistozän beobachtet worden. Als Begleiter tritt die sonst sehr seltene *Melosira italica* in zwei Proben (33 und 34) mit 2,0% bzw. 2,5% Anteil hinzu. Mit 24% erreichten die Aufwuchsformen in dieser Phase einen Höhepunkt. Das Maximum einer Einzelprobe (P 33, 8,81 m Tiefe) liegt bei 40%, dem höchsten Wert des gesamten Holozäns (vgl. Fig. 10 und Anlage 3). Mit 55 Taxa und 41 Arten bezogen auf 400 Schalen ist in dieser Probe die größte Vielfalt der Phase erreicht. Einen Eindruck des Artenreichtums vermittelt die Tafel XVII. Bei einer Sedimentationsrate von 2,68 mm/a dürfte die Probe 33 aus der Mitte des 5. vorchristlichen Jahrhunderts stammen. Die Förderung der Litoralfloren in dieser Zeit könnte dem vermuteten trockenen Klima um 600 v. Chr. (Rekurrenz-Horizonte der Torfmoore, SCHWARZBACH 1974) entsprechen.

Von 400 v. Chr. bis vielleicht 400 n. Chr. dominierten die Gattungen *Stephanodiscus* und zunehmend *Synedra* im Diatomeenplankton. Nur *Cyclotella comta* ist mit maximal 12% in dieser Phase eine regelmäßig zu beobachtende Art ihrer Gattung. *Melosira granulata* und Varietäten sowie *M. ambigua* bleiben mit höchstens einigen Prozent unbedeutend. Zweimal, in

Probe 31 (8,28 m) und Probe 26 (7,15 m), ist *Stephanodiscus dubius* mit 5% erfaßt - die Art verharrt in den übrigen Proben erheblich unter diesem Wert. Beherrschend dagegen sind die kleinen *Stephanodiscus*-Formen, *St. hantzschii*, *St. minutulus*, und bis maximal über 30% *Synedra*-Arten, wobei die höchsten Werte auf Massententfaltungen von *Synedra acus* var. *angustissima* mit bis zu 27,5% (P 25) zurückgehen (vgl. Anlage 1). Mit durchschnittlich 20%, um 4% geringer als in der vorhergehenden Phase, liegt der Anteil der Litoralformen. Nur einmal, in der ersten Hälfte, werden nochmals kurzzeitig 25% überschritten. Wohl um die Zeitenwende nimmt der Litoralanteil rasch auf 15 bis 17% ab. Gleichsinnig tendiert die Artenvielfalt: Von Mittelwerten um 34 geht das Niveau auf 30 Arten zurück. Mit 40 Arten und 52 Taxa ist die Probe 23 (6,67 m Tiefe) die reichhaltigste der Phase.

Im 5. Jahrhundert wandelt sich die Planktonzusammensetzung durchgreifend. Die bis dahin bestimmenden *Stephanodiscus*-Arten werden von der Gattung *Cyclotella* zurückgedrängt. Es bildet sich eine *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft aus, in der Arten der Gattungen *Melosira* und *Synedra* zeitweilig zu großen Häufigkeiten kommen (vgl. Fig. 10 und Anlage 1). Diese bis in das Mittelalter bestehende Planktongesellschaft zeigt Ähnlichkeiten mit dem Diatomeenplankton einiger Abschnitte des Atlantikums. Vergleichbar hohe Gehalte an *Cyclotella comta*, wie in Probe 22 (23,3%), Probe 19 (19,8%) und in Probe 18 (20,2%), sind in den Sedimenten der frühen Zone VI, Proben 93 - 89, gefunden worden. Gleichzeitig war *C. kützingiana* und Varietäten ebenfalls in mäßiger Entfaltung mit 15 bis 20% Anteil vertreten. Die kurzzeitig herausragenden Abundanzen von *Synedra acus* var. *angustissima* und *Melosira ambigua* sind wohl durch episodische Ereignisse, wie Veränderungen im Umland des Sees (Erosion), verursacht zu deuten (vgl. 6.3.2).

Mit durchschnittlich 25% haben die Aufwuchsdiatomeen in dieser Phase den höchsten Anteil

im Holozän erreicht. Wohl im 6. und 7. Jahrhundert entfallen auf diese Gruppe maximal 32,2% (P 21, 6,24 m) bzw. 29% (P 20, 5,97 m). Nach allmählichem Rückgang liegt der Wert bei 21% (Mitte des 9. Jahrhunderts ?). Bis etwa um 1100 n. Chr. ist der Anteil auf 17,8% (P 15, 4,76 m) abgesunken. Die Förderung des pelagialen Lebensraumes wird eindrucksvoll durch die Zunahme der Artenzahl bestätigt. Wurden anfangs im Mittel 41 Arten erfaßt, so waren es in den Proben des Mittelalters nur noch 32.

In der Zeit zwischen rund 1100 und 1600 fand erneut *Stephanodiscus* günstige Bedingungen. Daneben waren mit rückläufiger Tendenz die Gattung *Cyclotella* und umgekehrt mit zunehmenden Anteilen *Synedra* eine häufige Planktongruppe. Zeitweise sehr gute Nährstoffversorgung begünstigte sicher die starke Ausbreitung des Formenkreises um *Stephanodiscus hantzschii* - in den Proben 17 und 16 je rund 35% und in Probe 9, 3,41 m, 50,9%. Nur einige Jahrzehnte vor dem Spitzenwert der Probe 9 enthält die Probe 10, 3,58 m, lediglich 11,2% dieser Formen. Aufwuchsdiatomeen sind zu Beginn und gegen Ende der Phase jeweils mit fast 30% erfaßt. Die Proben 13 und 12 enthalten dagegen nur 8,8% bzw. 11,0% Litoralvertreter. Die sehr labilen Abundanzwerte zu Beginn der Neuzeit gehen mit Sicherheit auf diskontinuierliche anthropogene Beeinflussung zurück.

Die Bereichsproben 1 - 4 umfassen die Sedimente der Zeit vom ausgehenden 16. Jahrhundert bis in das 19. Jahrhundert. Während dieser Phase konnte die Gattung *Cyclotella* ihren Anteil erneut vergrößern. Biotopstörungen belegt die Massententfaltung von *Melosira ambigua* in der Probe 4, 31,9%, und der Probe 1, 30,5%. *Stephanodiscus dubius* erreicht in der Probe 4 fast 7%, ist sonst nur mit < 2% gefunden worden. Mit durchschnittlich 38,8 Arten hält die Phase das höchste Vielfältigkeitsniveau des gesamten Holozäns. Im Mittel 24% Litoralformenanteil belegt den gestiegenen Einfluß der Flachwasserbiotope.

## 6. Paläoökologische Analyse

Neben der synökologischen bzw. populations-ökologischen Darstellung der Seegeschichte ermöglicht die autökologische Analyse eine weitergehende präzisierende Beschreibung des ehemaligen Seemilieus. Geben die Diatomeengesellschaften Auskunft über die Stabilität und die Konkurrenzverhältnisse innerhalb eines Systems, so werden Ökofaktoren durch empfindliche Arten indirekt faßbar.

Seit Beginn der autökologischen Untersuchung von Diatomeenarten (z.B. CLEVE 1894 - 1895, KOLBE 1927, HUSTEDT 1939a) wurden die Kieselalgen zur Erforschung vorzeitlicher aquatischer Lebensräume genutzt. Ausgehend von NIPKOWs paläoökologischen Untersuchungen (1920, 1927) hat sich die Diatomeenanalyse zu einem aussagekräftigen Instrument der Paläolimnologie entwickelt. Fortschritte sind dabei stets durch Erweiterung des Wissens über die Autökologie erreicht worden!

Nicht selten sind die ökologischen Einstufungen der Arten umstritten. Besteht bei der Zuordnung zu den pH-Gruppen überwiegend Konsens, so gehen die Meinungen bei den Halobien und den Saprobiern oft auseinander. Beispielsweise werden viele anfangs zu den halophilen Formen gerechnete Diatomeen heute als indifferent mit höherer Salztoleranz eingestuft. Entwickelt hat sich auch die Bewertung im Hinblick auf das Saprobiensystem - langfristige Beobachtungen und Kulturversuche weisen auf die Wirkung von Faktorenkomplexen hin (vergl. Wandel der Einstufung KOLKWITZ 1950, LIEBMANN 1962 und LANGE-BERTALOT & BONIK 1976, LANGE-BERTALOT 1979). Die aktuellen Untersuchungen berücksichtigen folgerichtig das Zusammenspiel der abiotischen Ökofaktoren im Lebensraum. Doch ganz neu ist diese Überlegung nicht. Schon 1957 hatte SIMONSEN geschlossen, daß viele als stenotherm kalt eingestufte Diatomeen tatsächlich weniger durch die Temperatur, sondern durch den Chemiesmus im spätpleistozänen Gewässer gefördert werden. Für die zentrische Art *Melosira granulata* konnte das Zusammenwirken verschiedener abiotischer Faktoren aufgeklärt werden. KILHAM & KILHAM (1975) fanden heraus,

daß neben dem Salzgehalt und dem pH-Wert vor allem die  $\text{SiO}_2$ -Gehalte des Wassers für die Ausbreitung der Art maßgeblich sind: Erst bei  $\text{SiO}_2$ -Werten von 5 bis 10 mg/l ist *M. granulata* häufig und dann schon bei sonst mäßiger Nährstoffversorgung. Obwohl höherer  $\text{SiO}_2$ -Gehalt meist mit höherem Angebot an den übrigen Nährstoffen zusammenfällt, darf die Art also nicht als reiner Trophieindikator verstanden werden. Doch selbst bei den genauer untersuchten Arten verbleibt hinsichtlich ihres Indikatorwertes grundsätzlich Unsicherheit - über die Konkurrenz der Diatomeen mit anderen Organismengruppen ist bisher ebenso wenig bekannt wie über die Bildung physiologischer Rassen!

Für die vorliegende Untersuchung sind die Angaben zur Ökologie der Diatomeen aus folgenden Arbeiten zusammengetragen: HUSTEDT 1930, 1939a, FOGED 1954, 1974, 1981, 1982, KOLBE 1927, NYGAARD 1956, SIMONSEN 1957, 1962, MÖLDER & TYNNI 1967 - 1973, TYNNI 1975 - 1978, SLADECEK 1973, CHOLNOKY 1968, KNUDSON 1954, LUND 1950, 1954, 1955, KALBE 1971, LANGE-BERTALOT & BONIK 1976 und LANGE-BERTALOT 1978, 1979.

Soweit genügend abgesichert, sind die älteren ökologischen Bewertungen der Arten für die Analyse korrigiert worden. In Zweifelsfällen sind die Diatomeen überwiegend der unspezifischeren Gruppierung zugestellt worden. Das für die Auswertung genutzte "ökologische Profil" der Diatomeenarten ist in der Artenliste (vgl. Tab. 1) jeweils unter der Art abgetragen.

Grundlage der paläoökologischen Analyse ist die Zusammenfassung der in den Proben erfaßten Kieselalgen nach ihrer Autökologie. Zur Überprüfung und Absicherung sind den Ergebnissen die Befunde korrespondierender physikalischer und chemischer Sedimentuntersuchungen (PACHUR & RÖPER 1982) gegenübergestellt. Aus sachlogischen Gesichtspunkten wird die Seegeschichte schwerpunktmäßig anhand von drei Faktorenkomplexen diskutiert: Wasserstand und Klima, Elektrolytgehalt und Wasser-

stoff-Ionen-Konzentration sowie Nährstoffangebot.

## 6.1 Wasserstand und Klima

Die Änderung der Wassertiefe eines Sees ist Ausdruck seiner Alterung oder aber verursacht durch Schwankungen im Wasserhaushalt der Naturlandschaft. Wasserstandsänderungen sind daher ein empfindlicher paläoökologischer Indikator. Zur Rekonstruktion der Wassertiefe/Seespiegelhöhe kann die Diatomeenanalyse indirekt beitragen. Grundlage dieser Methode ist die Erfassung der Lebensformen der Arten bzw. ihre Bindung an einen Lebensraum. Systematisch untersucht wurden diese Fragen von JØRGENSEN (1948), FOGED (1954) und NYGAARD (1956). In einer Vielzahl von ökologischen Arbeiten sind seitdem Aussagen über Seeniveau-Änderungen anhand der Kieselalgenfunde getroffen worden (z.B. HAWORTH 1969, 1976, DIGERFELDT 1972, 1980). Im Vordergrund der Analyse stehen dabei JØRGENSEN folgend die litoralen Arten der Gattung *Fragilaria*.

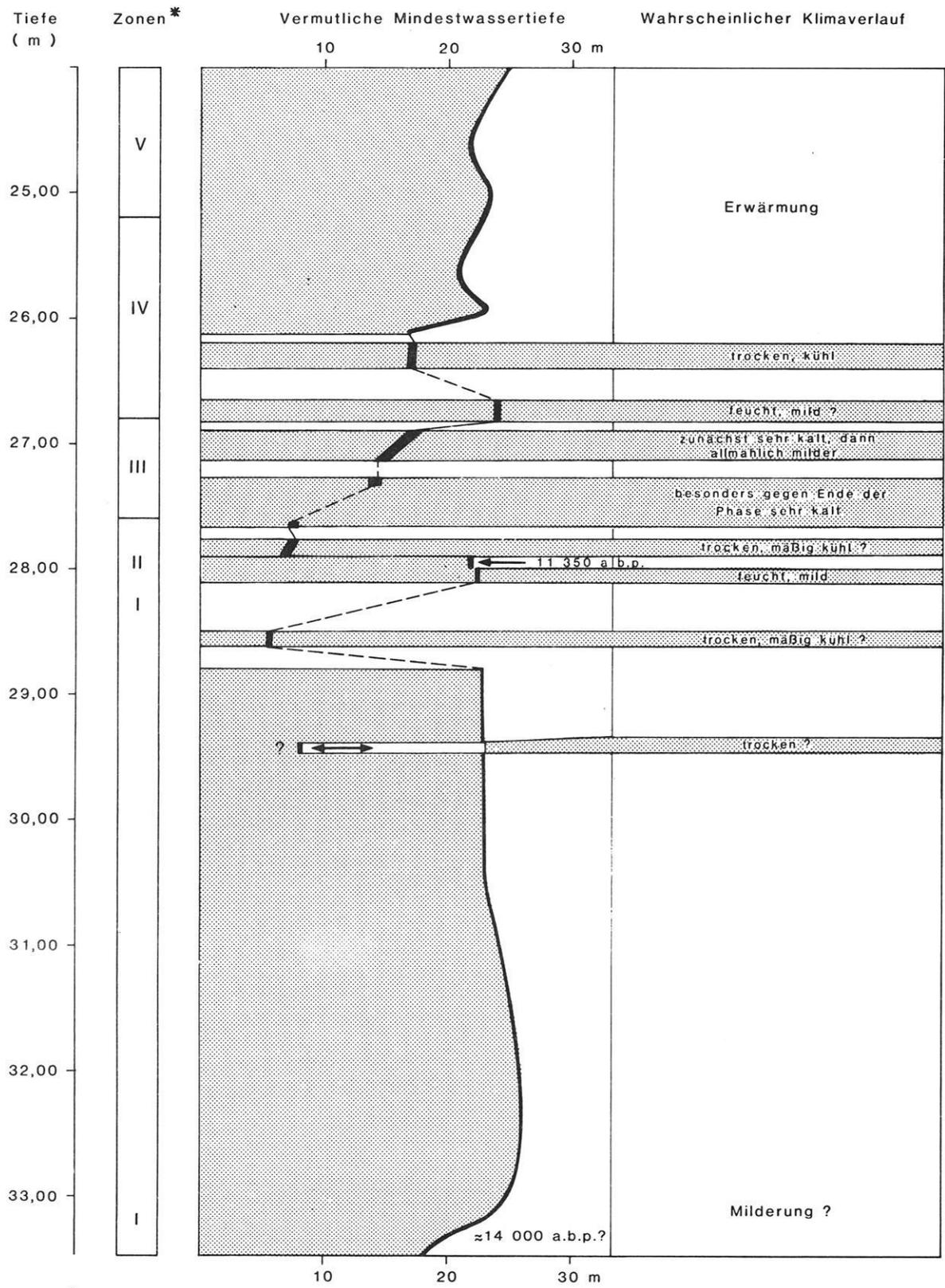
In der vorliegenden Computer-Graphik (vgl. Anlagen 2 und 3) sind die *Fragilarien* des Flachwassers parallel zur Verteilung der Lebensformen dargestellt. Die Einschätzung der Wassertiefen (vgl. Fig. 11 und 13) ist unter Hinzuziehung der Klimaentwicklung ( $O_{16}/O_{18}$ -Werte) sowie sedimentologischer wie morphologischer Gesichtspunkte versucht worden. Soweit bekannt, wurden die Auswirkungen sich ändernder Nährstoffversorgung auf die Häufigkeit der Lebensformen berücksichtigt.

In den 14 000 Jahren der untersuchten Seegeschichte bestimmten Planktonformen mit nur kurzzeitigen Unterbrechungen die Diatomeenflora des Tegeler Sees. Aufwuchsdiatomeen traten lediglich im Spätpleistozän wiederholt in den Vordergrund, im Holozän umfaßt diese Gruppe nur einen geringen Anteil.

### 6.1.1 Das Spätpleistozän

Überraschend ist die prozentuale Verteilung der Lebensformen in den Sanden der Profilbasis. Bereits 75 bis 80% der Schalen stammen

von Planktondiatomeen, nur in der ältesten Probe, aus 33,10 bis 33,50 m Tiefe, ist der Wert mit 60% etwas geringer. Vergleicht man das Spektrum der Lebensformen, der Arten und ihrer Abundanzen mit holozänen Phasen, so sind die Übereinstimmungen unverkennbar. Das vorliegende fast rein mineralische Sediment mit seinem geringen Diatomeengehalt entstammt jedoch einem Gewässertyp, der im Holozän in Mitteleuropa nicht mehr existiert. Eine Übertragung der warmzeitlichen Lebensform-Lebensraum (Wassertiefe)-Relation ist damit nur eingeschränkt vertretbar. Möglichst genau sollte dazu die Ausstattung des damaligen Sees, etwa Trübung des Wassers, Nährstoffversorgung, Wasserbewegung und Sedimentation, bekannt sein. Ein bestimmender Faktor für die Gültigkeit der Aussage ist die Ausdehnung des Epilimnions. So verschiebt starke Wassertrübung durch das nur in geringe Tiefe vordringende Licht das Verhältnis von Planktonformen zu Aufwuchsformen. Selbst bei geringer Wassertiefe werden vorrangig Planktondiatomeen sedimentiert, die periphytischen und benthischen Formen werden unterrepräsentiert sein. Geringe Sichttiefen, zumindest zeitweilig, sind für den Tegeler See der damaligen Zeit nicht unwahrscheinlich. Korngrößenanalysen des Quarzsandes (PACHUR & RÖPER 1982) ergeben zwischen 28,70 m und 31,50 m Tiefe einen erheblichen Anteil an Flugsanden. Doch war der Einfluß auf die Zusammensetzung der Diatomeenflora offenbar nicht ausschlaggebend: Selbst während der Phase des höchsten Sandeintrages, bei 30,40 m Tiefe, ist kaum eine Veränderung der Lebensformenrelation erkennbar (vgl. Anlage 2). Auch in den Tiefen unter 31,50 m, wo die Feinkiesfraktion erhöhte Wasserzufuhr (und Trübung?) andeutet, gibt es keine Hinweise auf selektive Hemmung von Diatomeen. Eine grundsätzliche Verschiebung der Plankton-Aufwuchs-Relation durch Lichtmangel kann so mit einiger Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Sollte die trophogene Schicht zeitweise kleiner gewesen sein, so ist die Trübung durch organische Partikel während der Vegetationsperiode (rezyklischer See!) zum Ausgleich damals sehr gering gewesen (vgl. Produktivität, 6.3.1). Im Mittel ist wohl mit einer Sichttiefe zu rechnen, die mindestens den Verhältnissen der Vorindustriezeit entspricht, Characeenreste in den Sanden stützen diese Vorstellung (vgl. 5.1.1



\* nach Firbas Einschätzung nach der Verteilung der Lebensformen

Fig. 11: Seespiegelschwankungen im Spätpleistozän und frühen Holozän.

und 5.1.4): Trotzdem verbleiben einige Unsicherheiten - die Standortverhältnisse für die litoralen Arten können ungünstig gewesen sein, die Sedimentations- und Erhaltungsbedingungen der Schalen sind nicht genau bekannt. Geht man von der vorindustrieseitlichen Lebensformen-Wassertiefen-Relation aus, dürften die Diatomeenbefunde für eine Wassertiefe von gut 20 m sprechen. Für eine erhebliche Wassertiefe steht auch die Morphologie des Seebeckens. Der damals gebildete Sedimentabschnitt liegt bis zu 48 m unter dem heutigen Seespiegel, das sind 16 m unter NN. Selbst bei trockenem Klima ist in einer derart tiefen Depression eine beachtliche Wasserfüllung naheliegend.

Ausgehend von dieser Tiefenschätzung ist in Fig. 11 die Entwicklung der Wassertiefe anhand der Lebensformenverteilung rekonstruiert worden. Nach anfänglich steigendem Wasserstand im ältesten Abschnitt wurde bald eine maximale Tiefe erreicht. In der Folgezeit, bei fortschreitender Sedimentation, ist der Trend leicht rückläufig, bis sich ab 30,50 m Sedimenttiefe ein gleichbleibendes Niveau andeutet. Während der gesamten Zeit bleiben die Diatomeen spätleistozäner Verbreitung unter 5%, "Kaltwasserformen" sind in geringer Zahl nur im untersten Abschnitt enthalten (vgl. Fig. 9). Klimatisch ist die Sandakkumulation deshalb in eine milde, keinesfalls extrem kalte Zeit zu stellen. Die Diatomeen der untersten Proben lassen eine gerade erfolgende Milderung vermuten.

Völlig abweichende Biotopverhältnisse dokumentiert die Diatomeenflora aus einer dünnen organogenen Lage innerhalb der pleistozänen Sande (P 130, 29,44 m Tiefe). Schließt man eine Umlagerung des Sedimentes aus, so war kurzzeitig am Probenort eine *Fragilaria-Amphora*-Gesellschaft entwickelt (vgl. Fig. 9 und Tafel X). Der hohe Gehalt an Aufwuchsformen und litoralen Planktondiatomeen (vgl. Anlage 2) könnte eine kräftige Absenkung des Seespiegels bedeuten. Denkbar ist ebenso eine Förderung der Litoralarten durch abnehmende Wassertrübung (vgl. 6.3.1 Nährstoffangebot). Die zeitliche Einordnung dieses Ereignisses ist schwierig. Belegbar ist nur ein höheres Alter als 12 000 Jahre (vgl. Datierung der ältesten Mude, PACHUR & RÖPER 1982).

Da vergleichbare Befunde bisher fehlen, ist diese Schwankung nicht gesichert.

Mit Beginn der Muddenbildung schließt sich eine lange Zeit sehr instabiler Ökotoptverhältnisse an (vgl. Fig. 9). Gleich anfangs folgt auf die *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft der pleistozänen Sande eine Flachwassergesellschaft. Zu dieser Zeit erreichten die Aufwuchsformen und die litoralen *Fragilaria*-Arten bis zu 70% Anteil, Werte, die zu keiner anderen Zeit überboten wurden. Maximale Verbreitung mit 20% Anteil zeigen die vorwiegend im Flachwasser heimischen Diatomeen spätglazialer Verbreitung. Die Befunde beschreiben einen Flachwasserbiotop, der in einer trockenen, nicht sehr kalten Klimaphase vor rund 11 800 Jahren am Ende der alten Dryaszeit (Bölling) existierte. Wie diskontinuierlich die Lebensbedingungen während dieses Abschnittes waren, belegt nicht nur der rasche Wechsel der Sedimentart. Die Verteilung der Lebensformen in den eng benachbarten entnommenen Proben 125 - 128 zeigt deutlich voneinander abweichende Relationen (Fig. 12).

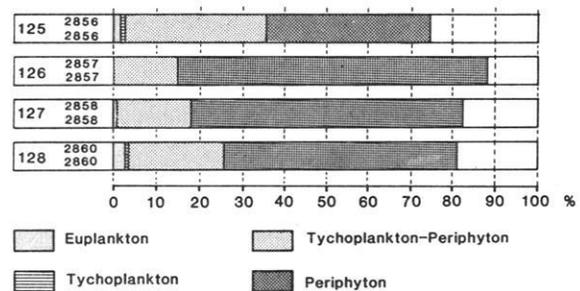


Fig. 12: Verteilung der Lebensformen in der Böllingzeit, Zone 1.

Bei einer Sedimentationsrate von kaum 1 mm/a und kontinuierlicher Ablagerung liegen rechnerisch zwischen den Proben 126 und 125 nicht einmal 20 Jahre. In dieser Zeit konnten die Aufwuchsdiatomeen ihren Anteil um über 40% erhöhen und das bei rückläufigem Nährstoffangebot (vgl. 6.3)!

Ab 28,55 m bis 28,08 m Sedimenttiefe folgt eine nahezu diatomeenfreie Wechsellagerung von Tonmude und Sand. Instabile Ökotoptverhältnisse im Wassereinzugsgebiet, durch erneute klimabedingte Milieuänderungen hervor-

gerufen, können als Ursache des heterogenen Sediments angenommen werden. Wahrscheinlich war dieser Abschnitt zumindest in der Endphase feuchter und milder als während der vorausgehenden Flachwasserzeit. So konnte aus einem Feinsand in 28,06 m Tiefe (Zone II) eine Planktongesellschaft isoliert werden, die im freien Wasser zu Hause ist. Vorherrschende Gattungen waren *Cyclotella* und *Stephanodiscus* - Aufwuchsdiatomeen und die Gattung *Fragilaria* erreichten mit nur 10% den niedrigsten Anteil der gesamten Allerödzeit (vgl. Anlage 2). Die Sauerstoff-Isotopen-Analyse signalisiert gleichzeitig thermisch günstige Bedingungen. Dazu paßt, daß Arten und Formen kaltzeitlicher Verhältnisse im Sediment nur selten vorkommen. Zeitlich bestand dieser Seeökotop rund 11 450 b.p. - die Sandschicht liegt 10 cm unterhalb der Laacher Bimstufe von 11 350 b.p. Die Wassertiefe der damaligen Zeit und die Dauer dieser Tiefwasserphase sind ungefähr zu rekonstruieren. Gesichert ist eine Mindesttiefe von 13 m während der Laacher Eruption (Tufflage Seemitte in 27,96 m Tiefe, Tufflage Kleine Malche in 14,95 m Tiefe), zur Bestimmung der tatsächlichen Wassertiefe muß dazu der Wasserstand in der Malche bekannt sein. Die Diatomeen der Malche-Sedimente aus 14,96 m Tiefe gehören zwar zu über 60% der Gattung *Fragilaria* an, doch bedenkt man die Ufernähe und setzt eine mittlere Lichtdurchlässigkeit voraus, so spricht nichts gegen mindestens 5 m Wassertiefe. Für die Seemitte sind damit allerödzeitlich 18 bis 20 m Wassertiefe zu errechnen.

Wenig oberhalb der Bimstufelage zeigt die  $O_{18}/O_{16}$ -Kurve einen Temperaturabfall an. Die ab 27,92 m Tiefe Kieselalgen führenden Sedimente dokumentieren bis zum Beginn der Jüngeren Dryaszeit erneut litorale *Fragilaria-Amphora*-Gesellschaften. Doch dürfte der Wasserstand bei leicht steigender Tendenz höher als in der Böllingzeit gewesen sein (vgl. Fig. 11).

*Melosira islandica* markiert im Profil die Jüngere Dryaszeit. Gleichzeitig signalisiert die Sauerstoffisotopenanalyse eine Phase hoher thermischer Instabilität. So dürfte die Ausbreitung und die maximale Entwicklung der *M. islandica* zu Beginn der Klimaschwankung bei kaltzeitlichen Verhältnissen erfolgt

sein. Die zweite Hälfte der Phase beginnt mit einer deutlichen Milderung, *Melosira islandica* geht von 20% auf 9% zurück. Nach nochmaliger Zunahme der "Kaltwasserformen" setzt sich in der ausgehenden Dryaszeit fortschreitende Erwärmung durch.

Eine Förderung der Planktondiatomeen gegenüber der späten Allerödzeit deutet auf einen Seespiegelanstieg gleich zu Beginn der Kaltphase. Nach etwa gleichbleibendem Wasserstand, vielleicht leicht ansteigender Tendenz während des Hauptabschnittes, nimmt die Wasserfüllung des Seebeckens gegen Ende der Dryaszeit erneut zu (vgl. Entwicklung der planktischen Formen und der Gattung *Fragilaria*, Anlage 2).

Nach den Befunden der Diatomeenanalyse war die Jüngere Dryaszeit der kälteste Klimaabschnitt der gesamten erfaßten Seegeschichte. Zu keiner anderen Zeit waren Kieselalgen arktischer Biotope derart häufig - zugleich belegen die zahlreichen Planktonformen den recht feuchten Charakter der Phase.

Das Präboreal beginnt mit einer klimatischen Gunstphase, doch setzt sehr bald wieder Temperaturrückgang ein. Unter Schwankungen nähert sich die  $O_{16}/O_{18}$ -Kurve erst allmählich dem warmzeitlichen Niveau. Die Verteilung der Lebensformen zeigt für die kälteren Abschnitte dieser Phase eine Tendenz zu sinkendem Wasserstand an. Wohl auf dem Höhepunkt der präborealen Klimaverschärfung beinhalten die Sedimente in 26,05 m Tiefe (P 113)  $\approx$  50% planktische Formen bei einem Anteil der litoralen Gattung *Fragilaria* von 20%. Rund 100 Jahre später, in 25,95 m Sedimenttiefe (P 112), enthält die Mudde fast 80% Planktondiatomeen und nur noch 7% Fragilarien. Ein weiteres Indiz für die Labilität des Lebensraumes sind die breiten diatomeenfreien Bereiche in den Ablagerungen des Präboreals (vgl. Fig. 8). So wird der Übergang vom Pleistozän zum Holozän von erheblichen klimatischen und in der Folge ökologischen Wandlungen begleitet.

#### 6.1.2 Das Holozän

Seit dem Präboreal bis zur Gegenwart dominieren im Sediment der Seemitte Planktondiato-

meen. Nur relativ geringe Mengen an Fragilarien und periphytischen Formen wurden parallel abgelagert. Die erfaßte warmzeitliche Mudde entstand mit Sicherheit uferfern. Demnach ist für den holozänen Tegeler See mindestens die heute bekannte Wassertiefe anzunehmen. Wiederholtem Wandel unterlag die Ausdehnung der Freiwasserfläche - schwankende Gehalte an litoralen und pelagialen Planktonformen deuten dies an (vgl. Anlage 3).

Die vermutlich größte Wassertiefe und damit den Höhepunkt seiner Entwicklung erreichte der Tegeler See im Verlauf des Atlantikums. Speziell in der Zone VII, vor etwa 5000 Jahren, war der Anteil der Fragilarien zeitweise auf weniger als 1% zurückgegangen, gleichzeitig fielen die Aufwuchsformen auf unter 5% ab (vgl. Anlage 3). Selbst wenn die Erosionsbasis tiefer als heute gelegen hätte und das Seespiegelniveau 2 bis 3 m unter der heutigen Höhe angesetzt würde, ist für die Seemitte der damaligen Zeit eine Wassertiefe von wenigstens 30 m sehr wahrscheinlich (Fig. 13). Der See verfügte damit im Atlantikum über ein erheblich größeres Wasservolumen als heute, dabei war der Anteil des litoralen Lebensraumes aufgrund der Beckenmorphologie eher kleiner als zu späteren Zeiten. Verstärkter Havel einfluß ist während dieser Tiefwasserphase gut vorstellbar, die dadurch veränderte Wasserqualität könnte die Ursache für die zu keiner anderen Zeit derart entwickelte Formenvielfalt bei der Gattung *Cyclotella* gewesen sein (vgl. 5.2.2). Im Verlauf des Atlantikums nimmt der Anteil der Litoralformen ganz allmählich wieder zu. Ursache ist wohl der langsame Rückgang der Wassertiefe durch fortschreitende Sedimentakkumulation. Ein immer größer werdender Bereich des Seegrundes wird in die trophogene Zone gelangt sein und konnte von Diatomeen besiedelt werden. Von der Verflachung des Sees dürften besonders die Verbindungsrinnen zur Havel betroffen gewesen sein, was zusätzlich den Eintrag von Havelwasser reduzierte. Der parallel laufende Rückgang der Gattung *Cyclotella* könnte damit zusammenhängen.

Ein erkennbar neues Gleichgewicht zwischen Plankton und Periphyton kennzeichnet das Subboreal (vgl. Fig. 10 und Anlage 3). Die  $O_{16}/O_{18}$ -Werte belegen mit über  $10^{-6}$  PDB für

die frühe Phase der Zone VIII sehr günstige thermische Verhältnisse. Zwischen 14,60 m und 14,40 m Sedimenttiefe ändern sich die Werte plötzlich um eine Zehnerpotenz und verharren bis in das Subatlantikum auf diesem "kühleren" Niveau. In den Sedimenten spiegelt sich dieses Ereignis durch eine rhythmisch geschichtete Mudde wider. Zwischen 14,00 m und 15,00 m Tiefe sind 10 bis 20 cm mächtige, deutlich geschichtete Bereiche aus hellen und dunklen Lagen zu finden (vgl. Fig. 3).

Diatomeenanalytisch ist der Biotopwandel in Probe 54 aus 14,24 m Sedimenttiefe erfaßt. Entfielen in Probe 55, 14,50 m, knapp 80% der Schalen auf euplanktische Diatomeen, so gehören in Probe 54 noch 45% zu dieser Gruppe. Von weniger als 10% weiteten sich stattdessen die periphytisch wie planktisch verbreiteten Litoralformen auf mehr als 35% aus. Die eigentlichen Aufwuchsdiatomeen werden dagegen nicht gefördert. Im wesentlichen unterscheidet sich die Probe floristisch durch eine kurzzeitige Massenentwicklung von *Synedra acus* var. *angustissima* - schon in Probe 53 (14,03 m) ist die Art auf nur 2% Anteil zurückgefallen (vgl. Anlage 1). Die Ursache dieser episodischen Begünstigung des "Uferplanktons" ist kaum auf einen merkbar gesunkenen Wasserspiegel zurückzuführen, es kann vielmehr ein Wandel des gesamten Seemilieus angenommen werden. Denkbar ist die *Synedra*-Blüte als Folge eines zumindest saisonal günstigen Nährstoffangebotes, etwa durch verstärkte Wasserzirkulation. Daß die jahreszeitliche Periodik im See ausgeprägter war als vorher, unterstreicht die Sedimentschichtung.

In den letzten 3000 Jahren wechselten die Diatomeen-Gesellschaften rascher als zu anderen Zeiten der holozänen Geschichte. Jeweils nur einige Jahrhunderte andauernde Phasen gliedern das Subatlantikum in gut unterscheidbare Abschnitte. Dabei ist die gestiegene Häufigkeit der Fragilarien bemerkenswert. Erstmals seit dem Präboreal liegt ihr Anteil in einigen Proben wieder über 10% - gleichzeitig werden weitere Arten ufernaher Lebensräume verstärkt abgelagert. Besonders deutlich ist diese Entwicklung in den Sedimenten der ufernahen Kleinen Malche abzulesen. Von weniger als 5% in der Zone VII

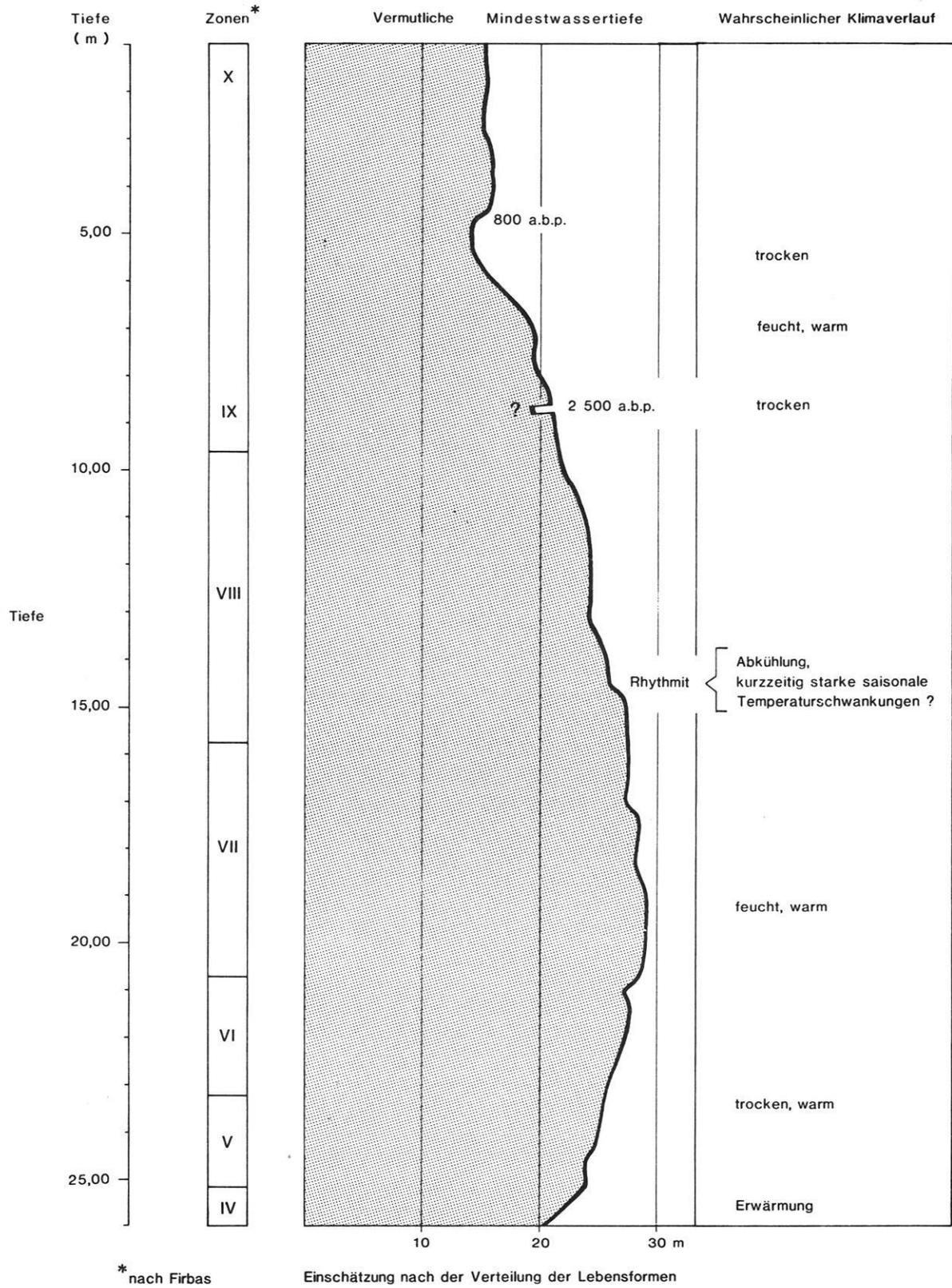


Fig. 13: Seespiegelschwankungen im Holozän.

steigt der Anteil der Fragilarien auf über 50% an der Grenze der Zonen X/IX an (BERTZEN 1979). Die Zunahme dieser Diatomeengruppe bestätigt den seit dem Atlantikum bestehenden Trend: Flacher werdendes Wasser, Abnahme der freien Wasserfläche und Heranrücken des Litoralsaumes an den Probenort See- mitte. In der jüngeren Vergangenheit wird diese Entwicklung durch bessere Nährstoffversorgung zusätzlich beschleunigt (vgl. 6.3.2).

Markant ausgeprägt ist die Förderung der Litoraldiatomeen im frühen Subatlantikum. In Probe 33 (8,81 m) umfaßt die Gruppe der Periphyten 40%, und das Plankton ist von 80% auf 60% Anteil zurückgefallen, wovon 10% zum Litoralplankton gerechnet werden. Dieser herausragende Befund könnte auf eine kurzzeitige Absenkung des Seespiegels zurückgehen (vgl. Fig. 13). Ursache ist möglicherweise die Klimainstabilität, die zur Bildung der Rekurrenz-Horizonte in den Torfmooren führte. SCHWARZBACH (1974) ordnete, LAMB (1972) und BROOKS (1949) folgend, dieses Ereignis 600 v. Chr. ein. Anhand der palynologischen Gliederung des Sedimentes und nach der Sedimentationsrate läßt sich der Sedimentabschnitt etwa auf eine Entstehung um 500 v. Chr. eingrenzen. Bei der Ungenauigkeit der relativen Altersbestimmung kann das Zeitgleichheit bedeuten!

Eine normale Ausdehnung des pelagialen Lebensraumes hat sich ab Probe 32 (8,61 m) bereits wieder eingestellt. In den Jahrhunderten vor der Zeitenwende erreichen die Fragilarien erneut etwas mehr als 10%. Dagegen übersteigen die Aufwuchsformen insgesamt kaum 20%. In diese Zeit fällt der bis dahin niedrigste  $O_{16}/O_{18}$ -Wert - relativ kühles und eher trockenes Klima kann vermutet werden.

Von der Zeitenwende (P 27, 7,40 m) bis zum beginnenden 5. Jahrhundert (P 23, 6,67 m) spricht die Dominanz der Planktonalgen, bei gleichzeitig weniger als 5% Fragilarien, für hohe Wasserstände. Parallel dazu erreicht die Sauerstoff-Isotopen-Kurve ihren subatlantischen Gipfelpunkt. Auf diese feucht-milde Klimaperiode mit hohen Seespiegelständen folgt ein trockener (?) Zeitraum. Die Freiwasserfläche dieser Zeit war offenbar kleiner als heute - der Anteil der Periphyten und des

Litoralplanktons lag über den Werten der Gegenwart.

Der ab Probe 15 (4,76 m) erfaßte plötzliche Rückgang der Fragilarien unter 3% wird von den Periphyten insgesamt nicht nachvollzogen. Ob wir hier den mittelalterlichen durch Mühlenstauwehre angehobenen Seespiegel (PACHUR & HABERLAND 1977, nach BESCHOREN 1935 und HERRMANN 1959) dokumentiert haben, ist nicht ganz sicher. Bei höheren Wasserständen hätten die Litoralformen insgesamt abnehmen müssen, doch ist auch eine selektive Förderung einzelner Litoralsippen, der epiphytisch lebenden Formen, bei verstärktem Makrophytenwuchs (Nährstoffzufuhr!) folgerichtig. Für einen hohen Seespiegel im Mittelalter, etwa auf heutigem Niveau, spricht die Entfaltung der Gattung *Cyclotella* (Havel-einfluß?). Nicht auszuschließen ist ein etwas niedrigerer Wasserstand - ähnlich dem frühmittelalterlichen - gegen 1700. In der Bereichsprobe 3 entfallen 30% der gefundenen Schalen auf periphytisch lebende Diatomeen.

Heute ist der See im Bereich der Bohrung 15 m tief. Kontrolliert wird der Seespiegel durch die Havel-Schleuse in Berlin-Spandau. Je nach Jahreszeit werden unterschiedliche Wasserstände eingeregelt. Nach KLOOS (1978) wird im Sommerhalbjahr der Pegel bei Spandau auf +31,30 m NN eingestellt, während der Winterstau bei +31,62 m NN liegt.

## 6.2 Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt

Eine der verbreitetsten Diatomeengruppierungen ist die Einordnung nach ihrer pH-Abhängigkeit. Grundlegende Untersuchungen zum Zusammenhang von pH-Wert und dem Vorkommen von Diatomeenarten führte HUSTEDT (1939a) am Beispiel der Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra aus. Er ordnete die Diatomeen nach ihrem Auftreten in fünf Gruppen ein:

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. alkalibionte: | Lebensbezirk im pH-Bereich über 7                           |
| 2. alkaliphile:  | Vorkommen um pH = 7 mit vorwiegender Verbreitung bei pH > 7 |

3. indifferente: Gleichmäßige Verbreitung um pH = 7
4. acidophile: Vorkommen um pH = 7 mit vorwiegender Verbreitung bei pH < 7
5. acidobionte: Lebensbezirk im pH-Bereich unter 7, optimales Vorkommen etwa bei pH = 5,5 und tiefer.

Zur Eingrenzung des pH-Wertes im Lebensraum einer Diatomeengesellschaft stützte sich HUSTEDT (1939a) auf die pH-Ansprüche der vorkommenden Massenformen. Unberücksichtigt blieb dabei der Zeigerwert der weniger häufigen Arten. NYGAARD (1956) entwickelte HUSTEDTs Konzept weiter und führte statistische Methoden ein, die neben den Massenformen auch die seltenen Formen mit erfaßten. "The method of calculation is as follows. Each of the acidobiontic and alkalibiontic species is multiplied by 5 and its relativ frequency, whereas the acidophilous and alkaliphilous species are merely multiplied by their relativ frequencies. The results are called units. The units of the acidobiontic and acidophilous species are added up, the sum total being designated 'acid units'; in the same way the 'alkaline units' are obtainable from the alkalibiontic and alkaliphilous species. In this way the quantitatively dominant species and the ecologically significant species help to characterize the picture more precisely. For the sake of brevity I have used the following terms:

$$\text{Index } \alpha = \frac{\text{acid units}}{\text{alkaline units}}$$

$$\text{Index } \omega = \frac{\text{acid units}}{\text{number of acid species}}$$

$$\text{Index } \varepsilon = \frac{\text{alkaline units}}{\text{number of alkaline species}}"$$

(NYGAARD 1956: 56)

MERILÄINEN (1967) überprüfte die Index-Methode an einer Reihe finnischer Seen und stellte das Ergebnis in Bereichskurven bzw. logarithmisch, Index gegen pH-Wert, dar. Anhand des erarbeiteten Diagramms ist eine direkte pH-Einstufung von Gewässerbiotopen -

rezent oder fossil - möglich. Doch sind die erzielten Ergebnisse nicht unbedingt allgemeingültig und bedürfen vorsichtiger Interpretation. So muß das autökologische Verhalten der Arten überregional nicht übereinstimmen, der unterschiedlich weit gefaßte Artbegriff bei verschiedenen Bearbeitern beeinflusst besonders Index  $\omega$  und  $\varepsilon$ . MERILÄINEN (1967) selbst weist auf die Ungenauigkeit der Methode in schwach gepufferten Gewässern hin! Selbstverständlich erlaubt die Index-Methode nur Aussagen über den vorherrschenden Zustand des Gewässers, Abstufungen innerhalb eines Sees oder saisonale Schwankungen des pH-Wertes sind nicht zu erfassen. Der errechnete pH-Wert entspricht stets einem Mittelwert. Einen Hinweis auf die Stabilität der Wasserstoff-Ionen-Konzentration im Lebensraum können die pH-indifferenten Diatomeen geben. So dürfte bei steigendem Anteil dieser Gruppe die pH-Schwankungsbreite zunehmen, was die Verlässlichkeit der Index-Methode herabsetzt.

In der nachfolgenden Darstellung sind die Index  $\varepsilon$  -Werte Basis der pH-Rekonstruktion. Index  $\alpha$  und  $\omega$  führten wegen der geringen Zahl an acidophilen Diatomeen nicht zu sinnvollen Werten.

Seit der Aufstellung des Halobien systems (KOLBE 1927, 1932) sind Diatomeen als Indikatoren für den Salzgehalt ihres Lebensraumes genutzt worden. Zunächst standen Fragen nach der Salztoleranz der Arten mit im Vordergrund (z.B. HUSTEDT 1939b, 1957, SIMONSEN 1962). Im skandinavischen Raum werden seit langer Zeit Kieselalgen bevorzugt zur zeitlichen Eingrenzung der holozänen Landhebung - Aussüßung von Lagunen - herangezogen (z.B. FLORIN 1944, DIGERFELDT, HÅKANSSON & PERSSON 1980). Heute sind die elektrolytempfindlichen Diatomeen ein wichtiges Werkzeug der paläolimnologischen Untersuchungen allgemein.

In der vorliegenden Analyse (vgl. Anlagen 4 und 5) sind die Diatomeen dem System von KOLBE (1932) folgend eingeordnet. Den Halobienstufen entsprechen Elektrolytkonzentrationen von maximal 5‰ für die oligohaloben Formen, 5 bis 20‰ für die Mesohalobien und 30 bis 40‰ für die Polyhalobien (Fig. 14).

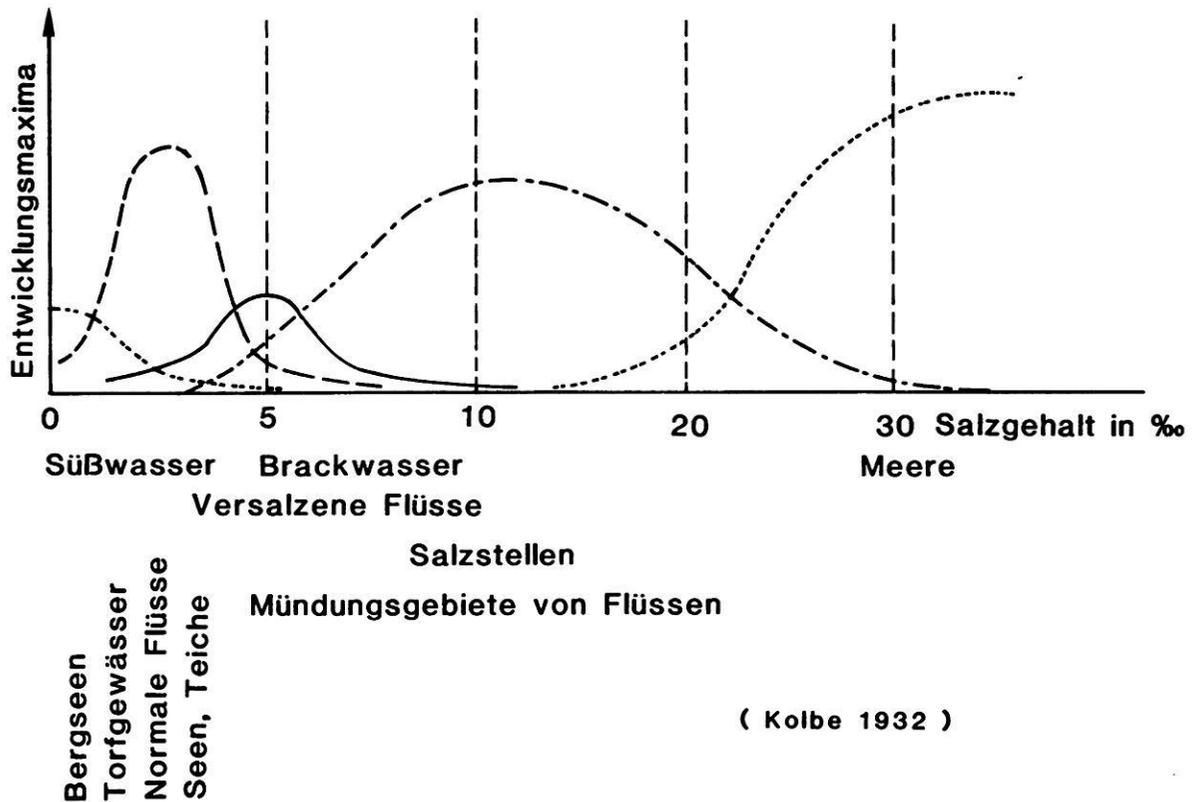


Fig. 14: Salzgehalt der Biotope und Entwicklungsmaxima ökologischer Gruppen aus KOLBE 1932.

Diese Toleranzgrenzen dürfen nicht als absolute Werte interpretiert werden, gleichwohl kann im Umkehrschluß von der Häufigkeit der unterschiedlich empfindlichen Diatomeen eine ungefähre Eingrenzung des Elektrolytgehaltes im Lebensraum abgeleitet werden (vgl. dazu SIMONSEN 1962, ZIEMANN 1968, 1970). In den Fig. 15 und 16 "Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt" ist versucht worden, auf der Grundlage der Halobienverteilung den Salzgehalt des vorzeitlichen Tegeler Sees einzuschätzen. Dabei entspricht einer mittleren Süßwasserqualität von 2 bis 3‰ Salzgehalt eine Dominanz der elektrolitindifferent eingestuft Diatomeen. Gleichzeitig können wenige Prozent halophile oder halophobe Formen hinzutreten. Abweichungen zu geringerer bzw. höherer Salzkonzentration sind je nach Anteilsentwicklung entsprechend empfindlicher Gruppen tendenzmäßig abgetragen.

Als ein Gewässer der kalkreichen Moränenlandschaft bot der See von Anfang an den alkali-

philen und alkalibionten Diatomeen günstige Lebensbedingungen (vgl. Anlagen 4 und 5). Nur sehr selten war die Pufferkapazität des Wassers geringer, so daß Arten des sauren Milieus hinzutreten. Ausnahmsweise waren kurzzeitig einige Male Diatomeen höherer Salztoleranz häufiger - meist war diese Gruppe in den Einzelproben aber mit wenigen Prozenten bedeutungslos.

#### 6.2.1 Das Spätpleistozän

Im ältesten Abschnitt, in den Sanden der Zone I, sind die alkalibionten Kieselalgen mit 10% und die alkaliphilen Formen mit 45 bis 60% die bestimmenden Elemente. Acidophile Diatomeen treten zwar in einigen Proben auf, bleiben mit höchstens 1% Anteil unbedeutend. Nach der Index  $\epsilon$ -Methode errechnet sich für diese Zeit ein pH-Wert, der zwischen 7,8 und 8,8 schwankt (Fig. 15). Nur die Probe 130 aus 29,44 m Tiefe belegt mit pH 7 ein kurzzeitig geringer gepuffertes Gewässer. In diesem

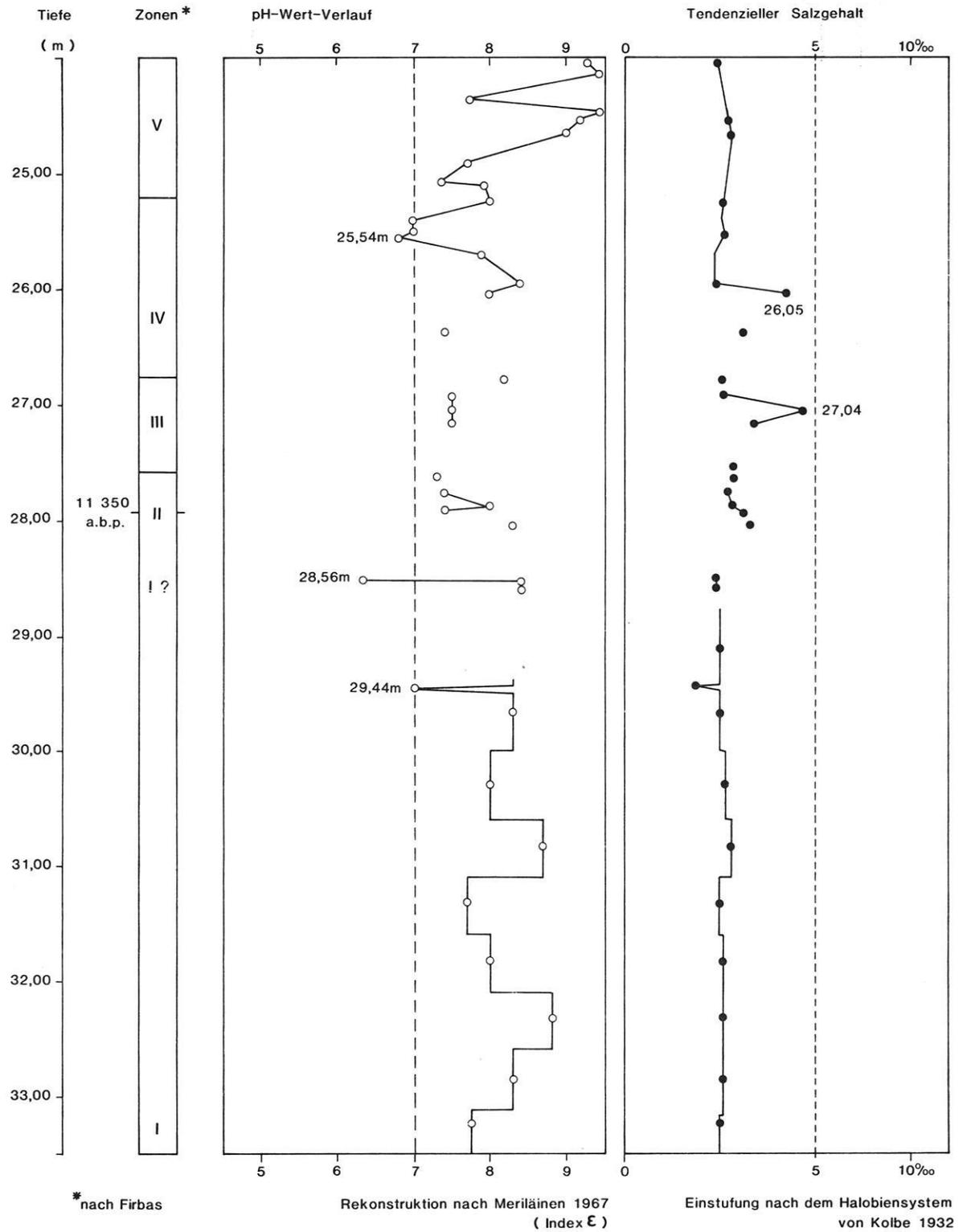


Fig. 15: Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt im Spätpleistozän und frühen Holozän.

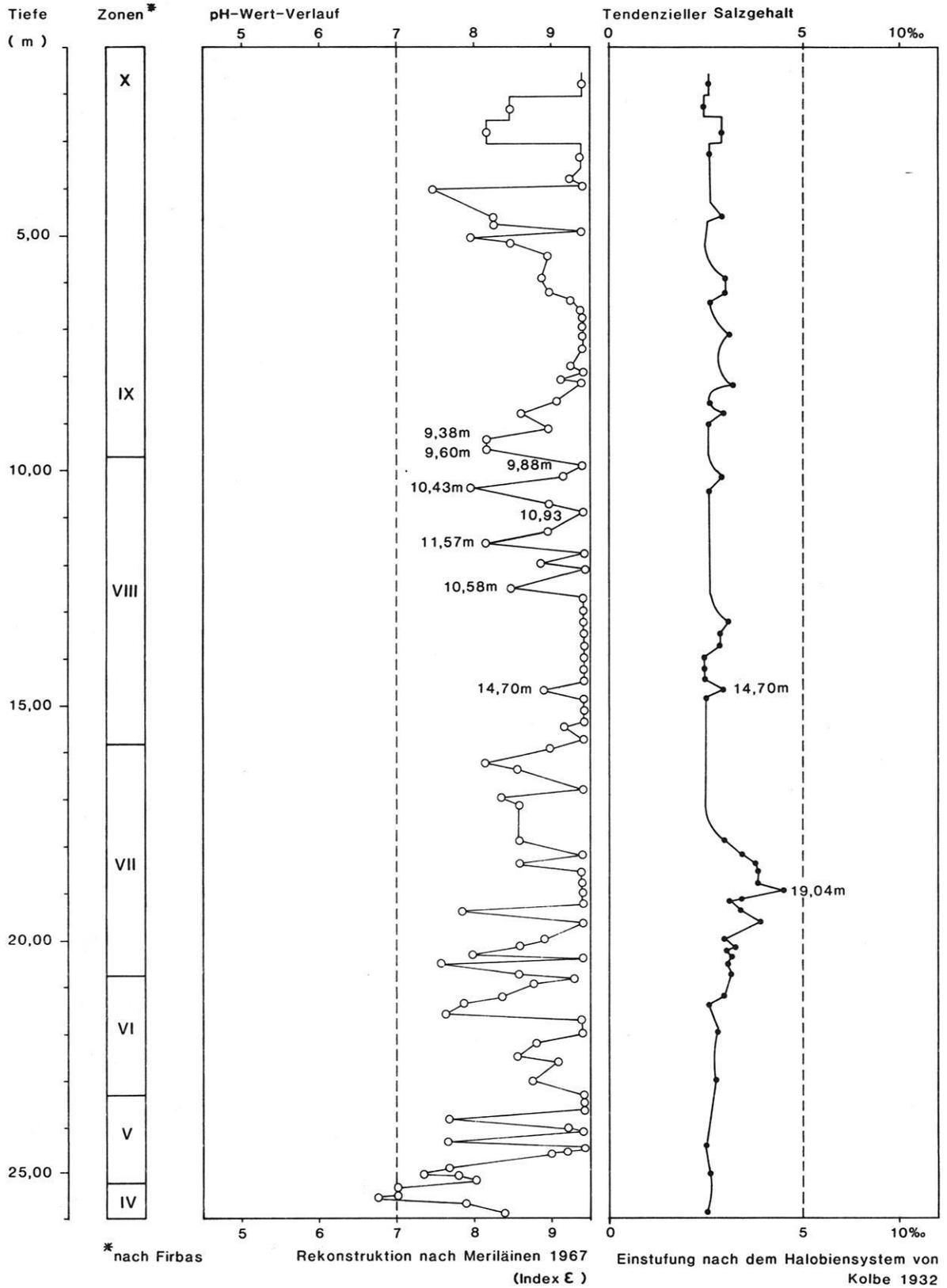


Fig. 16: Wasserstoff-Ionen-Konzentration und Elektrolytgehalt im Holozän.

Biotop lag der Anteil der alkalibionten Formen nur noch bei 1%. Der See dieser Phase dürfte zudem den niedrigsten Anionen-Gehalt seiner erfaßten Geschichte gehabt haben. Mit  $\approx 1\%$  erreichen die im Tegeler See äußerst seltenen halophoben Diatomeen (*Achnanthes flexella*) einen erkennbaren Anteil, während die sonst regelmäßig mit einigen Prozent vertretenen salzverträglichen Formen nur als Einzelfunde vorkommen. Der Elektrolytgehalt wird in diesem Litoralbiotop  $2\text{‰}$  kaum überschritten haben. Etwas höher, vielleicht bei  $3\text{‰}$ , kann der "Salzgehalt" während der Sandakkumulation gelegen haben (Fig. 15). Nach KOLBE (1932) wäre dieser Elektrolytgehalt für ein Süßwasser leicht überdurchschnittlich.  $\text{CaCO}_3$  dürfte im wesentlichen für den Salzgehalt verantwortlich gewesen sein (alkalibionte und alkaliphile Formen!).

Die im Spätpleistozän zunehmende Instabilität des Sees - schwankende Wasserfüllung des Seebeckens, rasche Abfolge verschiedener Diatomeengesellschaften - spiegelt sich ebenfalls in der pH-Wert-Entwicklung und im Elektrolytgehalt des Wassers wider. In der Flachwasserphase der Böllingzeit (älteste Mudde) ist ein starker Rückgang des pH-Wertes von zunächst  $\approx 8,4$  (28,60 m) auf  $\approx 6,3$  (28,56 m) errechnet worden. Wie in der Probe 130 (29,44 m) sind alkalibionte Formen kaum vertreten, doch umfassen die alkaliphilen Diatomeen bis zu 80% Anteil. Gegen Ende der Periode treten  $\approx 2\%$  acidophile Diatomeen hinzu. Bei angestiegenem Seespiegel um 11 450 b.p. erreicht der pH-Wert erneut einen Wert über 8. Mit anschließend wieder sinkendem Wasserstand (jüngere Allerödzeit) fällt auch der pH-Wert leicht ab, unterschreitet aber nicht pH 7,5. Stufenweise steigende Seespiegelstände werden während der Zone III durch parallel schwach steigende pH-Werte (7,4 - 7,7 - 8,2) nachgezeichnet. Im beginnenden Präboreal setzt sich diese Tendenz, niedriger Wasserstand - niedriger pH-Wert, hoher Wasserstand - hoher pH-Wert, zunächst fort. Sicher hat sich der Kalkgehalt der den See speisenden Zuflüsse während der Zonen II und III nicht wesentlich geändert. Doch könnte eine langandauernde winterliche Eisbedeckung durch  $\text{CO}_2$ -Akkumulation aus biogenen Prozessen bzw. Oxidation den pH-Wert herabgesetzt haben (vgl. KUKKONEN & TYNNI 1970),

und das um so wirksamer je kleiner das Wasservolumen war.

Seit der Allerödzeit ist im Tegeler See eine Erhöhung der Elektrolytkonzentration nachweisbar. Beginnend mit der *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft in Probe 124 (28,06 m), die knapp 5% halophile Formen enthält, sind in den Proben der Zonen II, III und IV meist beachtenswerte Anteile an salztoleranten Kieselalgen zu finden (vgl. Anlage 4). Als Indiz für gestiegene Salzgehalte kann die Anwesenheit mesohalober Formen in einigen Proben gewertet werden. Besonders die Probe 117 (27,04 m, Zone III) enthält mehr als 2% mesohalobe Diatomeen (*Synedra tabulata* var. *fasciculata*, *Amphora* cf. *coffeaformis*), dazu 10% als halophil geltende Algen. Denkbar wäre für kurze Zeit ein Elektrolytgehalt von vielleicht maximal  $5\text{‰}$ , die folgenden Proben repräsentieren bereits wieder geringere Konzentrationen. Die Art der Elektrolyte ist nicht voll aufklärbar, doch entfiel sicher der größte Teil auf das  $\text{CaCO}_3$ . Es ist nicht ausgeschlossen, daß im See kurzzeitig vermehrt Chloride gelöst waren, aber die in chlorid- bzw. sulfathaltigen Gewässern höherer Konzentration lebenden mesohaloben Diatomeen sind mit 2% doch relativ selten. Aufschlußreich ist das Auftreten dieser Arten gerade während einer klimatisch extremen Zeit. Geringerer Konkurrenzdruck im Biotop könnte den mesohaloben Formen auch im Karbonatgewässer Entwicklungschancen geboten haben.

Ähnliche Verhältnisse, wenn auch nicht so ausgeprägt, lassen sich in einer Reihe von Proben der ausgehenden Kaltzeit belegen (vgl. Fig. 15). Der Salzgehalt schwankt dabei wohl etwas oberhalb der mittleren Süßwasserkonzentration. Nur einmal noch, in Probe 113 (26,05 m Tiefe), werden möglicherweise höhere Werte, nahe der Grenze zur Brackwasserkonzentration, erreicht.

## 6.2.2 Das Holozän

Kräftige pH-Schwankungen, zwischen 7,5 und mehr als 9,5, aber auch Zeiten mit gleichbleibenden sehr hohen Werten um pH 9,5 sind charakteristisch für den holozänen See. Nur

im endenden Präboreal waren kurzfristig neutrale bis schwach saure Verhältnisse anzutreffen (vgl. Fig. 16).

Bereits in der Borealzeit lag der pH-Schwerpunkt bei Werten über 9, doch errechnete sich zeitweise auch ein weniger alkalisches Milieu von pH 7,7, einem Wert, der in der nacheiszeitlichen Seegeschichte zu den Minima gehört. Ähnlich niedrige Werte traten im Atlantikum in der zweiten Hälfte der Zone VI und in der frühen Zone VII auf, doch lag der pH-Wert in der Mittleren Wärmezeit im Durchschnitt zwischen 8 und 9. Gleichbleibend hohe pH-Werte um 9,5 belegen die Diatomeen der Zone VII aus 19,00 m Tiefe. Parallel dazu erreichen die salztoleranten Kieselalgen ihr holozänes Maximum. Probe 73, 19,04 m, enthält 25% "halophile" (salztolerante) Formen, wobei auf die elektrolyttolerante *Stephanodiscus dubius* allein 23,5% entfallen. Gleichzeitig ist eine deutliche Förderung des Formenkreises um *Stephanodiscus hantzschii*, in den benachbarten Proben auch von *Synedra acus* var. *angustissima* zu verzeichnen (vgl. Anlage 1). Nach Beobachtungen vieler Autoren weisen kleine Formen oft auf "Stressbedingungen" im Biotop hin (vgl. dazu BRADBURY 1975, KALBE & WERNER 1974). GEISSLER (1982) konnte in Kulturversuchen mit *Stephanodiscus hantzschii* aus Berliner Biotopen (Havel, Spree und Grunewaldseen) nachweisen, daß steigender Elektrolytgehalt den mittleren Schalendurchmesser signifikant herabsetzt. Überdurchschnittlich häufiges Auftreten der salztoleranten Diatomeen wie zeitweilig starke Steigerung der kleinen Formen im Atlantikum zwischen 21,00 m und 18,00 m Sedimenttiefe deuten auf die wohl höchste Elektrolytkonzentration der nacheiszeitlichen Entwicklung. Vielleicht lag der "Salzgehalt" bei max. 4‰ und dürfte in Probe 73, 19,04 m, den Gipfelwert erreicht haben - es ist aber unwahrscheinlich, daß 5‰, die Grenze zum Brackwasser, überschritten wurden. Im Gegensatz zu spätpleistozänen Biozönosen sind die mesohaloben Diatomeen in den meisten Proben der Phase nicht einmal als Einzelfunde vertreten! Aufschlußreich ist die erneute Begünstigung der halophilen Formen zu Zeiten sehr hoher pH-Werte. Nicht Chloride oder Sulfate, sondern Hydrogenkarbonate dürf-

ten somit für den Elektrolytgehalt des Sees verantwortlich gewesen sein. Dabei spielte wohl das Phytoplankton und die submerse Vegetation über das "Karbonatsystem" eine besondere Rolle: Üppig entfaltete Unterwasservegetation entzieht durch die Photosynthese dem Wasser das gelöste CO<sub>2</sub> beinahe vollständig - die Folge ist eine starke Erhöhung des pH-Wertes (GESSNER 1959). Die Lebensbedingungen der halophilen Diatomeen waren im holozänen Tegeler See offenbar eng an Biomasse und Syntheseleistung der autotrophen Organismen geknüpft (vgl. dazu auch 6.3)!

Während des älteren Subboreals besiedelte den See eine alkaliphile Diatomeenflora. In einzelnen Proben, 15,33 m, 15,11 m, 13,76 m, 13,50 m und 13,27 m, entfielen dabei 20% und mehr auf die alkalibionten Formen. Nach der Index-Methode errechnet sich für den Abschnitt zwischen 15,50 m und 12,50 m Tiefe (mit nur zwei Abweichungen) ein pH-Wert von rund 9,5. Mit diesem Befund korrespondieren die leicht erhöhten Elektrolytgehalte (Fig. 16). Die sich heraushebende Probe 56 (14,70 m) fällt in die Zeit der Rhythmitbildung. Trotz abnehmender Tendenz beim pH-Wert belegen die halophilen Diatomeen erhöhte Elektrolytgehalte. Der Befund widerspricht der beschriebenen Verknüpfung von Alkalinität und dem Auftreten der halophilen Formen und zeigt, daß diese Abhängigkeit nur bei etwa gleichbleibenden Rahmenbedingungen gültig ist. Doch gerade zu dieser Zeit gibt es Hinweise auf einen klimatischen Wandel (vgl. 6.2.2). Als Folge könnte eine verstärkte jahreszeitliche Zirkulation elektrolytreiches Wasser an die Oberfläche geführt haben und so die Begünstigung der "halophilen" Formen erklären. Eine durch Biotopumstellung erhöhte Erosion im Wassereinzugsgebiet und damit der Eintrag von Salzen wäre eine weitere Möglichkeit. Dazu paßt der leicht gesunkene pH-Wert (Eintrag von Huminstoffen!). Vielleicht wurde die Photosynthese der submersen Vegetation durch Trübung des Wassers gemindert, was zu einem geringeren CO<sub>2</sub>-Verbrauch und damit steigendem Säuregehalt geführt haben könnte. Die Trophieverhältnisse waren gleichzeitig gut und übertrafen die benachbarten Proben - 50% der Formen gehörten zu den in eutrophen Gewässern verbreiteten Diatomeen.

Einen raschen pH-Wechsel im Bereich von 8 bis 9,5 bezeugen die Diatomeen aus den Sedimenten des Subboreals und des ältesten Subatlantikums (12,60 m bis 9,00 m). Dabei ist wieder eine Kopplung hoher pH-Werte an sehr günstige Nährstoffverhältnisse gegeben. Zeiten mit geringerer Nährstoffversorgung zeigen dagegen herabgesetzte pH-Werte. Besonders Probe 39 (10,43 m) hat bei einem (niedrigen) pH von 8 nur einen Anteil von 17% an Kieselalgen eutropher Gewässer - gleichzeitig sind die *Cyclotella*-Arten dominierend. Benachbarte Proben mit hohen pH-Werten von 9,5 sind Probe 41 (10,93 m) und Probe 37 (9,88 m) (vgl. Fig. 16). In beiden Fällen sind  $\pm$  50% "eutrophe" Formen erfaßt, die *Stephanodiscus*-Arten beherrschen das Bild (vgl. 5.2). Bei den übrigen pH-Oszillationen der Zeit sind die Verknüpfungen von Trophiegrad und pH-Wert zwar nicht derart eng, doch wird der Einfluß tendenziell deutlich. Entgegengesetzte Abhängigkeiten zeigt Probe 35 (9,38 m) - einem relativ niedrigen pH-Wert von 8,2 steht ein Anteil von 72% an Formen eutropher Gewässer gegenüber. 20% der Individuen dieser Probe gehören jedoch der Gattung *Melosira* an, einer Diatomeengruppe, die im Tegeler See wiederholt zu Zeiten geringer Ökotoptabilität im Wassereinzugsgebiet häufig auftrat. Erosion im Umland oder verstärkte Zirkulation sind als fördernde Faktoren bekannt.

Für die Jahrhunderte um die Zeitenwende ergaben sich gleichbleibend sehr hohe pH-Werte. Günstige Temperaturen (keine Eisdecke im Winter?) sowie eine gut entwickelte submerse Vegetation (hoher Anteil an epiphytischen Diatomeen) dürften dafür mit verantwortlich gewesen sein.

Erneut starke pH-Schwankungen sind seit dem frühen Mittelalter erfaßt. Probe 13 (4,05 m) und Probe 12 (3,96 m), direkt nebeneinander, belegen die Schwankungsbreite von pH 7,5 bis pH 9,5. Auch die Bereichsproben zeugen in abgeschwächter Form von den uneinheitlichen Verhältnissen. Menschliche Eingriffe, wie Wasserbaumaßnahmen, Eintrag von Schwebstoffen/Nährstoffen in den See, überlagern die natürliche Entwicklung. Die Diatomeengesellschaften dieser Zeit enthalten nur geringe Anteile an halophilen Formen - seit der Zone VIII dürfte der Salzgehalt bei 3‰ gelegen haben. Karbonate waren weiterhin der Hauptbestandteil der Elektrolyte im See. Die hohe

Chloridkonzentration in den oberen Metern des Sedimentes (vgl. Anlage 5) entstammt anthropogenen Quellen. Durch Filtration haben sich die  $\text{Cl}^-$ -Ionen in der jüngsten Vergangenheit im Sediment angereichert.

### 6.3 Nährstoffangebot

Das wichtigste Kriterium zur typologischen Einordnung der Seen liefert die Primärproduktion. Zur Beurteilung der Produktivität eines Gewässers werden seit KOLKWITZ & MARS-SON (1908) Diatomeen mit verwendet. Seither ist eine große Zahl paläolimnologischer Untersuchungen und Seenklassifizierungen durch Analyse der Diatomeenflora ausgeführt worden. Besondere Bedeutung erlangte dabei die Quotientenmethode nach NYGAARD (1949) und später zeitweise nach STOCKNER & BEN-SON (1967). In neuerer Zeit wird eine differenzierte Bewertung der Nährstoffversorgung anhand der Autökologie versucht (z.B. BRADBURY 1975, HÅKANSSON 1980, HARRIS & VOLLENWEIDER 1982, SIMOLA, HUT-TUNEN & MERILÄINEN 1984).

Die Primärproduktion eines Gewässers wird von der Menge der mineralischen und organischen Nährstoffe bestimmt. Nach CASPERS & KARBE (1966) sind Trophie und Saprobie als ein "stoffwechselfynamischer-Komplex" zu verstehen, zur Bilanzierung des Nährstoffangebotes in einem See müssen daher beide Faktoren gemeinsam bewertet werden. In der vorliegenden Analyse (vgl. Anlagen 6 und 7) sind dementsprechend den Saprobiern die Trophie-Gruppen gegenübergestellt.

Abhängig vom Sauerstoffgehalt des Wassers ist die Mineralisierung und die Rückführung der Nährstoffe aus dem Sediment. Soweit bekannt, sind die Kieselalgen daher zusätzlich nach ihrer Sauerstoffaffinität geordnet. Die Eingruppierung folgt fast ausschließlich den Beobachtungen von CHOLNOKY (1968). Nur für wenige Arten sind Angaben anderer Autoren bekannt. Trotz bisher fehlender autökologischer Vergleichsuntersuchungen ist die  $\text{O}_2$ -Gruppierung in die Analyse mit einbezogen worden. Bei vorsichtiger Interpretation, durch Gegenüberstellung der Diatomeenbefunde mit korrespondierenden Faktoren, versprechen sie zusätzliche Hinweise auf die Sauerstoffversorgung des Gewässers.

Parallel zur Diatomeengruppierung sind die Ergebnisse der chemischen Sedimentanalyse,  $C_{org}$ ,  $PO_4$  und Siamorph (PACHUR & RÖPER 1982), graphisch dargestellt.

In zwei Ergebnisdarstellungen, "Nährstoffangebot im Spätpleistozän und frühen Holozän" (Fig. 17) und "Nährstoffangebot im Holozän" (Fig. 18), sind die Diatomeengruppierungen in Seentypenklassen umgesetzt worden. Nach der Häufigkeit der ökologischen Gruppen wurde der wahrscheinlichste Zustand abgetragen. So sind 50% Anteil an  $\beta$ -mesosaprobe Formen als Hinweis auf mittlere  $\beta$ -mesosaprobe Bedingungen gewertet worden. Entsprechend ist ein Gehalt von 50% als eutroph eingestufte Diatomeen mit mesotrophen Verhältnissen im See gleichgesetzt. Anteilsschwankungen dieser Gruppen sowie die ökologisch abweichend bewerteten Kieselalgen lassen die Tendenz des Nährstoffangebotes erkennen.

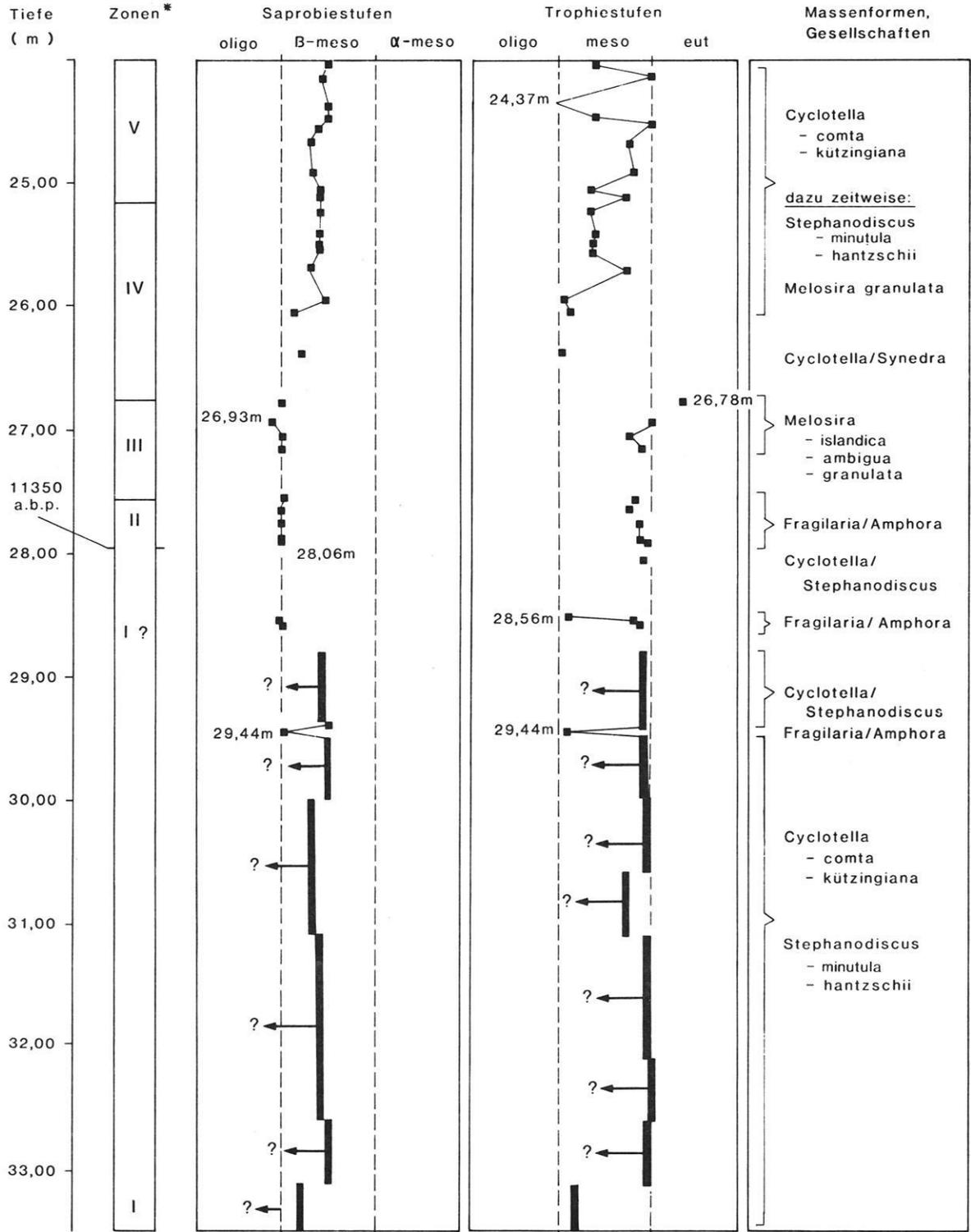
Während der gesamten Entwicklungszeit war der Tegeler See ein gut mit Nährstoffen versorgtes Gewässer. Überwiegend Kieselalgen der  $\beta$ -mesosaprobe Stufe stellten mehr als 50% der Formen, trophisch anspruchsvolle Arten dominierten zu fast allen Zeiten (vgl. Anlagen 6 und 7). Allein die in rund 15 000 Jahren abgelagerte Sedimentmenge von 33,50 m Mächtigkeit, davon 28,50 m Mudde, beweist die hohe Produktivität des Sees. Nur selten, und dann kurzzeitig, war das Nährstoffangebot weniger günstig.

### 6.3.1 Das Spätpleistozän

Nicht ganz leicht zu verstehen sind die Verhältnisse im spätpleistozänen See zur Zeit der Sandakkumulation. Die relative Häufigkeit der Saprobier weist auf  $\beta$ -mesosaprobe Bedingungen, gute Versorgung mit mineralischen Nährstoffen - mesotrophe bis eutrophe Verhältnisse - signalisieren die trophieempfindlichen Kieselalgen (vgl. Anlage 6 und Fig. 17). Gleichzeitig wurde aber ein fast rein mineralisches Sediment gebildet, was nicht auf hohe Produktion an organischer Substanz hinweist. Geringe Diatomeengehalte in spätpleistozänen Sedimenten sind für das ehemalige Vereisungsgebiet von vielen Autoren beschrieben worden und nicht ungewöhnlich (ALHONEN 1968, Zonen II/III, SIMONSEN

1957, Zone I (A), MARCINIAK 1973, Zone II), doch betrafen die meisten Untersuchungen vorzeitliche Flachwasserbiotope jüngerer Zeitstellung. Der Tegeler See hatte dagegen wahrscheinlich rund 20 m Wassertiefe und bestand während einer milden Klimaperiode der ältesten Dryaszeit, Zone I. Ob zeitweiser Nährstoffmangel oder ungünstige Lebensbedingungen wie schlechter Standort für Periphyten (bewegtes Substrat), Lichtmangel oder der Verdünnungseffekt durch Sandeintrag für die Diatomeenarmut des Sandes verantwortlich sind, läßt sich nur schwer zuordnen. Vermutlich war ein Komplex dieser Faktoren bestimmend (vgl. 5.1). Überraschend ist die Ähnlichkeit der Planktonzusammensetzung dieser Phase mit den Planktongesellschaften des Holozäns. Trophisch anspruchsvolle Arten wie *Stephanodiscus minutula* und *St. hantzschii* waren unter den gefundenen Schalen häufig. Hoch erscheint parallel der Gehalt an mesosaprobe eingestuften Diatomeen (vgl. Anlage 6). Eine Erklärung für diesen unerwarteten Prozentsatz an anspruchsvollen Formen bei gleichzeitig geringen  $C_{org}$ -Gehalten des Sedimentes böte eine damals größere ökologische Amplitude der Arten (fehlender Konkurrenzdruck). Den Sedimentbefunden folgend ist der damalige See mit  $\beta$ -mesosaprobe bis oligosaprobe weniger nährstoffreich eingestuft als anhand der Diatomeenbefunde deutlich wird (vgl. Fig. 17).

Einen kurzfristig nährstoffärmeren Biotop belegt die Probe 130 aus 29,44 m Sedimenttiefe. Neben den Formen des  $\beta$ -mesosaprobe Bereichs treten in gleicher Häufigkeit Arten der oligosaprobe Stufe und des Grenzbereichs von  $\beta$ -mesosaprobe zu oligosaprobe auf (vgl. Anlage 6). Gleichzeitig ist der Anteil der trophisch anspruchsvollen Arten zurückgegangen. Eher oligotrophe als mesotrophe Verhältnisse werden in dieser Zeit charakteristisch gewesen sein. Im Mittel neutrale pH-Werte, geringer Elektrolytgehalt ( $\approx 2\text{‰}$  ?) bei niedrigem Wasserstand/klarem Wasser (vgl. 6.1.1) deuten auf ein entsprechendes Milieu. Der geringen Versorgung mit mineralischen Nährstoffen steht ein entsprechend niedriges Saprobitätsniveau gegenüber (vgl. Fig. 17). Rasche Mineralisierung wird in dieser Phase geringer Nährstoffeinwaschung einen kurz geschlossenen Nährstoffkreislauf bewirkt haben.



\* nach Firbas Einstufung anhand der ökologischen Gruppierungen

Fig. 17: Nährstoffangebot im Spätpleistozän und frühen Holozän.

Die Voraussetzungen dafür waren günstig, die Massenfaltung der Diatomeen sauerstoffreicher Gewässer legt das nahe (vgl. Anlage 6).

Seit Beginn der Muddenbildung, in der Allerödzeit und während der Jüngerer Dryaszeit waren die mesosaprobe Diatomeen seltener als zu anderen Zeiten der Seegeschichte. Ihren Platz nahmen Formen des oligosaprobe Milieus ein. In der ausgehenden Kaltzeit dürften entsprechend oligo- bis  $\beta$ -mesosaprobe Verhältnisse vorherrschend gewesen sein. Gleichzeitig war das Angebot an mineralischen Nährstoffen meist gut - die Diatomeengruppierung weist auf überwiegend meso- bis eutrophe Bedingungen hin. Das vergleichsweise hohe Trophieniveau kann neben dem Nährstoffeintrag als eine Folge des Sauerstoffangebotes verstanden werden (vgl. Anlage 6 und Fig. 17).

Kurzzeitig ähnlich nährstoffarm wie in der Probe 130 (29,44 m) war der Tegeler See zur Zeit der ältesten Flachwasserphase der Böllingzeit (Probe 125, 28,56 m). Die aus den diatomeenarmen Sedimenten isolierte *Fragilaria-Amphora*-Gesellschaft lebte in einem kaum  $\beta$ -mesosaprobe Gewässer bei oligo- bis mesotrophen Verhältnissen. Mit einem Gehalt von nur 1% Si<sub>(amorph)Tr.</sub> und 1% C<sub>org./Tr.</sub> bestätigen die chemischen Sedimentanalysen die geringe Produktivität des Sees. Etwas besser mit mineralischen Nährstoffen versorgt waren die Flachwasserbiotope der Allerödzeit - recht konstant blieb dabei die Verteilung der Saprobier, doch lag das Trophieniveau eindeutig über dem Niveau der Proben 130 (29,44 m) und 125 (28,56 m) (vgl. Fig. 17). Amorphes Silizium und organisch gebundener Kohlenstoff sind in den Ablagerungen um ein Mehrfaches häufiger als in der ältesten Phase und bestätigen die höhere organische Produktion.

$\beta$ -mesosaprobe Verhältnisse bei Meso- bis Eutrophie lassen sich für die Tiefwasserphase der Probe 124 (28,06 m) rekonstruieren. Der über das Mittel der Zeit gestiegene Saprobitätswert ist als Folge hoher C-Bindung (vgl. Anlage 6) zu verstehen. (Nur noch 10% der Diatomeen sind kennzeichnend für sauerstoffreiches Wasser!)

Charakterformen der Jüngerer Dryaszeit, Zone III, waren Arten der Gattung *Melosira*, je

nach den Lebensbedingungen z.B. *M. islandica*, *M. ambigua* oder *M. granulata*. Außer *M. islandica*, die vorrangig als Kaltwasserdiatomee bekannt ist, können *M. ambigua* und *M. granulata* nebst Varietäten als Planktonformen eutropher Gewässer gewertet werden (HUSTEDT 1930, MÖLDER & TYNNI 1967, KILHAM & KILHAM 1975). So ergibt sich für diese Zeit eine Einstufung des Sees in den Grenzbereich zwischen mesotroph und eutroph, voll eutrophe Verhältnisse bestanden offenbar in der letzten Phase der Zeit (P 115, 26,78 m) (vgl. Fig. 17). Die Saprobie verharrte währenddessen weiterhin zwischen der oligo- und mesosaprobe Stufe. Nährstoffauswaschung im ökologisch instabilen Wassereinzugsgebiet und rasche Mineralisierung im kalten sauerstoffreichen Wasser (40 bis 50% O<sub>2</sub>-affine Formen) ließen einen mineralbetonten Gewässertyp entstehen (Elektrolytgehalt erhöht, vgl. Fig. 15). Gute Durchmischung des Sees bei hohen SiO<sub>2</sub>-Gehalten des Wassers (*Melosira*!) passen zu diesem Faktorenkomplex.

Im Übergangsfeld zum Präboreal, zu höheren Wassertemperaturen und geringerem O<sub>2</sub>-Angebot, steht die Probe 115 (26,78 m) mit einer Massenentwicklung der *Melosira granulata* var. *angustissima*. Erwartungsgemäß nehmen in dieser Zeit mesosaprobe Formen zu, aber parallel erreichen auch die Oligosaprobier mit 30% Anteil ihre größte Verbreitung überhaupt. Die chemischen Sedimentanalysen ergeben bereits Werte, die holozänen Abschnitten entsprechen.

### 6.3.2 Das Holozän

Frühpostglazial, im Präboreal und Boreal, hat sich die Saprobie bereits auf der für das Holozän typischen  $\beta$ -mesosaprobe Stufe eingependelt (vgl. Fig. 18). Parallel dazu entwickelte sich die Trophie zunächst recht uneinheitlich. Die Einzelproben der Zeit belegen schwach oligotrophe, mesotrophe und auch eutrophe Phasen. Zum Ausdruck kommen diese Schwankungen im raschen Wechsel der dominanten Diatomeenarten. Massenentwicklungen von *Cyclotella kützingiana*, *Melosira granulata* und *Stephanodiscus hantzschii* nebst Formenkreis lösen einander ab (vgl. Anlagen 1 und 7). Schubweiser Eintrag von Nährstoffen mag die Ursache des instabilen Trophieniveaus

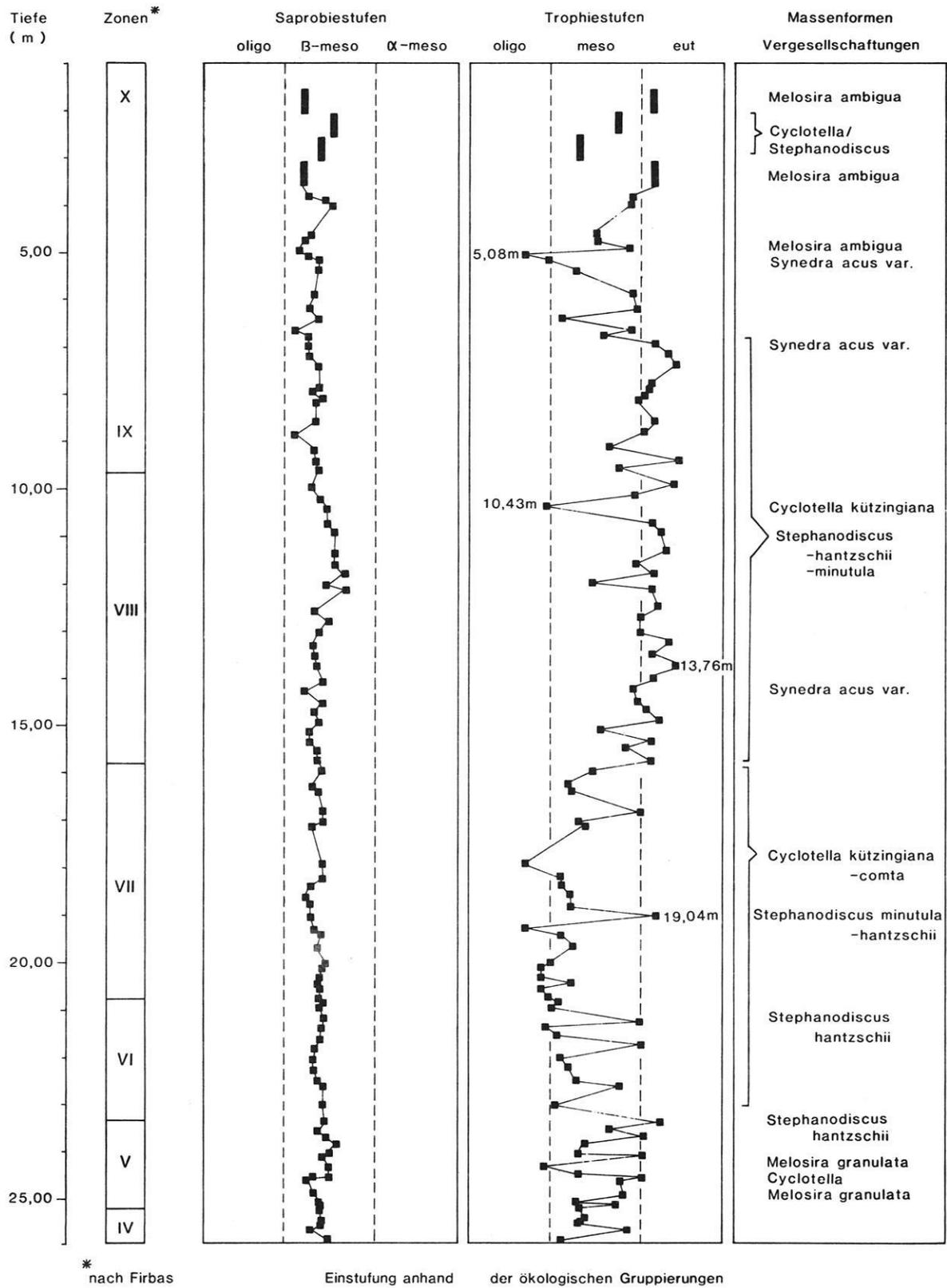


Fig. 18: Nährstoffangebot im Holozän.

gewesen sein. Der steigende Seespiegel belegt ein langsam feuchter werdendes Klima - episodische Auswaschung von leicht löslichen Mineralen aus den noch nicht ausgereiften Böden ist daher naheliegend.

Im weiteren Verlauf der holozänen See-Entwicklung lassen sich zwei Trophieebenen klar unterscheiden (vgl. Fig. 18). Während des Atlantikums, Zonen VI/VII, herrschten mesotrophe bis zeitweise schwach oligotrophe Verhältnisse vor, Einzelproben dokumentieren aber auch kurzzeitig eutrophe Bedingungen. Mit Beginn des Subboreals setzt eine Umkehrung ein. Das meist eutrophe Milieu wird nur zeitweise von mesotrophen oder ganz selten von schwach oligotrophen Abschnitten unterbrochen (z.B. P 39, 10,43 m). Die für den Tegeler See nährstoffarmen Verhältnisse im Atlantikum sind zeitgleich mit der maximalen Wasserfüllung des Seebeckens. Kräftiger Wasserzustrom aus der Oberhavel könnte für das niedrige Trophieniveau mitverantwortlich gewesen sein (vgl. 5.2.2). Nur wenige Male wird die charakteristische *Cyclotella-Stephanodiscus*-Gesellschaft von Massenentwicklungen der *Stephanodiscus*-Formen unterbrochen. Einzelereignisse, wie Erosion infolge von Waldbränden, außergewöhnlich starke Niederschläge oder im jüngeren Abschnitt der Zone VII, P 73, 19,04 m, vielleicht erste episodische Einflußnahmen des neolithischen Menschen, können die Nährstoffbilanz kurzzeitig verbessert haben. Die Versorgung mit abbaubarer organischer Substanz bleibt weiterhin recht konstant. Schwankungen der Trophie werden von den Saprobiern nur stark gedämpft reflektiert (vgl. Fig. 18). Seit dem Präboreal bis in den Mittelabschnitt des Subboreals besteht ein schwach ausgeprägter rückläufiger Trend bei den Meso-Saprobiern. Korrespondierend dazu werden die saproxen eingestuftten Formen häufiger. Interessant ist die Kopplung dieser Entwicklung an Zeiten steigender und hoher Wasserstände - mit abnehmender Wassertiefe im Subboreal kehrt sich der Trend um.

Zu Beginn der Zone VIII setzt eine nachhaltige Erhöhung des Trophieniveaus ein. Arten eutropher Gewässer, *Stephanodiscus minutula*, *St. hantzschii* mit Formenkreis und *Synedra acus var. angustissima*, bilden Algenblüten. Der zeitgleich stark gestiegene pH-Wert weist

auf eine Förderung aller autotrophen Organismen hin. Die Menge an organisch gebundenem C nimmt im Sediment deutlich zu. Verstärkte Nährstoffzufuhr seit dieser Zeit lassen auch die Chironomiden- und Chaoborus-Faunen erkennen (SCHAKAU 1983). Mehrere Faktoren werden an der Eutrophierung des Sees beteiligt gewesen sein. Gleich zu Anfang der Subborealzeit dürften eher klimatisch bedingte Biotopänderungen vermutet werden. MÜLLER (1965, 1971) gibt für diese Zeit sinkende Grundwasserstände an, was erhöhte Erosion und damit Einwaschung von Nährstoffen ausgelöst haben müßte. Klimabedingte verbesserte Zirkulation könnte ganz ähnlich zu einer Steigerung des Nährstoffangebotes im oberflächennahen Wasserkörper führen. Nach dieser Initialphase waren dann wohl andere Faktoren für die fortgesetzte Nährstoffzufuhr ausschlaggebend. Wie aus Pollenanalysen (BRANDE, mündl. Mitt.) und Bodenfunden (PLANUNGSATLAS BERLIN 1962) hervorgeht, veränderte der jungsteinzeitliche Mensch erstmals spürbar die Naturlandschaft. Eine Reihe von Funden aus der direkten Seeumgebung, von der Insel Scharfenberg und vor allem ein Siedlungsplatz im Wassereinzugsgebiet des Tegeler Fließes beweisen Ackerbau und Viehhaltung in Seenähe. Wohl Folge der auch anthropogen ausgelösten besseren Nährstoffversorgung des Sees war die Herausbildung der *Stephanodiscus*-Gesellschaft. Dabei standen *Stephanodiscus minutula*, *St. hantzschii* und die kleinen *Stephanodiscus*-Formen im Vordergrund. Das Auftreten dieser Arten ist im Tegeler See zwar nicht so direkt mit der Besiedlung des Umlandes verbunden wie das in vielen nährstoffarmen Gewässern Nordamerikas (BRADBURY 1975, HARRIS & VOLLENWEIDER 1982) beobachtet wurde, doch sind ihre Entwicklungsmaxima an Zeiten überdurchschnittlicher Nährstoffversorgung geknüpft. Seit dem Neolithikum ist das in unserem Raum fast immer gleichbedeutend mit der Anwesenheit des Menschen - es gibt keine Hinweise auf natürliche Vorgänge, die so langandauernd Nährstoffe freisetzen. Einige kräftige Trophieschwankungen, Zonen VIII/IX, unterstreichen so auch den diskontinuierlichen Charakter der vor- und frühgeschichtlichen Besiedlung des Gebietes. Nach beachtlichen Funden aus dem Neolithikum und der jüngeren Bronzezeit (Siedlungen auf den Inseln

Haselwerder und Scharfenberg) sind die Kulturzeugen aus der vorrömischen Eisenzeit im Umland des Sees sehr selten (PLANUNGS-ATLAS BERLIN 1962). Der episodische Trophierückgang und die leichte Abschwächung der Saprobie an der Grenze der Zonen VIII/IX (2800 b.p.) sind zeitgleich mit der damals geringen Besiedlungsdichte. Änderungen der Wassertiefe und damit Umstellungen der Biozönose überlagern jedoch das Bild! Etwa um die Zeitenwende ist der See erneut gut mit Nährstoffen versorgt. Siedlungsreste dieser Zeit sind auf den Inseln des Tegeler Sees nachgewiesen worden. In der Folgezeit setzt eine Ausweitung des pelagialen Lebensraumes bei gleichzeitig abnehmender Trophie ein. Der Höhepunkt dieser Entwicklung wird von Probe 17 (5,08 m) repräsentiert. Als mesotroph bis schwach oligotroph ist der mittelalterliche

See einzustufen, bestätigt wird das geringere Nährstoffangebot von den Saprobiern - nur noch schwach  $\beta$ -mesosaprobe Verhältnisse sind belegt. Mit 20 bis 25% Abundanz markiert die sonst seltene *Melosira ambigua*, Proben 15 und 16 (4,76 m und 4,93 m), einen plötzlich einsetzenden Nährstoffschub. Im See wird die *Cyclotella*-Gesellschaft durch nährstoffliebende *Stephanodiscus*-Arten abgelöst. Die jüngste Phase ist durch die Bereichsproben 1 bis 4 vertreten, deren oberster Abschnitt bis in das 19. Jahrhundert hineinreicht. Zu dieser Zeit erfaßte die Industrialisierung das östliche Seeufer - die Werksanlagen der Firma Borsig wurden direkt am See gebaut. Uneinheitliche Verhältnisse, wechselnde Ausweitung der *Melosira ambigua*, dann der *Cyclotella*-Arten spiegeln den anthropogenen Einfluß in den letzten Jahrhunderten wider.

## 7. Zusammenfassung / Summary

### 7.1 Zusammenfassung

Aus über 33 m mächtigen Ablagerungen des Tegeler Sees wurde die spätpleistozäne und holozäne Diatomeenflora rekonstruiert. Die etwa 14 000 Jahre umspannende Entwicklung ist bis auf den ältesten Abschnitt in Zeitschritten von einigen Jahrzehnten, höchstens von 150 Jahren, erfaßt worden. Untersucht wurden Abfolgen und Änderungen der Diatomeengesellschaften, anhand der Autökologie der Kieselalgen wurde der Wandel des Lebensraumes nachgezeichnet (Fig. 19).

#### *Befunde der Florenanalyse*

Fast während der gesamten Seegeschichte beherrschten Planktondiatomeen den Tegeler See. Nur in einigen Abschnitten der Zonen I und II, im Spätpleistozän, wurden am Probenort im Seetiefsten überwiegend Litoralformen abgelagert.

Bestimmende Planktonarten waren *Stephanodiscus minutula*, *St. hantzschii*, *Cyclotella kützingiana* und Varietäten sowie *C. comta*. Zeitweise traten Arten der Gattungen *Synedra* und *Melosira* hinzu.

Seit der ältesten Tundrenzeit bis zum Ende des Atlantikums standen *Cyclotella*-Gesellschaften im Vordergrund. Später gewann die Gattung *Stephanodiscus* die Vorherrschaft, doch waren zeitlich begrenzt auch *Cyclotella*-Gesellschaften entfaltet. Im Atlantikum und Subboreal prägte *Synedra acus* var. *angustissima* zeitweise das Plankton.

Eine Besonderheit für den See sind die *Melosira*-Gesellschaften der Jüngerer Dryaszeit. *M. islandica*, *M. ambigua* und *M. granulata* var. *angustissima* waren nacheinander häufigste Arten. Nur im Präboreal und gelegentlich im Subatlantikum traten später *Melosira*-Arten im Plankton hervor.

Alle Litoralgesellschaften wurden von den *Fragilaria*- und *Amphora*-Arten dominiert. Massenformen waren *F. construens* und Varietäten, insbesondere var. *venter*, *F. pinnata*, *F. leptostauron*, *A. ovalis* var. *pediculus* und *A. ovalis* var. *libyca*. Dazu kamen häufige Arten der Gattung *Achnanthes*, wie *A. lanceolata*, *A. clevei* und *A. exigua*.

Insgesamt konnten während der repräsentativen Auszählung 227 Arten benannt werden. In Einzelproben wurden maximal 49 Arten und minimal

22 Arten gezählt, im Durchschnitt schwankte die Artenzahl zwischen 28 und 38. Artenreiche Sedimente finden sich bereits nahe der Profilbasis (Zone I), dann im Präboreal und später im Subatlantikum. Starke Schwankungen der Artenvielfalt im Spätpleistozän, aber auch im Subatlantikum belegen Zeiten instabiler Biotope.

Einige Arten sind charakteristisch für bestimmte Zeitabschnitte der Florengeschichte. Leitformen für die spätpleistozäne Diatomeenflora des Sees sind *Melosira islandica* (Zone I - III) und *Cyclotella antiqua* (Zone I - II). *Cyclotella ocellata* ist spätpleistozän und frühholozän bis zur Borealzeit stetig verbreitet, die untypischen Formen aus dem Atlantikum können nicht mit Sicherheit der Art zugeordnet werden.

Taxonomisch schwierig zu fassen ist der besonders im Atlantikum entfaltete Formenkreis um *Cyclotella comta* var. *oligactis*, *C. kützingiana* var. *planetophora* und *C. operculata*. Zwischenformen leiten zu den Typen über und lassen eine lichtoptische Abgrenzung oft nicht zu. Ebenso sind die seit der Zone I im See lebenden kleinen *Stephanodiscus*-Formen kaum von *St. hantzschii* zu trennen.

#### Ergebnisse der ökologischen Auswertung

Mit Ausnahme einiger Phasen des Spätpleistozäns belegt die Lebensformenverteilung für den Probenort Seemitte stets Uferferne. Die Einschätzung der Seetiefe orientiert sich am Verhältnis Lebensformen/Wassertiefe in der vorindustriellen Zeit. Eine weitere Bezugsbasis ist die wahrscheinliche Wassertiefe zur Zeit der Tuffakkumulation in der Zone II. Die Tiefendifferenz der Tephralagen in beiden Profilen und die Lebensformenrelation am ufernahen Probenort "Kleine Malche" lassen für diese Phase der Allerödzeit auf eine Wassertiefe von gut 20 m schließen. Den Höhepunkt der limnischen Entwicklung belegt die Dominanz der Planktondiatomeen während des Atlantikums. Mit vermutlich 30 m war der See doppelt so tief wie in der Gegenwart. Auf Wassertiefen von über 20 m weisen auch die aus den Sanden der Basis (Zone I) isolierten Diatomeengesellschaften hin. Doch standen die

Tiefwasserbiotop des Spätpleistozäns in keiner kontinuierlichen Reihe mit denen des Holozäns. Differenziert entwickelte Litoralgesellschaften dokumentieren in den Zonen I und II Flachwasserbiotop mit zeitweise vielleicht weniger als 10 m Wassertiefe. Das niedrigste Niveau kann zur Zeit der *Fragilaria-Amphora*-Gesellschaft im Verlauf der Bölling-Schwankung angenommen werden.

Charakteristisch für das Spätpleistozän ist der rasche Wechsel der Seespiegelhöhe. Im Holozän sind nur während des Subatlantikums kleinere Schwankungen angedeutet, übergeordnet steigt die Wassertiefe bis zum Atlantikum an und nimmt seither bis zur Gegenwart allmählich wieder ab.

Auf durchschnittliche Süßwasserwerte, 2 bis 3‰, ist der Elektrolytgehalt während der Seegeschichte einzuschätzen. So wird die Diatomeenflora auch beinahe ausschließlich von den oligohaloben Formen (KOLBE 1927, 1932) gestellt. Mesohalobe Diatomeen treten ganz selten und meist nur als Einzelfunde hinzu. Die geringste Salzkonzentration ist für die älteste Flachwasserphase im Spätpleistozän mit vielleicht 2‰ zu vermuten. Maximale Konzentrationen von wahrscheinlich höchstens 4 bis 5‰ bestanden kurzzeitig in der Jüngerer Dryaszeit, im Präboreal und im Atlantikum.

Nicht Chloride, sondern Karbonate dürften den Elektrolytgehalt bestimmt haben. Zeiten höherer Salzgehalte waren meist Zeiten hoher pH-Werte, dem Elektrolytgipfel im Atlantikum entspricht ein rechnerischer pH-Wert > 9. Im Gegensatz dazu entspricht dem Elektrolytminimum in der Zone I ein für den See sehr niedriger pH-Wert um 7. Etwas weniger ausgeprägt ist diese Bindung in den Zonen III und IV.

Die stets gute Pufferung des Wassers belegt der meist hohe pH-Wert zwischen 8 und 9. Mittelwerte, konstant über pH 9 bleibend, sind für das frühe Subboreal, für Phasen im Atlantikum und im Subatlantikum rekonstruiert. Die niedrigsten Werte von pH 6,5 bis 7 stammen aus Biotopen des Spätpleistozäns.

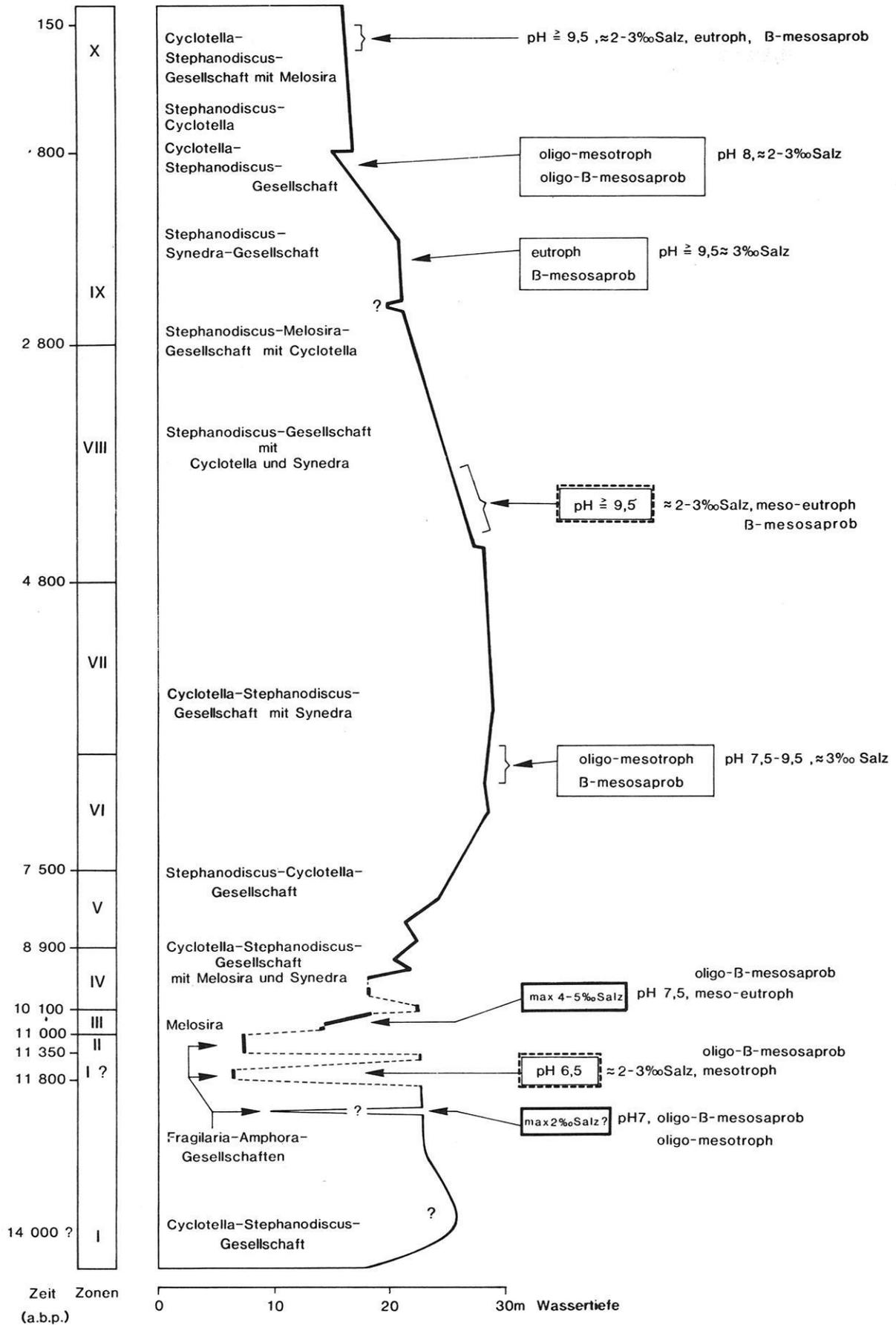


Fig. 19: Seephasen und diatomeenanalytisch wahrscheinliche Grenzwerte wichtiger Ökofaktoren des Tegeler Sees im Spätpleistozän und Holozän.

Das Nährstoffangebot war im Verlauf der gesamten Seegeschichte recht günstig. Bereits in den spätglazialen Sanden sind trotz vermutlich geringer Produktivität des Gewässers Diatomeenarten mesosaprober und meso- bis eutropher Biotope bestimmend.

Als mesotroph ist der See in der Allerödzeit und in der Jüngeren Dryaszeit einzustufen. Die Förderung der Formen eutropher Gewässer und gleichzeitig der oligosaproben Diatomeen in dieser Zeit deutet auf einen mineralbetonten Lebensraum im ausgehenden Spätpleistozän.

Starke Oszillationen im mesotrophen Bereich - von schwach oligotroph bis schwach eutroph - kennzeichnen das frühe Holozän. Während des Atlantikums ist der See meist als mesotroph bis schwach oligotroph einzuordnen. Eine deutlich spürbare Verbesserung der Nährstoffversorgung beginnt gegen Ende der Zone VII. Im Subboreal und frühen Subatlantikum war der See mit nur kurzen Unterbrechungen stets ein schwach eutrophes Gewässer. In der jüngeren Vergangenheit schwankte das Trophieniveau erneut zwischen mesotroph und schwach eutroph, kurzzeitig könnten schwach oligotrophe Verhältnisse bestanden haben.

## 7.2 Summary

### *Diatom analyses of late Pleistocene and Holocene sediments in Lake Tegel*

Late Pleistocene and Holocene diatom flora were reconstructed from more than 33 m thick sediments in Lake Tegel. The lake history, covering about 14 000 years, was surveyed in stages of several decades, the longest interval being 150 years except for the last stage. Successions and changes of diatom assemblages were studied and the changes in their habitat were traced with reference to the autecology of the diatoms.

### *Results of Flora Analysis*

Throughout almost the entire history of Lake Tegel planktonic diatoms have been prominent in the lake. Only in some sections of zones I and II, in the late Pleistocene, did littoral forms predominate at the sample site at the deepest part of the lake. The most

important planktonic species were *Stephanodiscus minutula*, *St. hantzschii*, *Cyclotella kützingiana* and varieties such as *C. comta*. Periodically, species of the genera *Synedra* and *Melosira* also occurred.

*Cyclotella* assemblages were dominant from the earliest Dryas to the terminal Atlantic periods. Later, the *Stephanodiscus* genus predominated, but for limited periods *Cyclotella* assemblages also developed. During the Atlantic and Subboreal periods *Synedra acus* var. *angustissima* was the main species of plankton.

A special feature of Lake Tegel is the occurrence of *Melosira* populations in the Younger Dryas period. *M. islandica*, *M. ambigua* and *M. granulata* var. *angustissima* succeeded one another as the most abundant species. Only in the Preboreal and occasionally in the Subatlantic did *Melosira* species occur in the plankton.

All littoral assemblages were dominated by *Fragilaria* and *Amphora*. The most abundant diatoms were *F. construens* and varieties, especially var. *venter*, *F. pinnata*, *F. leptostauron*, *A. ovalis* var. *pediculus* and *A. ovalis* var. *libyca*. In addition, common species of the *Achnanthes* genus, such as *A. lanceolata*, *A. clevei* and *A. exigua*, were represented.

Representative counting produced a total of 227 species. Individual samples contained at most 49 and at least 22 species, the average species count being between 28 and 38. Species-rich sediments were found near the base of the vertical section (zone I), then in the Preboreal and later in the Subatlantic. Heavy fluctuations of species diversity in the late Pleistocene and Subatlantic are evidence of periods of unstable biotopes.

Some species are characteristic of certain periods of plant history. Indicator species of the lake's late Pleistocene diatom flora are *Melosira islandica* (zones I-III) and *Cyclotella antiqua* (zones I-II). *Cyclotella ocellata* was widespread throughout the late Pleistocene and early Holocene up the Boreal period; the untypical Atlantic forms were difficult to identify to species.

It has proved difficult to classify the forms centring on *Cyclotella comta* var. *oligactis*, *C. kützingiana* var. *planetophora* and *C. operculata*, which were especially well developed in the Atlantic period. Intermediary forms connect to the species types and often cannot be distinguished by the light microscope. Nor

are the small *Stephanodiscus* forms inhabiting the lake since zone I easy to distinguish from *St. hantzschii*.

#### *Results of ecological analysis*

Except for some phases during the late Pleistocene, the life-form distribution at the mid-lake sample site confirms that this locality has always been remote from the lake banks. Estimates of lake depth are based on the life-form/water depth ratio in pre-industrial times. A further reference factor is the probable water depth at the time of tuff accumulation in zone II. The differences in depth of the tephra layers in both profiles and the life-form relation at the "Kleine Malche" nearbank sampling site suggest a water depth of at least 20 m during this phase of the Alleröd. The climax of lake development is documented by the dominance of plankton diatoms during the Atlantic. The lake was probably 30 m deep, twice as deep as today. Water depths in excess of 20 m are also evidenced by diatom populations isolated from the bottom sands (zone I). However, the late Pleistocene and Holocene deep-water biotopes do not represent a continuous line of development. Complex littoral assemblages in zones I and II document shallow-water biotopes with a water depth that was possibly less than 10 m at times. The lowest depth is assumed to have occurred at the time of the *Fragilaria-Amphora*-assemblage during the Bölling interstadial.

A characteristic feature of the late Pleistocene is the rapid change in lake level. During the Holocene, only fairly minor fluctuations occurred during the Subatlantic period; on the whole, the water depth increased until the Atlantic period and since then has been gradually decreasing again up to the present time.

The electrolyte content is estimated to have been within the average range of freshwater values: 2-3‰. Thus the diatom flora consist almost exclusively of oligohalobic forms (KOLBE 1927, 1932). Mesohalobic forms occur very rarely and generally in isolation. The lowest salt concentration, probably 2‰, was presumably during the earliest shallow water

phase in the late Pleistocene. Maximum concentrations of, at most, probably 4-5‰ existed for a short time during the Younger Dryas, Preboreal and Atlantic periods.

Not chlorides but carbonates probably determined the electrolyte content. Periods of higher salinity were mostly periods with higher pH values; a computed pH value of >9 corresponds to an electrolyte peak during the Atlantic period. In contrast, a pH value of about 7, which is very low for the lake, corresponds to an electrolyte minimum in zone I. This link is slightly less pronounced in zones III and IV.

The invariably good buffering capacity of the water is proved by the generally high pH value of between 8 and 9. Mean values, constantly above a pH of 9, have been reconstructed for the early Subboreal and for phases during the Atlantic and Subatlantic periods. The lowest pH values of 6.5-7 come from late Pleistocene biotopes.

Nutrient input was favourable throughout the entire lake history. The late-glacial sands already predominantly contained diatom species belonging to mesosaprobic and meso- to eutrophic biotopes despite the presumably lower productivity of the lake.

The lake may be classified as mesotrophic during the Alleröd and Younger Dryas periods. The increase in diatom forms of eutrophic water bodies and, at the same time, of oligosaprobic diatoms during this period points to a mineral-rich habitat during the terminal late Pleistocene.

Major oscillations in the mesotrophic range (from slightly oligotrophic to slightly eutrophic) are characteristic of the early Holocene. During the Atlantic period the lake was mostly mesotrophic to slightly oligotrophic. A marked increase in nutrient input began towards the end of zone VII. During the Subboreal and early Subatlantic the lake was slightly eutrophic, with only short interruptions. In the more recent past, the trophic status of the lake fluctuated between mesotrophic and slightly eutrophic; slightly oligotrophic conditions may have existed over short periods.

## 8. Quellenverzeichnis

- ALHONEN, P. 1968: On the Late-glacial and early Post-glacial diatom succession in Loch of Park, aberdeenshire, Scotland. - Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica, 44: 13-20.
- ASSMANN, P. 1957: Der geologische Aufbau der Gegend von Berlin. 1-142, Berlin.
- ATLAS DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK 1981: Gotha/Leipzig.
- BEHRE, K.-E. 1962: Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglazialen Kieselgurlagern der Lüneburger Heide (Schwindebeck und Grevenhof im oberen Luhetal). - Flora, 152: 325-370, Jena.
- BENDA, L. 1974: Die Diatomeen der niedersächsischen Kieselgur-Vorkommen, palökologische Befunde und Nachweis einer Jahresschichtung. - Geol. Jb., A 21: 171-197, Hannover.
- BERTZEN, G. 1979: Darstellung der postglazialen Diatomeenflora des Tegeler Sees anhand ausgewählter Sedimentproben und Versuch einer Rekonstruktion des Seen-Charakters. - Wiss. Hausarbeit f. d. erste Staatsprüfung f. d. Amt d. Studienrates: 1-143, Berlin.
- BRADBURY, J.P. 1975: Diatom Stratigraphy and Human Settlement in Minnesota. - Geol. Soc. Am., Spec. Paper, 171: 1-74, Boulder, Colorado.
- BRANDE, A. 1977: Pollenanalytische Untersuchungen. - In: PACHUR, H.-J. & W. HABERLAND: Untersuchungen zur morphologischen Entwicklung des Tegeler Sees (Berlin). - Die Erde: 108: 320-341, Berlin.
- CASPERS, H. & L. KARBE 1966: Trophie und Saprobität als stoffwechselfeldynamischer Komplex. - Arch. Hydrobiol., 61: 453-470, Stuttgart.
- CHOLNOKY, B. J. 1968: Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. - 1-699, Lehre.
- CLEVE, P.T. 1894: Synopsis of the naviculoid diatoms. Part I. - Kgl. Svenska Vet.-Akad. Handlingar, 26(2): 1-194, Stockholm.
- CLEVE, P.T. 1895: Synopsis of the naviculoid diatoms. Part II. - Kgl. Svenska Vet.-Akad. Handlingar, 27(3): 1-220, Stockholm.
- CLEVE-EULER, A. 1951: Die Diatomeen von Schweden und Finnland. - Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Fjärde Serien: 2 (1, I): 3-163, Stockholm.
- CLEVE-EULER, A. 1952: Die Diatomeen von Schweden und Finnland. - Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Fjärde Serien: 3 (3, V): 3-153, Stockholm.
- CLEVE-EULER, A. 1953: Die Diatomeen von Schweden und Finnland. - Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Fjärde Serien: 4 (1, II): 3-158, Stockholm.
- CLEVE-EULER, A. 1953: Die Diatomeen von Schweden und Finnland. - Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Fjärde Serien: 4 (5, III): 3-255, Stockholm.
- CLEVE-EULER, A. 1955: Die Diatomeen von Schweden und Finnland. - Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Fjärde Serien: 5 (4, IV): 3-232, Stockholm.
- DAVIS, R., NORTON, S.A. et al. 1983: Paleolimnological reconstruction of the effects of atmospheric deposition of acids and heavy metals on the chemistry and biology of lakes in New England and Norway. - Hydrobiologia, 103: 113-123.
- DEUTSCHER PLANUNGSATLAS 1962: Band IX, Atlas von Berlin. - Hannover.
- DIGERFELDT, G. 1972: The Post-Glacial Development of Lake Trummen. - Folia Limnologica Scandinavica, 16: 1-104, Lund.
- DIGERFELD, G., HÅKANSSON, H. & PERSSON, TH. 1980: Palaeoecological Studies of the Recent Development of the Stockholm Lakes Långsjön, Lillsjön and Laduviken. - Univ. Lund Rep., 20: 1-66, Lund.
- EVANS, G.H. 1970: Pollen and Diatom Analyses of Late-quaternary Deposits in the Blelham Basin, North Lancashire. - New Phytol., 69: 821-874.
- FIRBAS, F. 1949: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Bd. 1. - Jena.
- FIRBAS, F. 1952: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Bd. 2. - Jena.
- FJERDINGSTAD, E. 1954: The Subfossil Algal Flora of the Lake Bølling Sø and its Limnological Interpretation. - Det Kongelige Danske Videnskaberne Selskab. Biol. Skr., 7(6): 1-49, København.
- FLORIN, M.-B. 1944: En sensubarktisk transgression i trakten av Södra Kilsbergen enligt diatomacésuccession i områdets högre belägna fornsjölagarföljder. - Geol. Fören. Stockholm Förh., 66: 417-448, Stockholm.
- FOGED, N. 1954: On the Diatom Flora of Some Funen Lakes. - Folia Limnologica Scandinavica, 6: 1-111, København.
- FOGED, N. 1965: En senglacial ferskvandsdiatomflora fra Fyn. - Medd. Dansk Geol. Forening, 15: 459-469, København.
- FOGED, N. 1974: Freshwater Diatoms in Iceland. - Bibliotheca Phycologica, 15, Vaduz.
- FOGED, N. 1981: Diatoms in Alaska. - Bibliotheca Phycologica, 53, Vaduz.
- FOGED, N. 1982: Diatoms in Bornholm. - Bibliotheca Phycologica, 59, Vaduz.
- FREY, W. 1975: Zum Tertiär und Pleistozän des Berliner Raumes. Z. Dt. Geol. Ges., 126: 281-292, Hannover.
- GEISSLER, U. 1982: Experimentelle Untersuchungen zur Variabilität der Schalenmerkmale bei einigen zentrischen Süßwasser-Diatomeen. - Nova Hedwigia, Beih. 73: 211-247, Braunschweig.
- GEISSLER, U. & GERLOFF, J. 1966: Das Vorkommen von Diatomeen in menschlichen Organen und in der Luft. - Nova Hedwigia, 11: 89-197, Braunschweig.
- GERMAIN, H. 1981: Flore des Diatomées. - 1-444, Paris.
- GERSONDE, R. 1980: Paläoökologische und biostratigraphische Auswertung von Diatomeenassoziationen aus dem Messinium des Caltanissetta-Beckens (Sizilien) und einiger Vergleichsprofile in SO-Spanien, NW-Algerien und auf Kreta. - Dissertation, Kiel.
- GESSNER, F. 1955: Hydrobotanik, Bd. 1. - Berlin.
- GESSNER, F. 1959: Hydrobotanik, Bd. 2. - Berlin.
- HÄSSELBARTH, U. 1974: Gewässerschutzmaßnahmen in Berlin. - Z. Techn. Univ. Berlin, 6: 424-433, Berlin.
- HAGEDORN, H. & HÖVERMANN, J. 1962: Natürliche Grundlagen. - In: DEUTSCHER PLANUNGSATLAS, Bd. IX, Atlas von Berlin, Hannover.
- HÅKANSSON, H. 1980: Diatomundersökning i Kalixälvens mynningsområde. - Univ. Lund, Uppdrag 7, Lund.

- HÅKANSSON, H. 1982: The Recent Diatom Succession of Lake Havgårdssjön, South Sweden. - 7th Diatom-Symposium 1982: 411-429.
- HÅKANSSON, H. & LOCKER, S. 1981: Stephanodiscus Ehrenberg 1846, a Revision of the Species Described by Ehrenberg. - Nova Hedwigia, XXXV: 117-150, Braunschweig.
- HÅKANSSON, H. & STOERMER, E.F. 1984a: Observations on the Type Material of Stephanodiscus hantzschii Grunow in Cleve & Grunow. - Nova Hedwigia, XXXIX: 477-495, Braunschweig.
- HÅKANSSON, H. & STOERMER, E.F. 1984b: An investigation of the Morphology of Stephanodiscus alpinus Hust. - Bacillaria, 7: 159-172, Braunschweig.
- HARRIS, G.P. & VOLLENWEIDER, R.A. 1982: Paleolimnological evidence of early eutrophication in Lake Erie. - Canadian J. Fisheries Aquatic Sci., 39(4): 618-626, Canada.
- HAWORTH, E.Y. 1969: The diatoms of a sediment core from Blea Tarn, Langdale. - J. Ecol., 57: 429-439, Cambridge.
- HAWORTH, E. Y. 1975: A scanning electron microscope study of some different frustule forms of the genus Fragilaria found in Scottish late-glacial sediments. - Br. Phycol. J., 10: 73-80.
- HAWORTH, E. Y. 1976: Two late-glacial (Late Devensian) diatom assemblage profiles from northern Scotland. - New Phytol., 77: 227-256.
- HUSTEDT, F. 1930: Bacillariophyta (Diatomeae). - Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas, 10: 1-466, Jena.
- HUSTEDT, F. 1930-1961: Die Kieselalgen. - In: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Bd. VII (3 Teile), Neudruck 1962, Leipzig.
- HUSTEDT, F. 1939a: Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra nach dem Material der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. Teil III: Die ökologischen Faktoren und ihr Einfluß auf die Diatomeenflora. - Arch. Hydrobiol., Suppl.-Bd. XVI(2), Stuttgart.
- HUSTEDT, F. 1939b: Die Diatomeen des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbemündung. - Abh. Naturw. Bremen, 31: 572-677.
- HUSTEDT, F. 1948: Die Diatomeenflora diluvialer Sedimente bei dem Dorfe Gaj bei Konin im Warthegebiet. - Schweizerische Zeitschr. Hydrol., XI(1/2).
- HUSTEDT, F. 1956: Kieselalgen. - Stuttgart.
- HUSTEDT, F. 1957: Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. - Abh. Naturw. Ver. Bremen, 34: 181-440.
- HUSTEDT, F. 1958: Präparation und Untersuchungsmethoden fossiler Diatomeen. - In: FREUND: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. 2.: 425-450, Frankfurt/M.
- JØRGENSEN, E. G. 1948: Diatom Communities in Some Danish Lakes and Ponds. - Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Biol. Skrifter, V(2): 1-140, København.
- JUSE, A. 1966: Diatomeen in Seesedimenten. - Arch. Hydrobiol., Beih., Ergebn. Limnol., 4: 1-32, Stuttgart.
- KALBE, L. 1971: Über das Verhalten der Kieselalge Stephanodiscus hantzschii Grun. in mecklenburgischen Gewässern. - Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. R., 9: 707-715.
- KALBE, L. & WERNER, H. 1974: Das Sediment des Kummerower Sees. Untersuchungen des Chemismus und der Diatomeenflora. - Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 59(6): 755-782.
- KILHAM, S.S. & KILHAM, P. 1975: Melosira granulata (Ehr.) Ralfs: morphology and ecology of a cosmopolitan freshwater diatom. - Verh. Intern. Ver. Limnol., 19: 2716-2721, Stuttgart.
- KLOOS, R. 1978: Die Berliner Gewässer - Wassermenge, Wassergüte - In: Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin.
- KNUDSON, B.M. 1954: The Ecology of the Diatom Genus Tabellaria in the English Lake District. - J. Ecol., 42: 345-358, Cambridge.
- KOIVO, L.K. 1976: Species Diversity in Postglacial Diatom Lake Communities of Finland. - Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 19: 165-190, Amsterdam.
- KOLBE, R.W. 1927: Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. Die Kieselalgen des Sperenberger Salzgebiets. - Pflanzenforsch., 7: 1-146, Jena.
- KOLBE, R.W. 1932: Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen. - Ergebnisse der Biologie, VIII: 221-366, Berlin.
- KOLKWITZ, R. 1950: Ökologie der Saprobien. Über die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. - Schriftenr. Ver. Wasser-, Boden u. Lufthygiene, 4: 1-64, Stuttgart.
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. 1908: Ökologie der pflanzlichen Saprobien. - Ber. Dt. Bot. Ges., 26: 505-519.
- KORDE, N.W. 1966: Algenreste in Seesedimenten. Zur Entwicklungsgeschichte der Seen und umliegenden Landschaften. - Arch. Hydrobiol., Beih., Ergebn. Limnol., 3: 1-38, Stuttgart.
- KRAMMER, K. 1980: Morphologic and Taxonomic Investigations of Some Freshwater Species of the Diatom Genus Amphora Ehr. - Bacillaria, 3: 197-225, Braunschweig.
- KRAMMER, K. 1981: Morphologic Investigations of the Valve and Girdle of the Diatom Genus Cymbella Agardh. - Bacillaria, 4: 125-146, Braunschweig.
- KUKKONEN, E. & TYNNI, R. 1970: Die Entwicklung des Sees Pyhäjärvi in Südfinnland im Lichte von Sediment- und Diatomeenuntersuchungen. - Acta Botanica Fennica, 90: 1-30, Helsinki.
- LANGE-BERTALOT, H. 1978: Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. - Arch. Hydrobiol., Suppl.-Bd. 51, Algological Studies 21: 393-427, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979: Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. - Arch. Hydrobiol., Suppl.-Bd. 56, Algological Studies 23: 184-219, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT, H. 1980a: Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei Navicula und Fragilaria. - Nova Hedwigia, XXXIII: 723-787, Braunschweig.

- LANGE-BERTALOT, H. 1980b: New Species, Combinations and Synonyms in the Genus *Nitzschia*. - *Bacillaria*, 3: 41-77, Braunschweig.
- LANGE-BERTALOT, H. 1980c: Zur taxonomischen Revision einiger ökologisch wichtiger "Naviculae lineolatae" Cleve. Die Formkreise um *Navicula lanceolata*, *N. viridula*, *N. cari*. - *Cryptogamie, Algologie*, 1(1): 29-50.
- LANGE-BERTALOT, H. & BONIK, K. 1976: Massentwicklung bisher seltener und unbekannter Diatomeen als Indikator starker Abwasserbelastung in Flüssen. - *Arch. Hydrobiol., Suppl.-Bd. 49, Algological Studies* 23: 303-332, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT, H. & RUPPEL, M. 1980: Zur Revision taxonomisch problematischer, ökologisch jedoch wichtiger Sippen der Gattung *Achnanthes* BORY. - *Arch. Hydrobiol., Suppl.-Bd. 60, Algological Studies* 26: 1-31, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT, H. & SIMONSEN, R. 1978: A Taxonomic Revision of the *Nitzschia lanceolatae* Grunow. - *Bacillaria*, 1: 11-111, Lehre.
- LIEBMANN, H. 1962: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie, Bd. 1, München.
- LOWE, R.L. 1974: Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. - National Environmental Research Center, Cincinnati.
- LUND, J.W.G. 1950: Studies on *Asterionella formosa* Hass II. Nutrient depletion and the spring maximum. - *J. Ecol.* 38: 1-35, Cambridge.
- LUND, J.W.G. 1954: The Seasonal Cycle of the Plankton Diatom, *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. subsp. *subarctica* O.Müll. - *J. Ecol.*, 42: 151-179, Cambridge.
- LUND, J.W.G. 1955: Further Observations on the Seasonal Cycle of *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. subsp. *subarctica* O. Müll. - *J. Ecol.*, 43: 90-102, Cambridge.
- MARCINIAK, B. 1969: Die ersten Ergebnisse der Diatomeenanalyse der spätglazialen Sedimente des Mikolajkisees (NO-Polen). - *Mitt. Intern. Ver. Limnol.*, 17: 344-350, Stuttgart.
- MARCINIAK, B. 1973: The application of the diatomological analysis in the stratigraphy of the late-glacial deposits of the Mikolajskie Lake. - *Studia Geologica Polonica*, XXXIX: 1-159, Warszawa.
- MERILÄINEN, J. 1967: The diatom flora and the hydrogen-ion concentration of the water. - *Ann. Bot. Fenn.*, 4: 51-58.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1967: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen I. - *C.R. Soc. Géol. Finlande*, 39: 199-217, Helsinki.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1968: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen II. - *Bull. Geol. Soc. Finland*, 40: 151-170, Helsinki.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1969: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen III. - *Bull. Geol. Soc. Finland*, 41: 235-251, Helsinki.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1970: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen IV. - *Bull. Geol. Soc. Finland*, 42: 129-144, Helsinki.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1971: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen V. - *Bull. Geol. Soc. Finland*, 43: 203-220, Helsinki.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1972: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VI. - *Bull. Geol. Soc. Finland*, 44: 141-149, Helsinki.
- MÖLDER, K. & TYNNI, R. 1973: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VII. - *Bull. Geol. Soc. Finland*, 45: 159-179, Helsinki.
- MÜLLER, H.M. 1965: Das Naturschutzgebiet Teufelsbruch in Berlin-Spandau. VI. Pollenanalytische Untersuchungen. *Sitzungsber. Ges. naturf. Freunde zu Berlin, N.F.*, 5: 113-123, Berlin.
- MÜLLER, H.M. 1971: Untersuchungen zur holozänen Vegetationsentwicklung südlich von Berlin. - *Petermanns Mitt.*, 1: 37-45.
- NIPKOW, F. 1920: Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. - *Schweiz. Z. Hydrobiol.*, 1: 100-122.
- NIPKOW, F. 1927: Über das Verhalten der Skelette planktischer Kieselalgen in geschichtetem Tiefenschlamm des Zürich- und Baldeggersees. - *Schweiz. Z. Hydrobiol.*, 4(112): 11-120.
- NYGAARD, G. 1949: Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. II The Quotient hypothesis and new or little known phytoplankton organisms. - *Det Kongel. Dansk. Vid. Selsk. Biol. Skr.*, 7: 1-293.
- NYGAARD, G. 1956: Ancient and Recent Flora of Diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribssø. In: BERG, K. & PETERSEN, J.C.: *Studies on the Humic, Acid Lake Gribssø*. - *Folia Limnol. Scand.*, 8: 32-94, København.
- OVERBECK, F. 1975: Botanisch-geologische Moorkunde. - 1-719, Neumünster.
- PACHUR, H.-J. & HABERLAND, W. 1977: Untersuchungen zur morphologischen Entwicklung des Tegeler Sees (Berlin). - *Die Erde*, 108(4): 320-341, Berlin.
- PACHUR, H.-J. & RÖPER, H.-P. 1982: Sedimentanalyse zur Bestimmung der Belastung limnischer Sedimente durch persistente Umweltchemikalien. Teil 1: geowissenschaftlich-analytischer Teil. - *Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin*.
- PACHUR, H.-J. & RÖPER, H.-P. 1984: Geolimnologische Befunde des Berliner Raumes. - *Berliner Geogr. Abh.*, 36: 37-49, Berlin.
- PATRICK, R. & REIMER, CH.W. 1966: The Diatoms of the United States. - *Monographs of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 1(13): 1-688, Lititz, Pennsylvania.
- PATRICK, R. & REIMER, CH.W. 1975: The Diatoms of the United States. - *Monographs of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 2(13): 1-213, Lititz, Pennsylvania.
- PENNINGTON, W. 1943: Lake sediments: the bottom deposits of north basin of Windermere with special references to the diatom succession in the Kentmere Valley deposit. - *New Phytol.*, 43: 1-27.
- ROUND, F.E. 1957: The Late-glacial and Post-glacial diatom succession in the Kentmere Valley deposit. - *New Phytol.*, 56: 98-126.
- ROUND, F.E. 1981: The Diatom Genus *Stephanodiscus*: An Electron-microscopic View of the Classical Species. - *Arch. Protistenk.*, 124: 455-470.
- ROUND, F.E. 1982: The Circumscription of *Synedra* and *Fragilaria* and their Subgroupings. - *7th Diatom-Symposium*.
- SCHAKAU, B. 1983: Die Entwicklung der Chironomiden- und Chaoborus-Fauna (Dipt.) des Tegeler Sees, Berlin, im Spät- und Postglazial. - *Diplomarbeit, FU Berlin*.
- SCHMIDT, A. 1885-1934: *Atlas der Diatomaceenkunde*. - *Aschersleben, Leipzig*.

- SCHWARZBACH, M. 1974: Das Klima der Vorzeit - 1-380, Stuttgart.
- SIMOLA, H., HUTTUNEN, P. & MERILÄINEN, J. 1984: Varve-dated eutrophication history of a small lake. - Verh. Intern. Ver. Limnol., 22: 1404-1408, Stuttgart.
- SIMONSEN, R. 1957: Spätglaziale Diatomeen aus Hol-stein. - Arch. Hydrobiol., 53(3): 337-349, Stuttgart.
- SIMONSEN, R. 1962: Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. - Int. Rev. d. Gesamten Hydrobiol., System. Beih. 1-144, Berlin.
- SLÁDEČEK, V. 1973: System of Water Quality from the Biological Point of View. - Arch. Hydrobiol., Beih. 7, Ergebn. Limnol.: 1 - 218, Stuttgart.
- STOCKNER, J.G. & BENSON, W.W 1967: The succession of diatom assemblages in the recent sediments of Lake Washington. - Limnol. Oceanogr., 12(3): 513-532.
- STOERMER, E.F. 1975: Comparison of benthic diatom communities in Lake Michigan and Lake Superior. - Verh. Intern. Ver. Limnol., 19: 932-938, Stuttgart.
- TYNNI, R. 1975: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII - Geol. Survey of Finland, Bull. 274: 1-55, Helsinki.
- TYNNI, R. 1976: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen IX - Geol. Survey of Finland, Bull. 284: 1-37, Helsinki.
- TYNNI, R. 1978: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen X - Geol. Survey of Finland, Bull. 296: 1-55, Helsinki.
- TYNNI, R. 1980: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen XI - Geol. Survey of Finland, Bull. 312: 1-93, Helsinki.
- VAN DER WERFF, A. & HULS, H. 1976: Diatomeeënflora van Nederland. - Koenigstein.
- ZIEMANN, H. 1968: On the classification of inland saline waters. - Water Res., 2: 449-457.
- ZIEMANN, H. 1970: Zur Gültigkeit des Saprobien-systems in versalzten Binnengewässern. - Limnologica, 7(2): 279-293, Berlin.

## 9. Anhang

Tab. 1: Verzeichnis der in den Proben erfaßten Diatomeen

Vorangestellt ist ein Artenverzeichnis, die Artenbestimmung folgt den dort genannten Autoren.

In der Fundliste ist die Häufigkeit der zu einer Art gehörenden Schalen in Prozent von den je Probe insgesamt gezählten Diatomeen angegeben. Die mit "M" bezeichneten Proben gehören zum Bohrkern "Kleine Malche".

Zum Verständnis der ökologischen Einordnung der Arten siehe folgendes Abkürzungsverzeichnis.

### pH-Gruppe

Alk	-	alkalibiont
alk	-	alkaliphil
ind	-	indifferent
ac	-	acidophil
Ac	-	acidobiont

### Halobien

poly	-	polyhalob
mh	-	mesohalob
oh	-	oligohalob
hph	-	halophil
hpb	-	halophob
ind	-	indifferent

### Saprobie

ms	-	mesosaprob
ams	-	alpha-mesosaprob
bms	-	beta-mesosaprob
os	-	oligosaprob
sxn	-	saproxen

### Trophie

eut	-	eutroph
met	-	mesotroph
olt	-	oligotroph
ind	-	indifferent

### O<sub>2</sub>-Affinität

sg	-	sauerstoffgesättigt
sr	-	sauerstoffreich
sa	-	sauerstoffarm
sm	-	sauerstoffmangel
sv	-	sauerstoffvariabel

### Lebensform

Eup	-	Euplankton
Typ	-	Tychoplankton
Per	-	Periphyton

### Achnanthes Bory

clevei	Grunow
var. rostrata	Hustedt
conspicua	A. Mayer
delicatula	(Kützing) Grun.
dispar	Cleve
exigua	Grunow
var. heterovalvata	Krasske
flexella	(Kg.) Brun
fragilarioides	Pet.
kolbei	Hust.
lanceolata	(Bréb.) Grun.
var. elliptica	Cleve
var. rostrata	Hustedt
levanderi	Hust.

- microcephala* (Kützing) Cleve  
*oestrupii* (A. Cleve) Hustedt  
*peragallii* Brun et Héribaldi
- Amphora Ehrenberg**  
*coffeaeformis* Agardh  
*ovalis* Kütz.  
   var. *libyca* (Ehr.) Cleve  
   var. *pediculus* Kütz.  
*perpusilla* Grun.  
*thumensis* A. Mayer  
*veneta* (Kütz.)
- Asterionella Hassall**  
*formosa* Hassall
- Bacillaria Gmelin**  
*paradoxa* Gmelin
- Caloneis Cleve**  
*bacillum* (Grun.) Mereschkowsky  
   var. *fontinalis* Grun.  
*clevei* (Lagst.) Cleve  
*schumanniana* (Grun.) Cleve  
   var. *biconstricta* Grunow  
  
*silicula* (Ehr.) Cleve
- Cocconeis (Ehrenberg)**  
*diminuta* Pantocsek  
*disculus* Schumann  
*hustedtii* Krasske  
*pediculus* Ehrenberg  
*placentula* (Ehrenberg)  
   var. *euglypta* (Ehr.) Cleve  
   var. *klinoraphis* Geitler  
   var. *lineata* (Ehr.) Cleve  
*scutellum* Ehrenberg  
   var. *parva* Grunow
- Cyclotella Kützing**  
*antiqua* W. Smith  
*atomus* Hustedt  
*bodanica* Eulenstein  
*catenata* Brun  
*chaetoceras* Lemmermann  
*distinguenda* Hustedt  
*comta* (Ehr.) Kützing  
*glomerata* Bachmann  
*kützingiana* Thwaites  
   var. *planetophora* Fricke  
   var. *radiosa* Fricke  
*meneghiniana* Kützing  
*ocellata* Pantocsek  
*operculata* (Agardh) Kützing
- Cymatopleura W. Smith**  
*solea* (Brébisson) W. Smith
- Cymbella Agardh**  
*aequalis* W. Smith  
*affinis* Kützing  
*amphicephala* Naegeli  
*aspera* (Ehrenberg) Cleve  
*caespitosa* (Kütz.) Brun.  
*cesatii* (Rabenhorst) Grunow  
*cistula* (Hemprich) Grunow  
*cuspidata* Kützing  
*cymbiformis* (Agardh? Kützing) van Heurck  
*delicatula* Kützing  
*diluviana* (Krasske) Florin
- ehrenbergii* Kützing  
*helvetica* Kützing  
*hustedtii* Krasske  
*hybrida* Grunow  
*incerta* (Grun.) Cleve  
*lacustris* (Agardh) Cleve  
*laevis* Naegeli  
*lanceolata* (Ehrenberg) van Heurck  
*lata* Grunow  
*leptoceros* (Ehrenberg?) Grunow  
*microcephala* Grunow  
*naviculiformis* Auerswald  
*parva* (W. Smith) Cleve  
*pusilla* Grunow  
*rupicola* Grunow  
*similis* Krasske  
*sinuata* Gregory  
*subaequalis* Grun.  
*tumida* (de Brébisson) van Heurck  
*ventricosa* Kützing
- Denticula Kützing**  
*tenuis* Kütz.  
   var. *crassula* (Naegeli) Hust.
- Diatoma de Candolle**  
*elongatum* (Lyngbye) Agardh  
*vulgare* Bory var. *brevis* Grunow  
*vulgare* Bory var. *producta* Grunow
- Diploneis Ehrenberg**  
*elliptica* (Kützing) Cleve  
   var. *ladogensis* Cleve  
*marginestriata* Hustedt  
*oculata* (de Brébisson) Cleve  
*ovalis* (Hilse) Cleve  
   var. *oblongella* (Naegeli) Cleve  
*puella* (Schumann) Cleve
- Epithemia de Brébisson**  
*argus* Kützing  
   var. *longicomis* (W.S.) Grun.  
*hyndmanni* W. Smith  
*intermedia* Fricke  
*muelleri* Fricke  
*probiscidea* (W. Smith)  
*sorex* Kützing  
*turgida* (Ehrenberg) Kützing  
   var. *granulata* (Ehr.) Grun.  
*zebra* (Ehrenberg) Kützing  
   var. *porcellus* (Kützing) Grunow  
   var. *saxonica* (Kütz.) Grun.
- Eunotia Ehrenberg**  
*arcus* Ehrenberg  
   var. *fallax* Hustedt  
*lunaris* (Ehrenberg) Grunow  
*pectinalis* (Kütz.) Rabenhorst
- Fragilaria Lyngbye**  
*brevistriata* Grunow  
*capucina* Desmazières  
   var. *mesolepta* (Rabenhorst) Grunow  
*construens* (Ehrenberg) Grunow  
   var. *binodis* (Ehrenberg) Grunow  
   var. *subsalina* (Hustedt)  
   var. *venter* (Ehrenberg) Grunow  
*crotonensis* Kitton  
*inflata* (Heiden) Hustedt  
*intermedia* Grunow  
*lapponica* Grunow

- leptostauron* (Ehrenberg) Hustedt  
 var. *dubia* (Grunow) Mayer  
 var. *rhomboides* Grunow  
*pinnata* Ehrenberg  
 var. *lancetula* (Schumann) Hustedt  
*virescens* Ralfs  
 var. *oblongella* Grunow  
 var. *subsalina* Grunow
- Gomphonema** Ehrenberg  
*acuminatum* Ehrenberg  
 var. *brébissonii* (Kütz.) Cleve  
 var. *coronata* (Ehrenberg) W. Smith  
 var. *elongata* W. Smith  
 var. *turris* (Ehr.) Cleve  
*angustatum* (Kützing) Rabenhorst  
 var. *producta* Grunow  
*constrictum* Ehrenberg  
 var. *capitata* (Ehrenberg) Cleve  
*intricatum* Kützing  
 var. *lunata* nov. var.  
 var. *pumila* Grunow  
 var. *vibrio* (Ehr.) Cleve  
*lanceolatum* (Agardh) Ehrenberg  
 var. *insignis* (Gregory) Cleve  
*longiceps* Ehrenberg  
 var. *montana* (Schum.) Cleve fo. *suecica* Grunow  
 var. *subclavata* Grun. fo. *gracilis* Hust.  
*parvulum* (Kützing) Grunow
- Gyrosigma** Hassall  
*acuminatum* (Kützing) Rabenhorst  
*attenuatum* (Kützing) Rabenhorst
- Hantzschia** Grunow  
*pseudomarina* Hust.
- Mastogloia** Thwaites  
*elliptica* (Agardh) Cleve  
*smithii* Thwaites  
 var. *amphicephala* Grunow  
 var. *lacustris* Grunow
- Melosira** Agardh  
*ambigua* (Grunow) O. Müller  
*arenaria* Moore  
*distans* (Ehrenberg) Kützing  
*granulata* (Ehrenberg) Ralfs  
 var. *angustissima* O. Müller  
 fo. *spiralis*  
*islandica* O. Müller  
 subspec. *helvetica* O. Müller  
*italica* (Ehrenberg) Kützing  
 subspec. *subarctica* O. Müller  
*juergensi* C.A. Agardh  
*undulata* (Ehr.) Kützing  
*varians* C.A. Agardh
- Meridlon** Agardh  
*circulare* Agardh  
 var. *constricta* (Ralfs) van Heurck
- Navicula** Bory  
*anglica* Ralfs  
 var. *subsalsa* Grunow  
*bacilliformis* Grunow  
*bacillum* Ehrenberg  
*cari* Ehrenberg  
*cincta* (Ehrenberg) Kützing  
*clementis* Grunow  
*costulata* Grunow
- cryptocephala* Kützing  
 var. *intermedia* Grunow  
 var. *veneta* (Kütz.) Grunow  
*cuspidata* Kützing  
*decussis* Oestrup  
*dicephala* (Ehrenberg) W. Smith  
*gastrum* Ehrenberg  
*graciloides* A. Mayer  
*hungarica* Grunow  
 var. *capitata* (Ehrenberg) Cleve  
 var. *lüneburgensis* Grunow  
*interglacialis* Hustedt  
*jämfeltii* Hustedt  
*lacustris* Gregory  
*lanceolata* (Agardh) Kützing  
*menisculus* Schumann  
*modica* Hustedt  
*mutica* Kützing  
*oblonga* Kützing  
*oppugnata* Hustedt  
*peregrina* (Ehrenberg) Kützing  
 var. *kefvingensis* (Ehr.) Cleve  
 var. *meniscus* (Schumann) Grunow  
*placentula* (Ehrenberg) Grunow  
 fo. *rostrata* A. Mayer  
*plicata* (Ehrenberg?) Donkin  
*pseudoscutiformis* Hustedt  
*pseudotuscula* Hustedt  
*pupula* Kützing  
 var. *rectangularis* (Gregory) Grunow  
*radiosa* Kützing  
 var. *tenella* (de Brébisson) Grunow  
*rhynchocephala* Kützing  
 var. *elongata* Mayer  
*schönfeldii* Hustedt  
*sclesvicensis* Grun.  
*scutelloides* W. Smith  
*seminulum* Grunow  
*tuscula* (Ehrenberg) Grunow  
 fo. *minor* Hustedt  
*ventralis* Krasske  
*viridula* Kützing  
*vitabunda* Hustedt  
*vulpina* Kützing
- Neidium** Pfitzer  
*dubium* (Ehrenberg) Cleve  
*iridis* (Ehrenberg) Cleve  
 fo. *vernalis* Reichelt
- Nitzschia** Hassall  
*acicularis* W. Smith  
*acula* Hantzsch  
*amphibia* Grunow  
*angustata* (W. Smith) Grunow  
 var. *acuta* Grun.  
*capitellata* Hust.  
*denticula* Grunow  
*dissipata* (Kützing) Grunow  
*epithemioides* Grunow  
*frustulum* (Kützing) Grunow  
 var. *subsalina* Hust.  
*gandersheimiensis* Krasske  
*gracilis* Hantzsch  
*hantzschiana* Rabenhorst  
*heufferiana* Grunow  
*inconspicua* Grun.  
*linearis* W. Smith  
*microcephala* Grunow  
*palea* (Kützing) W. Smith  
 var. *debilis* (Kütz.) Grun.  
*paleacea* Grunow

- pusilla* (Kütz.) Grun.  
*recta* Hantzsch  
*romana* Grunow  
*sinuata* (W. Smith) Grunow  
*subtilis* Kützing  
*tryblionella* Hantzsch  
     var. *levidensis* (W. Smith) Grunow  
*vitrea* Norman
- Opephora** Petit  
   *martyi* Héribaud
- Pinnularia** Ehrenberg  
   *borealis* Ehrenberg  
   *brébissonii* (Kützing) Rabh.  
   *gibba* Ehrenberg var. *linearis* Hustedt  
   *microstauron* (Ehrenberg) Cleve  
     fo. *biundulata* O. Müller  
   *molaris* Grunow
- Rhopalodia** O. Müller  
   *gibba* (Ehrenberg) O. Müller  
   *parallela* (Grun.) O. Müller
- Stauroneis** Ehrenberg  
   *pseudosubobtusoides* Germain  
   *smithii* Grunow  
     var. *minima*
- Stephanodiscus** Ehrenberg  
   *alpinus* Hustedt  
   *dubius* (Fricke) Hustedt
- hantzschii* Grunow  
   *minutula* (Kütz.) Round  
   *rotula* (Kützing) Hendey
- Surirella** Turpin  
   *biseriata* de Brébisson var. *bifrons* (Ehrenberg) Hustedt  
   *delicatissima* Lewis  
   *linearis* W. Smith  
   *moelleriana* Grunow
- Synedra** Ehrenberg  
   *acus* Kützing  
     var. *angustissima* Grunow  
   *amphicephala* Kützing  
     var. *austriaca* Grunow  
   *capitata* Ehrenberg  
   *minuscula* Grunow  
   *nana* Meister  
   *parasitica* (W. Smith) Hustedt  
   *rumpens* Kützing  
   *tabulata* (Agardh) Kützing var. *fasciculata* (Kützing) Grunow  
   *ulna* (Nitzsch) Ehrenberg  
     var. *danica* (Kützing) Grunow  
     var. *spathulifera* Grunow  
   *vaucheriae* Kützing
- Tabellaria** Ehrenberg  
   *fenestrata* (Lyngbye) Kützing  
   *flocculosa* (Roth) Kützing
- Thalassiosira** Cleve

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	Achnanthes																						
			- clevei	- var. rostrata	- conspicua	- delicatula	- dispar	- exigua	- var. heterovalvata	- flexella	- fragilarioides	- kolbei	- lanceolata	- var. elliptica	- var. rostrata	- levanderi	- microcephala	- oestrupii	- peragallii	- spec.	- spec. div.	Amphora	- coffeaeformis		
1		160-240	0,2									0,2													
2		240-260	0,5		0,2																				
3		260-340	0,8	0,2								0,2													
4		340-360	0,3																						
5		360-420	0,3																						
6		420-470	0,8	0,3																					
7		470-530		1,5					0,3			0,3									0,8				
8		530-580																							
9		341																				0,5			
10		358	0,26																						
11		377	0,7																						
12		393	0,5									0,7													
13		405	0,4									0,4									0,2				
14		456	0,24																						
15		476							0,25																
16		493	0,7	0,25																					
17		508																							
18		521	0,25																						
19		538	0,2																						
20		597										0,23			0,9										
21		624	0,7																				0,25		
22		640										0,25													
23		667	0,25									0,25													
24		681																							
25		697	0,7	0,25																					
26		715																							
27		740							0,25																
28		777																							
29	IX	790		0,7	0,25							0,25													
30		811			0,25			0,25				0,25													
31		828	0,24																						
32		861			0,25																				
33		881	1,0	0,7			0,25														0,7				
34		918	0,25	0,25																					
35		938	0,7	0,25								0,5										0,5			
36		960		0,5	0,25																				
37		988	0,5																						
38		1019																							
39		1043																							
40		1072																							
41		1093	0,25																						
42		1129																							
43	VIII	1157																							
44		1182	0,25																				0,5		
45		1204	0,25																						
46		1220																							
47		1258											0,26												
48		1275																							
49		1295	0,25																						
50		1327										0,22													
pH-Gruppe			alk	alk	alk	ind	alk	alk	alk	ind		alk	alk	alk		ind	ind	ind					alk		
Halobien			ind	ind	ind	mh	hph	ind	ind	hpb	ind		ind	ind	ind		ind	oh	ind					mh	
Saprobie			sxn	sxn		os		sxn	sxr	os		os/bms	os/bms	os/bms		os		sxn						bms	
Trophie			eut	eut				eut	eut			eut?	eut?	eut?											
O <sub>2</sub> -Affinität								sr	sr	sr		sr	sr	sr		sg?	sr								
Lebensform			Per	Per				Per	Per			Per	Per	Per											

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																							
			- ovalis	- var. libyca	- var. pediculus	- perpusilla	- thumensis	- veneta	- spec. div.	Asterionella	- formosa	Bacillaria	- paradoxa	Caloneis	- bacillum	- var. fontinalis	- clevei	- schumanniana var. biconstricta	- silicula	- spec. div.	Cocconeis	- diminuta	- disculus	- hustedtii	
1		160-240			4,0			0,2								0,2						0,2			
2		240-260	0,7							0,5															
3		260-340		1,0	1,3																	0,5			
4		340-360		0,5	0,5			0,3																	
5		360-420	0,3	0,5	0,3					3,0															
6		420-470		0,5	1,6					2,5															
7		470-530		1,0	2,3					5,4												0,5			
8		530-580		0,7	1,5					3,2															
9		341	0,27	1,7	1,9			0,27														0,27			
10		358		0,8				0,26																0,26	
11		377		0,9	0,9			0,5		0,9															
12		393		0,5	0,25					1,5															
13		405	0,4	0,2	1,0					0,6												0,2			
14		456		0,5	0,24			0,24		1,2												(0,24)			
15		476	0,25		0,8			0,25																	
16		493			0,5																				
17		508		0,5	0,5			0,5														0,25			
18		524		0,5	0,25																				
19		538		1,0	1,5																				
20		597		0,5	2,6																				
21		624		0,5	1,0	(0,25)		0,25		1,0												0,25		(0,25)	
22		640	(0,25)		1,3																				
23		667		0,5	0,7					1,6															
24		684	1,0	0,5				0,5		4,0															
25		697	0,25		0,7					4,4															
26		715		0,23	0,23					4,8															
27		740	0,25		0,25					2,5															
28		777		0,5	0,25					5,3															
29	IX	790	0,25	0,5	0,8					4,6															
30		811		0,25	0,25						8,0														
31		828	0,24	0,5	0,7					2,4															
32		864	0,5	1,0	1,2					2,5														0,5	
33		884	0,25	0,7	3,3			1,0		4,6												0,5	0,25		
34		948	0,25	0,25	1,7					1,7															
35		938		0,25	1,2					1,6															
36		960		0,5	1,5					0,25													0,5		
37		988		0,7	1,9			0,5		1,7															
38		1049	0,25	0,25	1,0					3,5												0,25	0,25		
39		1043	0,25	0,7						1,5															
40		1072								2,4															
41		1093	0,25	0,25	0,25					4,4												0,5			
42		1129	0,24	0,24	0,5					1,6												0,24			
43	VIII	1157								5,0															
44		1182	0,25		0,7						1,8														
45		1204	1,0	0,5							3,6														
46		1220		0,25	1,7				0,5		4,0														
47		1258	0,5	1,1	1,3						2,4												0,26		
48		1275	0,27								2,7														
49		1295		0,5							3,8														
50		1327	0,22	1,1	0,22						1,8														
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk		alk		alk	alk	alk?	Alk?	ind					Alk	ind?			
Halobien			ind	ind	ind		ind	mh		ind		poh	ind	ind		ind	ind					ind	ind		
Saprobie			bms		os/ bms			ms		bms			sxn	sxn								sxn	os		
Trophie										eut/ met							eut/ mct					eut			
O <sub>2</sub> -Affinität																									
Lebensform			Per	Per	Per				Per	Eup			Per	Per								Per			

Ifd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																							
		- pediculus	- placentula	- var. euglypta	- var. klinoraphis	- var. lineata	- scutellum	- var. parva	- spec. div.	Cyclotella	- antiqua	cf. - atomus	- bodanica	- catanata	- chaetoceras	- comta	- glomerata	- kützingiana	- var. planetophora	- var. radiosa	- cf. kützingiana var.	- meneghiniana	- ocellata	- operculata	
1		160-240													14,8			2,7	0,5						
2		240-260													11,6	1,2	0,2	15,2	2,9	3,2					
3		260-340													24,2	0,8	1,0	8,3	0,3	2,5	(0,5)				
4		340-360													9,9			1,6	2,4						
5		360-420									(3,8)				24,9		0,8	2,7		0,5	(0,5)				
6		420-470									1,1				26,9			0,8		1,4					
7		470-530									0,8				1,5	1,0		1,6		1,3					
8		530-580									0,3	0,3			5,1			2,5		0,5					
9		341		0,27							0,27				3,3	(0,27)	0,5					0,27			
10		358			0,26										15,4	0,26		2,9						0,8	
11		377													6,6	0,5	7,1								
12		393									0,25				15,0	1,5	1,7	2,5							2,9
13		405													7,1	1,7	18,4	2,4	0,8						0,9
14		456													7,1		13,4	8,7	1,0						
15		476													17,1		17,4	4,0	4,5						
16		493									0,5				12,7	1,2	17,8	3,2	4,1						
17		508													13,4		12,2	2,4	2,2						
18		521													20,2		12,1	3,6	2,6						
19		538									0,2				19,8		0,7	8,1	6,6	7,8					
20		597													12,1		17,4		0,5			0,5			
21		624		0,25							0,25				10,9		1,4	1,5	0,7						1,6
22		640													23,3		11,6	4,4	4,9						1,7
23		667													12,2	0,25	0,25	4,4	0,25						1,9
24		681													12,0		2,0	0,5							
25		697									0,25				5,2		0,25	3,4							0,5
26		715									0,23				3,3										
27		740													6,7		1,3	3,3							
28		777													9,8			1,1							0,25
29	IX	790													12,3		0,7								
30		811													8,8			0,5							0,5
31		828										1,9	0,5		10,6		1,9	7,6	1,7	1,9					
32		861									0,25				2,5		0,7	0,5	0,5	1,7					1,7
33		881													0,7		0,5	0,25							0,25
34		918													8,6		3,0	2,7	0,7	1,0					
35		938										0,5			0,25			0,25		0,25					
36		960										0,25			2,8	1,0	9,4	11,0	2,8	0,7					
37		988													2,6		3,1	1,2		1,4					
38		1019													14,1		7,5	1,5		1,5					
39	1043													9,9		26,4	21,8		1,8						
40	1072										0,5			6,0		2,6	0,5								
41	1093										0,25	0,5		10,7		1,0			0,7						
42	1129													9,9		1,2	0,24							1,4	
43	VIII	1157									3,0			11,5		15,4			1,5						
44		1182										0,5			7,8		10,4			1,6					
45		1204										2,9			14,8		11,7	0,5		2,6					
46		1220										0,5			14,1		9,1	0,5		1,5					
47		1258										0,8			3,2		1,6								
48		1275													14,1		8,2			0,5					
49		1285										0,5			10,4		2,5		0,25						
50		1327										0,5			15,2		0,9			0,7					
pH-Gruppe		alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk		ac		ac		alk	ac	ind	ind	ind	ind	alk	ind	alk			
Halobien		ind	ind	ind	ind	ind	poh	poh		ogh		ind		ind		ind	ind	ind	ind	hph	ind	ind			
Saprobie			os/bms	os?	os/bms	os?								bms		bms	bms	bms	bms	bms/ams					
Trophie		eut?																						olt	
O <sub>2</sub> -Affinität																				sa/sv					
Lebensform		Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per		Typ?		Eup?	Eup	Eup?	Eup	Eup	Typ?	Typ?	Typ?	Typ?	Typ?	Per	Eup		



Ifd. Nr.	zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																							
			- laevis	- lanceolata	- lata	- leptoceros	- microcephala	- naviculiformis	- parva	- pusilla	- rupicola	- similis	- sinuata	- subaequalis	- tumida	- ventricosa	- spec. div.	Denticula	- tenuis	- var. crassula	- spec. div.	Diatoma	- elongatum	- vulgare var. brevis	
1		160-210				0,7						0,5			0,7								0,2		
2		210-240			0,2	1,0										0,5									
3		260-340				0,5									0,8	0,5									
4		340-360				0,8									0,5	0,3									
5		360-420																							
6		420-470				0,3										0,3									
7		470-530				0,3																			
8		530-580																							
9		344				0,8	0,5								0,5	0,27									
10		358		0,26	(0,26)	2,1									1,0	1,8				0,5					
11		377				0,5									0,9	1,2									
12		393				0,25									0,5										
13		405				0,2									0,4										
14		456				0,24									1,5	0,5									
15		476				0,8							(0,25)		1,5	0,5									
16		493													0,5										
17		508				0,25	0,25								0,7	1,7					0,25				
18		524				0,25									1,7	1,4			0,25						
19		538				1,2			1,2						0,2										
20		597				0,23				0,23					0,5										
21		624													1,0	0,7									
22		640											(0,25)		0,25	1,0	1,0								
23		667													0,7	0,5									
24		681														0,25									
25		697												(0,25)	0,25										
26		715													0,7										
27		740													0,25	1,3									
28		777													1,1										
29	IX	790													0,5	0,25									
30		811													0,5										
31		828		0,24		0,24									0,24										
32		861													1,2										
33		881		(0,25)											0,25	0,25									
34		948													1,0										
35		938				0,25																			
36		960				0,25									0,7										
37		988													0,25										
38		1049													0,7	0,25									
39		1043													0,5										
40		1072													0,25	0,7									
41		1093														0,5									
42		1129				0,25										0,24	0,5								
43	VIII	1157					0,25								0,25										
44		1182				0,25									1,0										
45		1204								0,25					0,5	0,7									
46		1220													1,2	0,25									
47		1258					1,3	0,26							0,26	0,7									
48		1275													0,8	1,4									
49		1295																							
50		1327				0,22									0,9	0,22									
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	ind		ind	alk?	ind?	alk	alk	Alk?	ind			Alk?			ind	Alk		
Halobien			ind	ind	ind	ind	ind	ind		hph	ind	ind	ogh?	ind	ind	ind			ind			hph	ind		
Saprobie				bms			bms	os					os?		os	bms						bms	bms		
Trophie				eut									eut?											eut	
O <sub>2</sub> -Affinität							sg	sg							sg							sr	sr		
Lebensform							Per	Per							Per									Per	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	Taxonomic Groups																						
			- - var. producta	- spec. div.	Diploneis	- elliptica	- - var. ladogensis	- marginestrata	- oculata	- ovalis	- - var. oblongella	- puella	- spec. div.	Epithemia	- argus	- - var. longicornis	- hynemannii	- intermedia	- muelleri	- proboscidea	- sorax	- turgida	- - var. granulata	- zebra	
1		160-210	0,2																		0,2	0,5			
2		210-260																			0,2	0,5			
3		260-310																				0,3			
4		310-360																							
5		360-420																						0,3	
6		420-470															(0,3)							0,3	
7		470-530								0,3											0,3				
8		530-580																							
9		341						0,27																	
10		358																							
11		377																							
12		393																							
13		405																							
14		456																				(0,2)			
15		476																							
16		493																							
17		508																				(0,25)			
18		521															(0,25)							0,25	
19		538																			(0,2)				
20		597	0,23																					0,23	
21		624																							
22		640																							
23		667																							
24		681																						0,5	
25		697																							
26		715																							
27		740																							
28		777																							
29	IX	790														(0,25)				0,25				0,25	
30		811																							0,25
31		828																							
32		861									0,25											0,25			
33		881																							
34		918																							
35		938																							
36		960																							
37		988																							
38		1049									(0,25)														
39	1043																								
40	1072																								
41	1093																								
42	1129																								
43	VIII	1157																							
44		1182																							
45		1204																							
46		1220																							
47		1258									(0,26)														
48		1275																							
49		1285																							
50		1327																							
pH-Gruppe			Alk			ind	alk	alk	alk	alk	alk	ac			alk	alk	alk	alk	alk		alk	Alk	Alk	Alk	
Halobien			ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind		ind	ind	ind	ind
Saprobie			bms			snx				snx				os?								bms	bms	bms	os/ bms
Trophie			eut								ind											eut			
O <sub>2</sub> -Affinität			sr																						
Lebensform			Per			Per/ Tff	Per/ Tff								Per	Per	Per	Per	Per		Per	Per	Per	Per	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	- var. porcellus	- var. saxonica	- spec. div.	Eunotia	- arcus	- var. fallax	- lunaris	- pectinalis	- spec. div.	Fragilaria	- brevistriata	- capucina	- var. mesolepta	- construens	- var. binodis	- var. subaealina	- var. venter	- crotonensis	- inflata	- intermedia	- lapponica	- leptostauron	
1		160-240									0,5	1,9			1,9					3,6				0,2	
2		240-260										1,2								2,9		0,5		0,2	
3		260-340										3,5				0,3			1,0	2,5		0,3		1,3	
4		340-360										3,7					0,3		1,6	3,7				1,0	
5		360-420										3,5				0,3			0,3	5,4				0,3	
6		420-470										4,9				1,4				5,6				0,3	
7		470-530										8,2				1,8			1,2	9,2				1,0	
8		530-580										2,7				0,5				8,0				0,3	
9		341			0,27					0,27						0,27			2,2	0,27					
10		358										0,26				0,26				3,9					
11		377										0,23							0,5	1,0					
12		393										0,7								4,7					
13		405							(0,2)			0,4	0,2		0,2				1,0	8,2					
14		456										1,2				1,0	0,24			1,0					
15		476										0,5							0,25						
16		493										2,2				0,5			0,25						
17		508										3,9				0,5			0,7						
18		521							(0,25)			1,7	0,25		0,5			0,25							
19		538	0,2	0,2								1,7			2,9							0,24			
20		597		0,23								3,9							1,4						
21		624								0,25		3,2	0,25		0,5				1,5	0,7					
22		640								0,25		2,6	0,8												
23		667										3,7							0,25	1,9					
24		681										0,5								5,5					
25		697										2,2			0,7					(0,7)					
26		715									0,23	2,7							0,9	3,5					
27		740										4,5			2,5				0,5	0,25					
28		777										5,6			1,6				1,6	2,4					
29	IX	790										9,0			1,4	0,25		2,1	4,6						
30		811							0,25			8,2			1,9			1,9	4,8						
31		828										1,4			0,7				3,1	2,6					
32		861										3,5			1,2					3,2				0,7	
33		881											5,8			0,5	0,25							(3,5)	
34		918											3,2						1,2	3,4					
35		938											4,6			1,2		(0,25)	0,9	3,0				1,2	
36		960									0,25		1,0			1,0	0,25		0,5	2,8				0,25	
37		988											5,9			0,25		(0,25)		1,9				0,25	
38		1049											6,2			3,2			3,2	3,0					
39	1043											2,7			1,2			1,2	2,0						
40	1072									0,25		1,7						0,25	5,3						
41	1093											1,7			1,0			1,5	6,5						
42	1129									0,24					1,2			1,0	3,1						
43	VIII	1157													1,0			0,25	4,2						
44		1182																		5,2					
45		1204									0,25	0,25	0,25		0,7				1,3	2,1					
46		1220											1,7			0,25				2,0	2,2				
47		1258											2,6							1,6					
48		1275									0,27		0,5							7,3					
49		1295											0,25			0,25				1,3	3,8				
50		1327		0,22									3,4								1,8				
pH-Gruppe		Alk	Alk			ac	ac	ind	ac			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind?	alk	
Halobien		ind	ind			hpb	hpb	hpb	hpb			ind	ind	ind	ind	ind	hph	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
Saprobie		os/ bms	os/ bms					os/ bms	os/ bms			os	os/ bms	os/ bms	bms	os			os/ bms	bms		bms		os?	
Trophie												eut	eut	eut	eut				met/ olt	eut/ met					
O <sub>2</sub> -Affinität									sr			sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr			sr	sr	sr	
Lebensform		Per	Per			Per	Per	Per	Per			Per	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Bup		Per		Per	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	- var. dubia	- var. rhomboides	- pinnata	- var. lancettula	- virescens	- var. oblongella	- var. subballina	- spec. div.	Gomphonema	- acuminatum	- var. brébissonii	- var. coronata	- var. elongata	- var. turris	- angustatum	- var. producta	- constrictum	- var. capitata	- intricatum	- var. lunata	- var. pumila	- var. vibrio
1		160-210			1,0					0,7											1,2			
2		210-260			0,5							0,2								0,2				0,7
3		260-310			2,3					2,0		0,3								0,3				0,8
4		310-360								0,3		1,0	0,5							0,3				1,0
5		360-420								1,1														
6		420-470								2,5														
7		470-530			5,4					0,3														
8		530-580			1,0					1,0		0,7												
9		341										1,1											2,5	
10		358								0,26												1,6		
11		377			0,23																	0,23		
12		393								0,7														
13		405										0,4										0,2		
14		456								0,24		0,5												
15		476													0,5									1,3
16		493								2,2												0,25		
17		508								1,2										0,5				
18		521								2,4											0,25			
19		538								1,0		0,2												1,0
20		597			1,2												0,23					0,23		
21		624								1,5		0,5												
22		640								3,3												(0,25)		
23		667								1,4		0,25												
24		681								1,0										0,25				
25		697								1,2														
26		715								0,7														
27		740								0,5														
28		777			0,5					1,6														
29	IX	790								0,9										0,25				
30		811								1,1														
31		828			(1,4)																			
32		861									3,0													
33		881								3,8														
34		918								1,5														
35		938								1,6														0,25
36		960								1,5		0,25												
37		988								1,4												0,25		
38		1049																						
39		1043								1,2														
40		1072								1,5														
41		1093																				0,25		0,25
42		1129																						
43	VIII	1157								1,5							0,25		0,25					
44		1182								0,5														
45		1204																						
46		1220									0,25													
47		1258									0,3													
48		1275																						
49		1295									1,5													
50		1327									2,5													
pH-Gruppe		alk?	alk	alk	alk	ind	ind				alk	alk	alk	alk?	ind?	alk	alk	alk	alk	alk	alk?	alk?	alk	alk
Halobien		ind?	ind	ind	ind			hph			ind	ind	ind	ind?		ind		ind	ind	ind	ind?	ind?	ind?	ind
Saprobie		os?	os?	bms?		os?					bms	os?	os?			os		os/bms	os	sxn				
Trophie				eut												eut		eut		eut				
O <sub>2</sub> -Affinität		sr?	sr	sr	sr	sr	sr	sr																sr?
Lebensform		Per?	Per	Per	Per						Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per



lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	Taxa																					
			- arenaria	- distans	- granulata	- var. angustissima	- fo. spiralis	- islandica	- subspec. helvetica	- italica	- subspec. subarctica	- juergensi	- undulata	- varians	- spec. div.	Meridion	- circulare	- var. constricta	Navicula	- anglica	- var. subsalsa	- bacilliformis	- bacillum	- cari
1		160-240				1,9																		0,2
2		240-260			1,0	0,7											0,2							0,2
3		260-340			0,5	1,3			0,8				1,0											
4		340-360												0,3										
5		360-420			1,4																			
6		420-470			0,3																			
7		470-530			1,0	2,1								1,5										0,3
8		530-580			1,7	1,0																		0,3
9		341																						
10		358			0,26																			0,26
11		377				0,5								0,5										
12		393			0,5																			0,25
13		405			0,6				0,4					0,2		0,4								0,2
14		456			0,7	0,5																		
15		476					0,25																	
16		493																						
17		508			1,0																			
18		521			1,0																			0,25
19		538	0,5		0,2											0,2								
20		597				0,23																		0,23
21		624	0,25			0,7	0,25																	
22		640			0,25		0,25																	
23		667				0,5	0,25									0,25								
24		681			0,7	0,7																		
25		697			0,7	2,0	0,5																	
26		715			1,1	0,5																		
27		740			1,3	1,0	0,8																	
28		777			2,1	0,5	0,8					(0,5)												
29		790			2,1																			0,25
30	IX	811	0,25		0,5		0,25							0,25										
31		828				0,5																		
32		861			0,7	0,7																		
33		881			1,0				2,5					1,3										0,25
34		918			0,5	1,0	2,7		2,0															
35		938				4,6																		
36		960				0,25																		
37		988			1,7	1,2																		
38		1019												0,25										
39		1043																						
40		1072				1,0	0,7							0,25										0,25
41		1093					0,7																	
42		1129			1,0	0,5																		0,5
43	VIII	1157				1,2			1,2															
44		1182				0,5								0,25										
45		1204			0,5	1,0								0,5										0,25
46		1220			0,25																			0,25
47		1258			2,1	0,8												0,26		0,26				
48		1275			0,27									0,27										
49		1295			1,8	1,8																		0,25
50		1327			4,6	3,4	0,5																	
pH-Gruppe					alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	alk?	alk?		alk	alk		alk			alk	alk		
Halobien					ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	mh	ind?		ind	ind		ind			ind	ind		
Saprobie					bms	ms	ms?		bms	os/bms			os/bms		os							skn		
Trophie					olt?	eut	eut	eut?	ind?				olt	eut?									eut	
O <sub>2</sub> -Affinität															sr									
Lebensform			Per?	Typ	Eup	Eup	Eup	Eup	Eup	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ?	Per/Typ?	Typ			Per/Typ	Per/Typ					Per	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																						
		- cincta	- clementis	- costulata	- cryptocephala	- var. intermedia	- var. veneta	- cuspidata	- decussis	- dicephala	- gastrum	- graciloides	- hungarica	- var. capitata	- var. lüneburgensis	- interglacialis	- jaernefeltii	- lacustris	- lanceolata	- menisculus	- modica	- mutica		
1	IX	160-240					0,2												0,2					
2		240-260										0,2												
3		260-340						0,3		0,3		0,3												
4		340-360						0,3				0,3												
5		360-420			0,3																			
6		420-470						0,3				0,5												
7		470-530						0,8																
8		530-580						0,5				0,3												
9		341										0,27	0,8						0,27	0,27				
10		358			0,26							0,26									(0,5)			
11		377																						
12		393				0,5		0,25				0,5										0,25		
13		405										0,8												
14		456				0,24		0,24				0,24												
15		476					0,5	0,25				0,5												
16		493						0,25																
17		508				(0,5)					0,25													
18		521						0,5				0,25										0,5		
19		538						0,2				0,5												
20		597				0,5						1,7												
21		624		0,25				0,7			0,5	0,25											0,25	
22		640										0,25									0,25	1,0		
23		667				(1,2)			0,25			0,7											0,7	
24		681																			0,5	0,5		
25		697										0,25											0,25	
26		715				0,23		0,23				0,23											0,23	
27		740																						
28		777										0,25											0,25	
29		790				0,7						0,25												
30		811										0,25												
31	828			0,24			0,5				0,5													
32	861				0,5		0,25																	
33	881		0,25		0,5		0,5				0,25													
34	918																			0,25				
35	938				0,7						0,25									0,25	0,25			
36	960										0,25											0,7		
37	988		0,5								0,25													
38	1049			0,25							0,25											0,7		
39	1043				0,5						0,25													
40	1072		0,25		0,25															0,25	0,25			
41	1093										0,5													
42	1129										0,5													
43	1157				0,25																			
44	1182		0,24								0,25													
45	1204																							
46	1220																							
47	1258										0,26									0,26	0,5			
48	1275										0,27									0,27				
49	1295										0,7									0,25	0,25			
50	1327																			0,22				
pH-Gruppe		alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind	ind	alk	ind		alk	alk	alk	
Halobien		hph	ind	hph?	ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ind	ogh	hph?	ind	ind		ind	ind		ogh	ind	ind	ogh	
Saprobie		ms	os		ams	os		bms	os	os	os		bms							sxn	os			
Trophie					eut	eut	eut	eut													eut	eut		
O <sub>2</sub> -Affinität																								
Lebensform					Per	Per	Per	Per				Per									Per			

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																						
			- oblonga	- oppugnata	- peregrina	- var. kefvingensis	- var. meniscus	- placentula	- fo. rostrata	- plicata	- pseudoscutiformis	- pseudotuscula	- pupula	- var. rectangularis	- radiosa	- var. tenella	- rhynchocephala	- var. elongata	- schönfeldii	- sclavicensis	- scutelloides	- seminulum	- tuscula	- fo. minor
1		160-240										0,2		1,5				0,2					0,2	
2		240-260								0,2				0,5	0,2	0,2								
3		260-310										0,8		1,3				0,3		0,3				
4		340-360												0,8										
5		360-420			0,8									1,4										
6		420-470														0,3								
7		470-530										0,3			0,5			0,8					0,8	
8		530-580			0,3							0,5	0,3		0,3			0,3					0,5	
9		341	0,27			0,5						0,27		0,8	1,1			0,5						
10		358												0,8										
11		377												0,9	0,5									
12		393												0,25				0,25						
13		405										0,2		0,2										
14		456			0,24					0,24		0,24						0,24						
15		476												0,5	(0,24)		(0,25)							
16		493										0,25			(0,25)		(0,25)							
17		508			0,25		0,25							0,7										
18		521												1,0			(0,7)							
19		538										0,2		1,0									0,24	0,2
20		597	0,23									0,5	0,23	0,23		0,7		0,5			(0,23)			
21		624												0,7				0,7						
22		640												0,25	0,25			(0,5)					0,25	
23		667				0,25				0,25		0,25		0,5				0,5						
24		681	0,25											0,25				0,25					0,5	
25		697													0,25									
26		715			0,23													0,5						
27		740									0,25		0,25											
28		777												0,25									0,25	
29	IX	790										0,25												
30		811												0,25				0,8						
31		828													0,24			0,24					0,24	
32		861										0,5						(0,7)					0,25	
33		881			(0,25)													0,5					0,25	
34		918									0,25	0,25	0,25										0,5	
35		938																	0,9					0,25
36		960			0,25							0,25							1,3				0,25	
37		988				(0,5)						0,25												
38		1049										0,25					0,25		0,7				0,25	0,25
39	1043															(0,25)								
40	1072						0,25				0,25		0,25	0,25								0,25		
41	1093															(0,5)								
42	1129	0,24									0,24												0,24	
43	VIII	1157												0,25		(0,25)						0,25		
44		1182																						
45		1204						0,25				0,25		0,7										
46		1220						0	0,25			0,25						0,25						
47		1258										0,5		0,26		(0,8)		0,8						
48		1275	0,27																					
49		1295	0,25									0,25						0,25						
50		1327	0,22 (0,22)												0,22									0,22
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	ind	ind	ind	ind?	alk	alk	ind	Alk	alk	Alk	Alk	Alk	Alk
Halobien			ind	ind	mh	mh	mh	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Saprobie			sxn							sxn?	bms		bms	os/bms	ms			sxn	ms	sxn				
Trophie			eut								eut	eut				eut			eut	ind?	eut			
O <sub>2</sub> -Affinität																					sm			
Lebensform			Per								Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per					

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	- ventralis	- viridula	- vitabunda	- vulpina	- spec.	- spec. div.	Neidium	- dubium	- iridis	- fo. vernalis	- spec. div.	Nitzschia	- acicularis	- acula	- amphibia	- angustata	- var. acuta	- capitellata	- denticula	- dissipata	- epithemioidea	
1		160-240					0,5	0,5			0,2													
2		240-260															0,5							
3		260-340					0,3	0,3									0,3							
4		340-360						0,3																
5		360-420						0,3																
6		420-470					0,3																	
7		470-530					0,3										0,3							
8		530-580					0,3																0,3	
9		341						1,3																
10		358					1,0									0,26		0,5					0,26	
11		377						0,23									0,7							
12		393					0,25	0,25															0,25	
13		405					0,2	1,0									0,2						0,2	(0,2)
14		456					0,7	0,24															0,7	
15		476					0,25										0,5							
16		493					0,25	0,5																
17		508					1,5	0,7									0,7						0,25	
18		521					1,4																	
19		538					0,2										0,5							
20		597	0,23	0,23				0,23			0,23						0,23							
21		624					0,5	0,5								(0,25)	0,25						0,25	
22		640					2,1	0,8									0,8							
23		667										0,5				(0,5)							0,5	
24		681					0,5	0,25																
25		697					0,5	0,5																(0,7)
26		715					0,5	0,5										0,23						(0,5)
27		740																						(0,25)
28		777					0,5	0,25																(1,1)
29		790						0,5										0,25						(0,25)
30	IX	811					0,25																	(0,25)
31		828					0,5			0,24								0,24						
32		861																						(0,5)
33		881					1,3					0,25												
34		918					0,25																	
35		938						0,25																
36		960					0,7	0,25																(0,25)
37		988					0,7	0,25										0,25						
38		1049						0,25																
39		1043																						
40		1072					0,7																	
41		1093					1,0	0,7																
42		1129					0,24	0,5																
43	VIII	1157						0,25																
44		1182					0,5	0,25																
45		1204					0,7	0,7									0,5							
46		1220					0,25										0,25							
47		1258					0,8	0,8									0,5							
48		1275						0,27																
49		1295						0,25																
50		1327						0,22																
		pH-Gruppe	ac	alk	alk	alk				ind?	ind	ind			alk	alk	alk?	alk	ind	alk	Alk?			
		Halobien	ind	ind		ind					ind?	ind			ind	ind		ind	hph	ind	ind			
		Saprobie		os/bms		os					os				bms	ams			ms					
		Trophie		eut											eut	eut								eut
		O <sub>2</sub> -Affinität														sm					sr	sr		
		Lebensform		Per										Eup	Per					Per/Typ		Per		

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																						
			- frustulum	- var. subsalina	- gandersheimiensis	- gracilis	- hantzschiana	- heufleriana	- inconspicua	- linearis	- microcephala	- palea	- var. debilis	- paleacea	- pusilla	- recta	- romana	- sinuata	- subtilis	- tryblionella	- var. levidensis	- vitrea	- spec. div.	
1		160-210																					0,2	
2		210-260	0,5								0,2													
3		260-310																					1,0	
4		310-360																						
5		360-420																						
6		420-470									0,5												0,3	
7		470-530									0,3							0,3					0,5	
8		530-580																0,5					0,3	
9		341					0,27																0,5	
10		358																					1,0	
11		377				1,9																	1,6	
12		393				(0,25)					1,5												0,7	
13		405																					0,6	
14		456								0,24 (1,7)							0,24						1,0	
15		476								1,0													0,25	
16		493								(1,6)													0,5	
17		508				(0,5)				(1,0)							(1,0)						0,7	
18		521	0,5																				0,7	
19		538																					0,2	
20		597								0,5	0,23												0,7	
21		624	0,25							0,25													0,5	
22		640																					0,5	
23		667								0,25													0,7	
24		681	1,0			(0,5)										0,25	0,5						1,2	
25		697				(2,5)				0,25													1,0	
26		715	0,5			0,23																	0,5	
27		740				0,25				0,25													0,25	
28		777	0,8							(0,5)													0,5	
29	IX	790	0,25							0,25													0,7	
30		811								(1,1)													0,8	
31		828																					0,24	
32		861	0,25								(0,25)												0,25	
33		881	0,25			(1,8)	(0,25)			0,25	(0,7)						0,7						1,0	
34		918	0,25			2,0																		1,0
35		938				1,2				0,25	0,7						0,25						1,4	
36		960				0,7					0,25													0,25
37		988				0,7																		1,2
38		1049	0,5																					0,5
39	1043	0,25								0,25													0,5	
40	1072				(1,5)				0,25	0,5													1,0	
41	1093									0,25														
42	1129	0,5																					0,5	
43	VIII	1157	0,25			(0,25)				0,25													1,0	
44		1182	0,25															(0,7)						
45		1204	(0,25)																					0,5
46		1220	(0,5)								0,25													
47		1258				1,6					0,5													1,9
48		1275				0,27																		1,4
49		1295									0,25							(0,25)						1,0
50		1327																						0,9
pH-Gruppe		alk	alk?	alk?	ind	ind			alk	alk	alk	alk?			alk		alk		alk	alk				
Halobien		hph	hph	ind	ind	ind?			ind	ind	ind	ind?			ind		ind		hph	hph	mh			
Saprobie									os	ms	ams	ams?			os/bms									
Trophie		eut							eut		eut	eut?			eut?									
O <sub>2</sub> -Affinität		sm			sr				sr								sr							
Lebensform		Eup/Typ							Per		Per/Typ	Per/Typ								Per/Typ	Per/Typ			

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm	Opephora	- martyi	Pinnularia	- borealis	- brébissonii	- gibba var. linearis	- microstauron	- - fo. biundulata	- molaris	- spec. div.	Rhopalodia	- gibba	- parallela	- spec. div.	Stauroneis	- cf. pseudosubobtusoides	- smithii	- - var. minima	- spec. div.	Stephanodiscus	- dubius	- hantzschii		
1		160-240		1,0																			1,2	5,1		
2		240-260																							24,9	
3		260-340		1,0																				4,5	8,1	
4		340-360																						4,8	10,7	
5		360-420																						6,8	13,0	
6		420-470																						4,1	29,4	
7		470-530		0,3																				4,5	15,6	
8		530-580												0,3				0,3						4,9	32,7	
9		341																0,5							50,8	
10		358													0,26									0,8	11,2	
11		377		0,23														0,5						2,4	24,5	
12		393		0,25																				2,2	35,3	
13		405		0,2																				0,9	36,8	
14		456		0,5																				2,9	22,7	
15		476		0,5									0,5					(0,25)							5,5	
16		493		0,7																				1,2	2,2	
17		508																						0,25	5,1	
18		521									0,5													1,2	7,9	
19		538		0,2																				1,5	7,8	
20		597		0,5																				2,5	42,0	
21		624																						2,2	19,4	
22		640																						4,0	9,8	
23		667																						0,7	8,2	
24		681																						1,0	15,0	
25		697											0,25											2,7	23,1	
26		715		0,5																				4,9	26,0	
27		740		0,5																				2,8	36,4	
28		777		0,25									0,25											1,9	31,6	
29		790																						1,9	15,9	
30	X	811		0,25	(0,25)																			1,1	35,6	
31		828		0,7									0,7											5,3	18,7	
32		861		(1,0)																				0,25	39,1	
33		881											0,25											3,5	24,8	
34		918		0,7						0,25			0,25											1,0	24,3	
35		938		0,5																				0,9	41,5	
36		960		0,5					0,25															1,0	31,2	
37		988		0,7									0,5											1,4	26,9	
38		1019		0,5									0,25											3,5	22,6	
39		1043											0,25											0,5	8,2	
40		1072											0,25											0,25	47,8	
41		1093											0,25											0,25	46,8	
42		1129		0,24																						53,5
43	VIII	1157											0,5											1,0	33,0	
44		1182		0,5																						51,4
45		1204						0,25					0,25											1,3	24,4	
46		1220																						0,25	48,4	
47		1258																						1,9	36,1	
48		1275										1,1	0,8											0,8	33,1	
49		1295																						0,5	32,1	
50		1327																						5,5	25,3	
pH-Gruppe			alk		ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind		alk	Alk			alk?	alk	alk				Alk?	alk		
Halobien			ind		ind	ind	ind	ind	ind	ind	ogh		ind	hph				ind	ind					hph/ind	ind	
Saprobie			sxn		os								os											os?	bms	
Trophie			eut/met		eut?								eut											eut	eut	
O <sub>2</sub> -Affinität							sm						sm	sr				sr?	sr?							
Lebensform			Per		Per		Per?						Per	Per										Eup	Eup	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 160 - 1327 cm																					
		- minutula	- rotula	- spec. div.	Surirella	- biseriata var. bifrons	- delicatissima	- linearis	- moelleriana	- spec. div.	Synedra	- acus	- - var. angustissima	- amphicephala	- - var. austriaca	- capitata	- minuscula	- nana	- parasitica	- rumpens	- tabulata var. fasciculata	- ulna	- - var. danica
1		160-210	45,0																0,2		0,2	1,7	0,2
2		210-260	42,8		0,2						1,4											1,7	
3		260-310	40,4	0,3	0,3							(0,3)								0,8		2,0	
4		310-360	40,7																			3,1	
5		360-420	43,7	3,2																		1,9	
6		420-470	8,0	0,8																		1,9	
7		470-530	8,4	0,8																		2,8	
8		530-580	15,2	0,5							0,3											1,0	
9		344	8,3	0,27							3,3	0,5										2,5	
10		358	43,0								0,5	19,5										6,8	1,8
11		377	11,1	0,23	0,5						9,7	7,7										2,6	3,5
12		393	10,0		0,25						0,5	8,3										1,2	0,25
13		405	1,7	0,6							3,3				0,2				0,4			2,4	2,1
14		456	8,3		0,24																	0,7	
15		476	7,3								4,8	3,3					0,25		0,25			0,8	
16		493	9,5									3,2										0,7	
17		508	4,9								0,25	27,1										2,4	
18		521	9,6								0,25	6,3										2,2	
19		538	10,8								1,0	2,2							0,5			1,5	
20		597	14,4	0,23								3,0										4,1	
21		624	14,7	0,5							0,25	4,2										2,2	
22		640	10,8									4,1										0,5	
23		667	22,0	3,0							0,5	15,4			0,25				0,25			1,2	0,5
24		681	16,2									22,7										0,5	0,7
25		697	8,8	0,25								27,5							0,5				2,5
26		715	25,4	2,3					0,23		1,1	8,4										2,1	
27		740	18,7	0,25							0,5	4,0					(0,25)	0,25				1,0	(1,3)
28		777	8,0	0,8							0,8	4,8										2,1	1,9
29		790	20,1	1,6							0,9	5,3							0,25			3,8	
30	IX	811	5,8								2,4	2,4							0,25			1,1	0,8
31		828	16,8	1,4							2,2	7,0										0,24	1,0
32		861	12,4	1,7								6,7							0,25			0,25	
33		881	6,6	0,25								7,6										3,0	0,5
34		918	11,1	0,25							0,7	4,7										0,5	2,5
35		938	2,5									4,2											0,25
36		960	5,0	0,25								6,7											0,5
37		988	26,2	0,7								3,1										0,9	
38		1049	7,4	1,5							0,5	4,0										1,5	1,5
39		1043	6,5	2,0								0,5										0,7	0,5
40		1072	5,8						(0,25)			9,4							0,25			0,7	2,4
41		1093	9,2	2,9	0,5							2,2							0,5			0,7	
42		1129	5,4	0,24							0,7	4,0										1,0	1,6
43	VIII	1157	0,5								1,5	8,7							0,25				1,0
44		1182	3,6									5,2			0,25							0,7	
45		1204	8,6									6,8							0,25			2,9	
46		1220	5,2	0,25								1,2										0,5	
47		1258	5,0								5,9	8,9							0,26			2,1	
48		1275	6,2	2,2								3,8										7,0	
49		1295	14,9									16,2							0,25	0,25		0,5	
50		1327	17,2		0,5						1,1	4,4										0,9	
pH-Gruppe		Alk?	alk			alk	ind?	ind			alk	alk	alk	alk?	alk	ind	ind?	alk	ind	ind	alk?	ind	
Halobien		ind	ind			ind		ind			ind	ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ind	ind	ind	mh	ind	ind
Saprobie		sxn?				os					os/	bms	os					bms		bms	os/	bms	
Trophie		eut	eut								eut/	met			eut?							eut	
O <sub>2</sub> -Affinität										sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv
Lebensform		Eup	Eup							Per/	Typ	Per/	Typ	Per/	Typ	Typ?	Per	Eup	Per	Per	Per	Eup	Eup



lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	Achnanthes																				
			- clevei	- var. rostrata	- conspicua	- delicatula	- dispar	- exigua	- var. heterovalvata	- flexella	- fragilarioides	- kolbei	- lanceolata	- var. elliptica	- var. rostrata	- levanderi	- microcephala	- oestrupii	- peragalli	- spec.	- spec. div.	Amphora	- coffeaeformis
51		1350																					
52		1376	0,25																				
53		1403	0,25																				
54		1424	0,25																				
55		1450																					
56	VIII	1470	0,25								0,25												
57		1492	0,28																				
58		1511	0,26																				
59		1533																					
60		1554	0,26								0,26												
61		1575																					
62		1598																					
63		1618	0,28	0,28																			
64		1638																			0,25		
65		1680											1,0										
66		1702																					
67		1716	0,23																				
68		1796																					
69	VII	1823	0,2																				
70		1841	0,26																				
71		1859																					
72		1875	0,25																				
73		1904									0,26												
74		1923																					
75		1945	0,24																				
76		1963	0,25																				
77		2011																					
78		2020																					
79		2029																					
80		2042																					
81		2052																					
82		2071	0,5	0,24																			
83		2085																					
84		2095	0,26																				
85	VI	2123	0,25																				
86		2138	0,5																				
87		2160																					
88		2176		0,22																			
89		2203		0,23																			
90		2224		0,24							0,24												
91		2242		0,23	0,23																	0,23	
92		2260																					
93		2301																				0,25	
94		2334	0,23																				
95		2347																				0,25	
96		2357																					
97	V	2391																					
98		2403																					
99		2413																					
100		2437	0,5								0,5												
pH-Gruppe			alk	alk	alk	ind	alk	alk	alk	ind		alk	alk	alk		ind	ind	ind					alk
Halobien			ind	ind	ind	mh	hph	ind	ind	hpb	ind		ind	ind	ind		ind	oh	ind				mh
Saprobie			sxn	sxn		os		sxn	sxn	os		os/ bms	os/ bms	os/ bms		os		sxn					ans
Trophie			eut	eut				eut	eut			eut?	eut?	eut?									
O <sub>2</sub> -Affinität								sr	sr	sr		sr	sr	sr		sq?	sq?						
Lebensform			Per	Per				Per	Per			Per	Per	Per									

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- ovalis	- var. libyca	- var. pediculus	- perpusilla	- thumensis	- veneta	- spec. div.	Asterionella	- formosa	Bacillaria	- paradoxa	Caloneis	- bacillum	- var. fontinalis	- clevei	- schumanniana var. biconstricta	- silicula	- spec. div.	Cocconeis	- diminuta	- disculus	- hustedtii
51		1350			0,8						2,1													
52		1376	0,25	0,5	0,25				0,25		1,8													
53		1403							0,25		2,0													
54		1424							0,25		1,1													
55		1450	0,5								0,8													
56	VIII	1470			0,25				0,5		1,3													
57		1492		0,28							3,2													
58		1511		0,8					0,26		3,5													
59		1533		0,5	1,3						3,5													
60		1554			0,5				0,26		2,6													
61		1575									0,8											0,28		
62		1598									1,4							0,3						
63		1648	0,28								2,8													
64		1638			1,0						2,2													
65		1680			0,25						0,25													
66		1702	0,3	0,3							2,9													
67		1716									3,7													
68		1796			0,4						0,2													
69	VII	1823	0,2	0,5							0,7													
70		1841		0,8	0,26						1,0											0,26		
71		1859									0,9													
72		1875		0,25	0,25						1,5													
73		1904			0,8						1,0													
74		1923									0,26													
75		1945			0,5						2,9													
76		1963									1,0											0,25		
77		2011									1,6													
78		2020									0,8													
79		2029									0,8													
80		2042									0,8													
81		2052	0,7								0,7													
82		2071		0,5							1,0													
83		2085									0,5													
84		2095	1,0						0,5		0,26													
85	VI	2123			0,25						1,7													
86		2138			0,5						1,9													
87		2160		(0,26)							2,1													
88		2176	0,22						0,22		2,9													
89		2203			1,4				0,23		2,6													
90		2224	0,5		0,7				0,24		2,7													
91		2242			1,0						5,6													
92		2260			0,6						1,1													
93		2301	0,8		1,8						1,8													
94		2334			0,7						4,7													
95		2347			0,25						3,3											0,25		
96		2357			0,7				0,5		2,5													
97	V	2391			0,5						4,0													
98		2403	0,24								0,9													
99		2413	0,5		0,5						3,0													
100		2437			0,24				0,24		5,8													
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk			alk				alk	alk	alk?	Alk?	ind			Alk	ind?	
Halobien			ind	ind	ind		ind	mh			ind	poh		ind	ind			ind	ind			ind	ind	
Saprobie			bms		os bms			ms			bms		sxn	sxn								sxn	os	
Trophie											eut/met											eut/met		
O <sub>2</sub> -Affinität																								
Lebensform			Per	Per	Per			Per			Eup				Per	Per						Per		



lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm																							
			- spec. div.	Cymatopleura	- solea	- spec. div.	Cymbella	- aequalis	- affinis	- amphicephala	- aspera	- caespitosa	- cesati	- cistula	- cuspidata	- cymbiformis	- delicatula	- diluviana	- ehrenbergii	- helvetica	- hustedtii	- hybrida	- incerta	- lacustris	
51		1350						0,5					0,25												
52		1376	1,0					0,5				0,25	0,25												
53		1403																							
54		1424						1,8												0,5					
55		1450	1,6					1,0			0,25	0,25	0,25		0,25				0,25						
56	VIII	1470	1,7					0,25	0,25			0,25	0,25		0,5										
57		1492	1,8					0,6				0,28													
58		1511	2,3					0,26	1,3			1,0													
59		1533						1,3				0,5	0,3							0,3					
60		1554	2,6																						
61		1575	5,4					0,6				0,6													
62		1598				0,3		1,7			0,3	0,3							1,1						
63		1618	3,0					0,28				0,28													
64		1638	3,5					0,5				0,25	1,0						2,5						
65		1680						0,25				0,25	1,3						0,5	0,25					
66		1702	1,3	0,3				1,3																	
67		1716	0,5					0,5				0,7	0,23						1,0						
68		1796	0,9					0,6	0,9			0,8													
69	VII	1823						0,9				0,2	0,2						0,9						
70		1841						0,8				0,26													
71		1859						0,4				0,22													
72		1875						1,0				0,25							0,25						
73		1904										0,26													
74		1923						0,8				0,26			0,26				0,26						
75		1945						1,0																	
76		1963						0,8				0,25													
77		2011										0,26													
78		2020						0,5				0,26	0,26		0,8				0,8						
79		2029						0,26			0,26	0,5													
80		2042						0,5				0,26													
81		2052		0,22				1,1				0,22	0,22				0,22		0,7		0,22				
82		2071						1,0				0,24													
83		2085						1,3				0,27	0,27												
84		2095						2,8							0,26										
85	VI	2123						0,5				0,25													
86		2138						1,3											0,27		0,27				
87		2160	0,26					1,1																(0,26)	
88		2176						0,22				0,7		0,5											
89		2203						0,9																	
90		2224						1,0				0,24	0,5												
91		2242						0,5				0,9													
92		2260						2,0				1,1													
93		2301						0,25			0,5				0,25	0,25									
94		2334										0,23													
95		2347										0,25						0,25	0,25						
96		2357						0,5																	
97	V	2391						0,7				0,23													
98		2403										0,4	0,6												
99		2413						0,24				0,7													
100		2437					0,5	0,24				0,24													
pH-Gruppe							alk		alk	ind	alk	alk	ind	alk	ind	alk	ind	alk?	alk	alk	alk	ind?	ind?	alk	
Halobien							ind		ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Saprobie							bms		os		os/bms	os	os						os						
Trophie							eut		olt																eut?
O <sub>2</sub> -Affinität											sg	sg	sg		sg										
Lebensform							Per				Per		Per												

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm																							
			- laevis	- lanceolata	- lata	- leptoceros	- microcephala	- naviculiformis	- parva	- pusilla	- rupicola	- similis	- sinuata	- subaequalis	- tumida	- ventricosa	- spec. div.	Denticula	- tenuis	- var. crassula	- spec. div.	Diatoma	- elongatum	- vulgare var. brevis	
51		1350																							
52		1376													0,5	2,0									
53		1403													0,5	0,25									
54		1424													0,25	0,8									
55		1450														0,8									
56	VIII	1470											0,25		0,5	1,3									
57		1492														0,28									
58		1511											0,5			0,26	0,8								
59		1533														0,3	0,5								
60		1554															0,26								
61		1575			0,28												0,28								
62		1598														0,8		0,6	0,3						
63		1618														0,28	0,28		0,5	0,5					
64		1638																0,25	1,3						
65		1630															0,25	0,5							
66		1702															0,3	0,3							
67		1716												0,23	0,23	0,5									
68		1796														0,4	0,2								
69	VII	1823														0,2									
70		1841																							
71		1859															0,22								
72		1875													0,25		0,25	0,5							
73		1904																							
74		1923																							
75		1945															0,24								
76		1963																0,25							
77		2041																							
78		2020														0,26	0,26								
79		2029														0,26	0,26								
80		2042														0,26	1,0								
81		2052														0,4		0,22							
82		2071															0,24								
83		2085														0,27	0,27		0,5	0,27					
84		2095														0,26		0,26	0,8						
85	VI	2123																0,25							
86		2138	0,27													0,5		0,27	0,27						
87		2160														0,26	0,8		0,26						
88		2176																0,22							
89		2203														0,23		0,7	0,23						
90		2224														0,24	1,0								
91		2242														0,5	0,23	0,23	1,4						
92		2260														0,22		0,7	1,3						
93		2301															0,8		0,25						
94		2334															0,23								
95		2347															0,25		0,25						
96		2357														0,24									
97	V	2391															0,23		0,23						
98		2403														0,21	0,6								
99		2413																	2,0						
100		2437														0,24									
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	ind		ind	alk?	ind?	alk	alk	Alk?	ind		Alk?			ind	Alk			
Halobien			ind	ind	ind	ind	ind	ind		hph	ind	ind	ogh?	ind	ind	ind		ind			hph	ind			
Saprobie				bms			bms	os				os?		os	bms						bms	bms			
Trophie				eut									eut?										eut		
O <sub>2</sub> -Affinität							sg	sg						sg							sr	sr			
Lebensform							Per	Per						Per									Per		

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- var. producta	- spec. div.	Diploneis	- elliptica	- var. ladogensis	- marginestrata	- oculata	- ovalis	- var. oblongella	- puella	- spec. div.	Epithemia	- argus	- var. longicornis	- hyndmanni	- intermedia	- muelleri	- proboscidea	- sorex	- turgida	- var. granulata	- zebra
51		1350																			0,25			
52		1376																						
53		1403																						
54		1424																						
55		1450				0,25																		
56	VIII	1470																				0,25		
57		1492																						
58		1511																						
59		1533																						
60		1554																						
61		1575																				0,28		
62		1598																				0,3		
63		1648																						
64		1638																						
65		1680																						0,25
66		1702																						
67		1716																						
68		1796																						
69	VII	1823																						
70		1841																					0,26	
71		1859																						
72		1875									0,25													
73		1904																						
74		1923				0,5																		
75		1945																						
76		1963																						
77		2041																						
78		2020																						
79		2029									0,26													
80		2042																						
81		2052																						
82		2071																						
83		2085													0,5									
84		2095													(0,8)							0,26		
85	VI	2123																						
86		2138									0,27													
87		2160																				0,26		
88		2176																				0,22		
89		2203																						
90		2224																						
91		2242																				0,23		
92		2260																						
93		2301																						
94		2334																					0,23	
95		2347																					0,25	
96		2357									0,24													
97	V	2391																						
98		2403																					0,24	
99		2443																						
100		2437									0,24													
pH-Gruppe		Alk			ind	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ac			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	Alk	Alk
Halobien		ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Saprobie		bms			snx					snx					os?						bms	bms	bms	os/bms
Trophie		eut									ind											eut		
O <sub>2</sub> -Affinität		sr																						
Lebensform		Per			Per/Tff	Per/Tff				Per	Per				Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- var. porcellus	- var. saxonica	- spec. div.	Eunotia	- arcus	- var. fallax	- lunaris	- pectinalis	- spec. div.	Fragilaria	- brevistriata	- capucina	- var. mesolepta	- construens	- var. binodis	- var. subaealina	- var. venter	- crotonensis	- inflata	- intermedia	- lapponica	- leptostauron
51		1350									0,25	0,25												
52		1376			0,5																4,8			
53		1403											1,0											
54		1424											0,25			1,6	0,25							
55		1450									0,25										4,6			
56	VIII	1470										1,0									0,5			
57		1492			0,28							0,6									2,5			
58		1511																			5,1			
59		1533										1,0							2,2	3,7				0,5
60		1554										0,8									4,7			
61		1575																			4,7			
62		1598														0,8			0,3					
63		1618										0,28									4,1			
64		1638			0,5				0,25			0,25									4,2			
65		1680		0,5								0,25									4,5			
66		1702			0,5							0,3				1,3			0,5	8,8				1,0
67		1716			0,23							0,7							0,23	2,0				
68		1796										0,2							0,2					
69	VII	1823														0,7					4,5			
70		1841										0,8							0,26	0,8				
71		1859														0,7				1,3				
72		1875																	0,5					
73		1904			0,26																4,0			
74		1923																		0,26				
75		1945																						
76		1963																						
77		2011																						
78		2020										0,26							0,26	1,0				
79		2029														2,4				0,26				
80		2042										0,26								2,3				
81		2052			0,22							0,4							0,22					
82		2071																						1,0
83		2085										0,27												
84		2095										0,5							0,26					
85	VI	2123											(2,2)							0,7				
86		2138	0,27									0,27												
87		2160										0,26				1,3			0,5					
88		2176										0,5				0,22								
89		2203			0,5							0,23												
90		2224										0,5							0,24					
91		2242										2,1							1,2					
92		2260										0,4												
93		2301									0,25	0,25								0,5				
94		2334										0,7								0,5				
95		2347																	1,5					
96		2357			0,24							1,0												
97	V	2391			0,23																4,2			
98		2403										1,1				0,6								
99		2413										0,24					0,24				1,0			
100		2437																			0,24			
pH-Gruppe		Alk	Alk			ac	ac	ind	ac			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind?	alk	
Halobier		ind	ind			hpb	hpb	hpb	hpb			ind	ind	ind	ind	ind	hph	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Saprobie		os/ bms	os/ bms					os/ bms	os/ bms			os	os/ bms	os/ bms	bms	os			os/ bms	bms		bms		os?
Trophie												eut	eut	eut	eut				met/ olt	eut/ met				
O <sub>2</sub> -Affinität								sr				sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr			sr	sr	sr
Lebensform		Per	Per			Per	Per	Per	Per			Per	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ	Eup		Per		Per

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- - var. dubia	- - var. rhomboides	- pinnata	- - var. lancettula	- virescens	- - var. oblongella	- - var. subsalina	- spec. div.	Comphonema	- acuminatum	- - var. brébissonii	- - var. coronata	- - var. elongata	- - var. turris	- angustatum	- - var. producta	- constrictum	- - var. capitata	- intricatum	- - var. lunata	- - var. pumila	- - var. vibrio
51		1350																						
52		1376								1,5														
53		1403								0,5														
54		1424								0,8									0,25		0,25			
55		1450																						
56	VIII	1470								0,8														
57		1492																						
58		1511								2,3														
59		1533																					0,5	
60		1554								1,5														
61		1575																						
62		1598								0,3													0,3	
63		1618								0,8														
64		1638									0,5										0,5			
65		1680																			0,25			
66		1702								0,5	0,5										0,3			
67		1716								0,7														
68		1796										0,2									0,2			
69	VII	1823																						
70		1841																			0,2b			
71		1859																						
72		1875																						
73		1904																						
74		1923																			0,2b			
75		1945			0,24					0,24														
76		1963																						
77		2011									0,5													
78		2020																						
79		2029																						
80		2042																						
81		2052									0,22													
82		2071																						
83		2085								0,27														
84		2095								0,5														
85	VI	2123																						
86		2138																						
87		2160								0,8														
88		2176								0,7														
89		2203																					0,5	
90		2224																					0,24	
91		2242			0,23						0,23										0,5			
92		2260																						
93		2301									0,8													
94		2334																						
95		2347							0,25		0,25													
96		2357							0,7															
97	V	2391																					0,5	
98		2403															0,21							
99		2413																						
100		2437																						
pH-Gruppe			alk?	alk	alk	alk	ind	ind				alk	alk	alk	alk?	ind?	alk	alk	alk	alk	alk	alk?	alk?	alk
Halobien			ind?	ind	ind	ind			hph			ind	ind	ind	ind?		ind		ind	ind	ind	ind?	ind?	ind
Saprobie			os?	os?	bms?		os?				bms	os?	os?			os		os/ bms	os	sxn				
Trophie					eut											eut		eut		eut				
O <sub>2</sub> -Affinität			sr?	sr	sr	sr	sr	sr	sr														sr?	
Lebensform			Per?	Per	Per	Per						Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- lanceolatum	- var. insignis	- longiceps	- var. montana fo. suecica	- var. subclavata fo. gracilis	- parvulum	- spec. div.	Cyrosigma	- acuminatum	- attenuatum	- spec. div.	Hantzschia	- pseudomarina	- spec. div.	Mastogloia	- elliptica	- smithii	- var. amphicephala	- var. lacustris	- spec. div.	Melosira	- ambigua
51		1350						0,25																0,8
52		1376																						2,0
53		1403						0,25																
54		1424							0,5															1,6
55		1450						0,5																
56	VIII	1470																						4,5
57		1492																						
58		1511							0,26															
59		1533																						0,3
60		1554						0,26																
61		1575							0,28															
62		1598							0,3															
63		1618																						0,28
64		1638											0,25											
65		1680							0,25															
66		1702							0,5															
67		1716							0,23															0,9
68		1796																						
69	VII	1823																						
70		1841							0,5															
71		1859																						
72		1875							0,25	0,25														
73		1904							0,26										0,26					
74		1923																						
75		1945																						
76		1963																						
77		2041																						
78		2020																						
79		2029																						
80		2042																						
81		2052																						
82		2071																						
83		2085																						
84		2095							0,26															
85	VI	2123							0,25															
86		2138																						
87		2160																						
88		2176																						
89		2203																				0,23		
90		2224							0,24															
91		2242						0,5																
92		2260																						
93		2301																						
94		2334																						
95		2347							0,25															
96		2357							0,24															
97	V	2391						0,23																
98		2403																						
99		2413																						
100		2437																						
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk		ind?	alk						Alk	alk	alk	alk	alk		alk	
Halobien			ind		ind	ind	ind	ind		ind?	ind			mh?			mh/ind	mh/ind	mh/ind	mh/ind				ind
Saprobie			os		os			ms			os/bms													os
Trophie																								eut
O <sub>2</sub> -Affinität						sr?		sv																
Lebensform			Per		Per	Per	Per	Per										Per	Per	Per				Eup

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- arenaria	- distans	- granulata	- - var. angustissima	- - fo. spiralis	- islandica	- - subspec. helvetica	- italica	- - subspec. subarctica	- juergensi	- undulata	- varians	- spec. div.	Meridion	- circulare	- - var. constricta	Navicula	- anglica	- - var. subsalsa	- bacilliformis	- bacillum	- cari
51		1350			2,3	0,8	0,8																	
52		1376			0,5	0,5																		
53		1403			0,25	1,0	0,25								0,5									
54		1424			0,25																			
55		1450			0,25	0,5																		
56	VIII	1470			1,3	1,8									1,0								0,5	
57		1492			2,0	2,2	0,6																	
58		1511			0,8	0,5									0,8								0,26	
59		1533			3,0	0,3																	0,3	
60		1554			0,26	1,3				1,3					0,5									
61		1575				0,6																		
62		1598			0,8	1,1																		
63		1618																					0,28	
64		1638			1,7	0,25																		
65		1680				1,3				1,0														
66		1702			1,0	1,0																	0,5	
67		1716			0,5	1,6																		
68		1796			0,2																			
69	VII	1823			1,7	0,2																		
70		1841			0,8	1,3																		
71		1859																						
72		1875			2,5	2,2											0,22						0,22	
73		1904				7,7																		
74		1923			0,26										0,26									
75		1945			0,7	0,5																		
76		1963				0,5																	0,25	
77		2011				1,3																		
78		2020																						
79		2029			1,0							(0,26)											0,26	
80		2042			1,5	0,26																		
81		2052				0,4																		
82		2071				0,24																		
83		2085																					0,27	
84		2095	0,26			0,5																		
85	VI	2123			1,0	0,5																		
86		2138			0,5																		0,27	
87		2160			0,8																		0,5	
88		2176			0,7	1,4																		
89		2203				0,5									0,23	0,23								
90		2224			0,24	0,5	0,24																	
91		2242										0,9											0,5	
92		2260				0,7																	0,22	
93		2301			0,25	2,0									0,25	0,25								
94		2334				3,5	1,2								0,7								0,23	
95		2347			0,5	0,8	0,5																0,25	
96		2357				2,7	(0,5)																	
97	V	2391			2,8	4,9	0,23								0,5	0,23							0,5	
98		2403			2,8	4,5																	0,21	
99		2413			12,8	8,4	1,7																0,5	
100		2437				1,2	1,9																0,5	
pH-Gruppe					alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	alk?	alk?			alk	alk		alk			alk	alk	
Halobien					ind	ind	ind	ind	ind	ind	mh		ind?			ind	ind		ind			ind	ind	
Saprobie					bms	ms	ms?		bms	os/ bms			os/ bms			os						sxn		
Trophie				olt?	eut	eut	eut?	ind?				olt	eut?			eut							eut	
O <sub>2</sub> -Affinität																sr								
Lebensform			Per?	Typ	Eup	Eup	Eup	Eup	Eup	Per/ Typ	Per/ Typ	Per/ Typ?	Per/ Typ?	Typ		Per/ Typ	Per/ Typ						Per	

I.f.d. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm																						
			- cincta	- clementia	- costulata	- cryptocephala	- var. intermedia	- var. veneta	- cuspidata	- decussis	- dicephala	- gastrum	- graciloides	- hungarica	- var. capitata	- var. lönneburgensis	- interglacialis	- jaernefeltii	- lacustris	- lanceolata	- menisculus	- modica	- mutica	
51	VIII	1350										0,25												
52		1376																			0,5			
53		1403										0,25								0,25	0,25			
54		1424																			0,5			
55		1450																		0,25				
56		1470										0,25												
57		1492																						
58		1511		0,26		0,26																		
59		1533						0,3				0,3												
60		1554									0,26	0,26												
61	1575					0,28														0,28				
62	1598				0,3				0,3		0,3													
63	1618										0,28									0,5				
64	1638				0,25	0,25																		
65	1680																							
66	1702		0,3																					
67	1716										0,23									0,23				
68	1796																							
69	VII	1823																						
70		1841						0,26				0,5												
71		1859					0,22					0,4												
72		1875					0,5																	
73		1904										0,26												
74		1923								0,26					0,26									
75		1945																						
76		1963								0,25											0,8			
77		2011																		0,26				
78		2020																						
79	2029																							
80	2042																			0,26				
81	2052																			0,22				
82	2071																							
83	2085						0,5																	
84	2095																							
85	VI	2123			0,5						(0,25)									0,25				
86		2138					0,27																	
87		2160									0,26									0,5				
88		2176																		0,5	0,22			
89		2203										0,5										0,23		
90		2224										0,24			0,24									
91		2242																			0,23			
92		2260										0,22	0,22											
93		2301			0,25																0,5			
94		2334				0,23						0,5												
95	2347										0,25													
96	2357					0,24																		
97	V	2391																			0,23			
98		2403																						
99		2413				0,5																		
100		2437																			0,24			
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	
Halobien			hph	ind	hph?	ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ogh	hph?	ind	ind	ind	ind	ind	ogh	ind	ind	ogh	ogh	
Saprobie			ms	os		ams	os		bms	os	os	os		bms					sxn	os				
Trophie						eut	eut	eut	eut										eut	eut				
O,-Affinität																								
Lebensform						Per	Per	Per	Per			Per							Per					

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm																					
		- oblonga	- oppugnata	- peregrina	- var. kefvingensis	- var. manicus	- placenta	- fo. rostrata	- plicata	- pseudocutiformis	- pseudotuscula	- pupula	- var. rectangularis	- radiosa	- var. tonalla	- rhynchocphala	- var. elongata	- schenfeldii	- sclerovicensis	- scutelloides	- seminulum	- tuscula	- fo. minor
51		1350											0,25				0,25						
52		1376											0,25										
53		1403											0,25				0,25		0,25				
54		1424									0,5		0,8		(0,25)		0,25						
55		1450	0,25																				
56	VIII	1470							0,25				0,5	0,25	(1,0)		0,25						0,25
57		1492									0,28				0,28			0,28					
58		1511									0,26		0,5						0,26			0,26	
59		1533									0,3		0,3					0,3				0,3	
60		1554													0,26	0,26							
61		1575									0,28												0,6
62		1598	0,3								0,3												
63		1648											0,28		0,28								
64		1638	0,5								0,5		0,5	0,25									0,5
65		1680	0,25								0,25				0,25								
66		1702	0,3										0,3	0,3	0,3								0,3
67		1716											0,23	0,23			0,23						
68		1796											0,2										0,2
69	VII	1823											0,7										
70		1841			(0,8)					0,26		0,26	0,7				0,26						
71		1859			0,22								0,22		0,22								0,4
72		1875								0,25	0,25		0,5										
73		1904														0,26							
74		1923																					
75		1945																0,24					
76		1963	0,5								0,25												
77		2044																					0,26
78		2020	0,26								0,26												
79		2029													0,5	0,26							
80		2042																0,5					
81		2052	0,22								0,7		0,4	0,22					0,22			0,22	
82		2074				0,24	0,24			0,24		0,5		0,5									0,24
83		2085				0,5				0,27		0,8											
84		2095	0,26									1,0											0,26
85	VI	2123	0,25							0,25		0,25		0,25									0,25
86		2138								0,27													
87		2160								0,26		0,26		0,26									
88		2176								0,22		0,22											
89		2203	0,23																				
90		2224	0,24																				
91		2242	0,23							0,23		0,5					0,23					0,23	
92		2260	0,22							0,7		0,9	0,22	0,22									0,22
93		2301	0,25							0,25			0,25				0,25						
94		2334	0,23										0,5				0,5						0,5
95		2347															0,25						
96		2357																					
97	V	2391											0,5		0,25								
98		2403			0,24					0,24		0,6		0,4									
99		2413					0,24			0,7		1,2											0,5
100		2437												0,24			0,24						0,24
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	ind	ind	ind	ind?	alk	alk	ind	Alk	alk	Alk	Alk	Alk
Halobien			ind	ind	mh	mh	mh	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Saprobie			sxn							sxn?		bms		bms	os/bms	ms			sxn	ms	sxn		
Trophie			eut								eut	eut				eut			eut	ind?	eut		
O,-Affinität																				sm			
Lebensform			Per								Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per		Per				

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	- ventralis	- viridula	- vitabunda	- vulpina	- spec.	- spec. div.	Neidium	- dubium	- iridis	- fo. vernalis	- spec. div.	Nitzschia	- acicularis	- acula	- amphibia	- angustata	- var. acuta	- capitata	- denticula	- dissipata	- epithemoides			
51		1350						0,25															(0,5)			
52		1376						0,25																0,5		
53		1403																								
54		1424					2,4				0,25															
55		1450																	0,25							
56	VIII	1470						0,25																		
57		1492																							0,28	
58		1511						0,26																		
59		1533					0,5									0,5										
60		1554					0,26									0,26										
61		1575					0,6																	(0,28)		
62		1598						0,3								0,3		0,3								
63		1648						0,25																		
64		1638					0,25																			
65		1680	0,25				0,5	0,5								0,25										
66		1702														0,3	0,5							0,8		
67		1716					0,7	0,5																		
68		1796						0,2											0,4					0,4		
69	VII	1823														0,5								0,2		
70		1841	0,26				0,26																			
71		1859	0,22															0,4								
72		1875						0,25																		
73		1904					0,26	0,26								0,26										
74		1923					0,26																			
75		1945					0,24	0,24																(0,2)		
76		1963						0,25								0,25										
77		2041					0,26	0,26																		
78		2020					1,0			0,26																
79		2029						0,26						0,5												
80		2042																								
81		2052						0,22				0,22									(0,22)					
82		2071					0,24	1,7										0,24			0,24					
83		2085					0,5	0,8																		
84		2095		0,26			0,8	0,8																		
85	VI	2123					0,25	0,25			0,25															
86		2138					0,27					0,27				0,27										
87		2160					0,26									0,26										
88		2176					0,5												0,22							
89		2203					0,7			0,23																
90		2224					0,5	1,0																		
91		2242						0,7			0,23															
92		2260					0,22	0,4								0,4	0,22									
93		2301					0,5	0,25																		
94		2334					0,23	0,23																		
95		2347						0,25																		
96		2357														0,24										
97	V	2391					0,23	0,9								0,9										
98		2403														0,24								0,21		
99		2443					0,5									0,24										
100		2437					0,7																			
pH-Gruppe			ac	alk	alk	alk			ind?	ind	ind			alk	alk	alk?	alk	ind	alk	Alk?						
Halobien			ind	ind		ind				ind?	ind			ind	ind			ind	hph	ind	ind					
Saprobie				os/ bas		os				os				bms	ams			ms								
Trophie				eut										eut	eut									eut		
O <sub>2</sub> -Affinität															sm						sr	sr				
Lebensform				Per										Fup	Per					Per/ Typ		Per				

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm																				
		- frustulum	- var. subaealina	- gandersheimensis	- gracilis	- hantzschiana	- heufleriana	- inconspicua	- linearis	- microcephala	- palea	- var. debilis	- paleacea	- pusilla	- recta	- romana	- sinuata	- subtilis	- tryblionella	- var. levidensis	- vitrea	- spec. div.
51		1350																				1,5
52		1376	0,25			0,5				0,25												0,7
53		1403							0,25	0,5												0,25
54		1424				(0,5)																1,6
55		1450				(0,25)																0,5
56	VIII	1470	1,0		0,5							1,5										1,8
57		1492				(1,4)				0,28												1,1
58		1511								(0,5)												1,8
59		1533																				
60		1554															(2,4)					0,8
61		1575								0,28							0,28					0,6
62		1598																0,3				
63		1618										0,5					(1,9)					2,2
64		1638																				1,2
65		1680								0,8												
66		1702																				
67		1716	0,23																			1,8
68		1796								0,4												0,2
69	VII	1823				0,2																0,2
70		1841				(0,5)						1,6										0,5
71		1859				(0,9)	0,4			0,22												1,1
72		1875								0,7												0,5
73		1904																				0,8
74		1923													0,26							1,3
75		1945				0,24																1,9
76		1963															(0,25)					1,5
77		2011				(0,26)																0,26
78		2020																				0,26
79		2029										(0,26)	0,26		0,26							0,5
80		2042								0,26		(0,5)										0,5
81		2052				0,9																1,1
82		2071				(1,0)	0,24					0,5										1,0
83		2085	0,5																			0,27
84		2095																				1,0
85	VI	2123		0,25						0,25							0,25					0,25
86		2138								0,5												0,27
87		2160																				
88		2176																		0,22		0,7
89		2203										0,23										0,7
90		2224	0,24							0,24												0,5
91		2242	0,5							0,23												1,4
92		2260																				0,7
93		2301	0,25														0,25					1,0
94		2334								0,23	0,23											0,5
95		2347								0,25												0,5
96		2357				0,24																0,7
97	V	2391																				0,7
98		2403																				1,9
99		2413																				1,0
100		2437							0,24								(0,24)					1,0
		pH-Gruppe	alk	alk?	alk?	ind	ind			alk	alk	alk	alk?		alk	alk		alk	alk			
		Halobien	hph	hph	ind	ind	ind?			ind	ind	ind	ind?		ind	ind		hph	hph	mh		
		Saprobie								os	ms	ams	ams?		os/bms							
		Trophie	eut							eut		eut?			eut?							
		O <sub>2</sub> -Affinität	sm			sr				sr							sr					
		Lebensform	Eup/Typ							Per		Per/Typ	Per/Typ							Per/Typ	Per/Typ	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm	Opephora	- martyi	Pinnularia	- borealis	- bräbissonii	- gibba var. linearis	- microstauron	- fo. biundulata	- molaris	- spec. div.	Rhopalodia	- gibba	- parallela	- spec. div.	Stauroneis	- cf. pseudosubobtusoides	- smithii	- var. minima	- spec. div.	Stephanodiscus	- dubius	- hantzschii			
51		1350																					2,8	39,4			
52		1376		0,25										0,5										3,0	42,7		
53		1403		0,25				0,5																0,25	39,3		
54		1424																								27,1	
55		1450																								30,8	
56	VIII	1470		0,5										0,5											2,3	37,5	
57		1492																								35,4	
58		1511																							4,0	44,2	
59		1533												0,5											0,8	45,1	
60		1554						0,26						0,26												36,1	
61		1575																								35,1	
62		1598												0,6												24,3	
63		1618												0,28												16,8	
64		1638		0,5																						13,2	
65		1680																							0,8	25,9	
66		1702		0,3																						13,2	
67		1716												0,23											0,23	15,8	
68		1796												0,4												4,1	0,9
69	VII	1823		0,2										0,5												7,1	5,7
70		1841		0,5																						7,6	9,5
71		1859																								8,7	14,3
72		1875												0,25												8,7	8,4
73		1904																								23,5	23,9
74		1923																								4,0	1,9
75		1945												0,24												7,6	12,3
76		1963																								10,2	11,7
77		2011		0,26										0,5												3,1	15,0
78		2020		0,26										0,26												6,8	4,1
79		2029												0,8												4,0	5,3
80		2042		0,26										0,5												5,4	22,2
81		2052												0,22												3,2	6,8
82		2071		0,24										0,5												4,4	13,1
83		2085		0,27										0,8												2,7	15,9
84		2095												0,8												2,6	19,0
85	VI	2123		0,25										0,25												3,7	40,8
86		2138																								0,27	15,6
87		2160												0,26												0,5	16,1
88		2176												0,22												0,9	29,3
89		2203																								3,6	21,1
90		2224												1,2												0,5	20,1
91		2242												1,2												1,8	16,7
92		2260												0,4												2,0	30,0
93		2301												0,8												2,3	16,9
94		2334												0,5												1,2	50,2
95		2347																								1,0	11,0
96		2357																				0,24				0,7	44,7
97	V	2391		0,23						0,23				0,5												0,7	23,0
98		2403										0,21		0,21												0,4	15,0
99		2413					0,5							1,7												1,0	12,5
100		2437		0,5																						1,0	8,5
		pH-Gruppe		alk		ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind		alk	Alk			alk?	alk	alk					Alk?	alk	
		Halobien		ind		ind	ind	ind	ind	ind	ogh			ind	hph					ind	ind				hph/ ind	ind	
		Saprobie		sxn		os								os											os?	bms	
		Trophie		eut/ met		eut?								eut											eut	eut	
		O <sub>2</sub> -Affinität						sm					sm	sr						sr?	sr?						
		Lebensform		Per		Per		Per?					Per	Per											Eup	Eup	

Lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 1350 - 2437 cm																								
		- minutula	- rotula	- spec. div.	Surirella	- biseriata var. bifrons	- delicatissima	- linearis	- mcelleriana	- spec. div.	Synedra	- acus	- - var. angustissima	- amphicephala	- - var. austriaca	- capitata	- minuscula	- nana	- parasitica	- rumpens	- tabulata var. fasciculata	- ulna	- - var. danica			
51		1350	15,6	2,3								4,9											4,0			
52		1376	16,6									3,0							0,5	0,25			1,5			
53		1403	13,5									2,0								0,5			0,25			
54		1424	8,3									5,0	29,4										0,7			
55		1450	14,5									5,3							0,25				1,5			
56	VIII	1470	6,9		0,25						0,5	9,7			0,25								0,5	0,25		
57		1492	15,0	0,8							1,1	7,8				1,1	0,28					0,28	2,5			
58		1511	18,0	1,3								6,3											2,6			
59		1533	26,4	5,4								3,0						0,3					1,1	0,8		
60		1554	6,4	0,5								7,7											0,26			
61		1575	6,8								0,6	10,2												2,5		
62		1598	10,1																					0,6		
63		1618	4,7	1,1							0,5	(13,0)												1,1		
64		1638	5,0	2,0	0,25							17,7	0,25							0,7				2,0		
65		1680	11,4	2,2							0,5	7,3			0,25									2,8		
66		1702	7,8	2,6								6,2						0,3						1,3		
67		1716	9,9	3,1	0,5						0,23	6,9			0,23			0,23	0,5					1,6		
68		1796	5,3									10,9												0,9		
69	VII	1823	9,0								0,2	6,4														
70		1841	4,0	0,26							0,2	10,2												1,3		
71		1859	7,6		0,4						0,22	24,1						0,22						0,7	1,1	
72		1875	6,2				0,5	(0,25)			0,5	19,1				(0,25)		0,7						0,5		
73		1904	4,6	1,8							0,26	8,1												0,8		
74		1923	5,6									(28,7)												0,8	0,5	
75		1945	2,9									11,8												1,2		
76		1963	9,0	2,1								12,2												0,5	2,0	
77		2011	1,5								0,8	8,2												0,5	1,0	
78		2020	2,8									6,8						0,5						1,0	1,0	
79		2029	2,1		0,26				0,26			4,7													0,5	
80		2042	2,6	0,26	0,26							12,9		0,26										0,26	1,0	
81		2052	3,5	1,5								5,9													0,22	
82		2071	3,9									11,7													0,5	
83		2085	7,5	0,5								7,8														
84		2095	6,2	0,26								8,0												0,26	0,8	
85	VI	2123	1,7	1,2	0,25						0,5	2,5												1,0		
86		2138	5,1	1,1								6,5						0,27						0,27	0,27	
87		2160	4,3	1,6								2,7						0,26						0,5	1,1	
88		2176	10,8	5,8							0,5	4,8													0,7	
89		2203	5,2	0,7								7,3													0,23	
90		2224	6,1	2,0								12,0													0,7	1,0
91		2242	9,1	0,5							0,9	3,2													0,7	
92		2260	6,7	0,7	0,7							3,8													1,1	
93		2301	6,7									5,6			0,25									1,0	0,5	
94		2334	7,2									4,7													0,23	
95		2347	25,2	0,8								4,9													0,5	0,25
96		2357	9,1	0,24								8,1													0,24	
97	V	2391	0,9	0,23								6,7			0,7										0,7	0,5
98		2403	8,4	0,21								10,5			0,4										0,4	
99		2413	8,5	0,24								15,1			0,24						0,24				0,5	
100		2437	3,6	0,7							1,2	10,0							0,24						0,5	
pH-Gruppe		alk?	alk			alk	ind?	ind			alk	alk	alk	alk?	alk	ind	ind?	alk	ind	ind	alk?	ind				
Halobien		ind	ind			ind		ind			ind	ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ind	ind	ind	mh	ind	ind			
Saprobie		sxn?				os					os/	bms	os					bms		bms	os/	bms				
Trophie		eut	eut								eut/	met			eut?									eut		
O <sub>2</sub> -Affinität											sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv
Lebensform		Eup	Eup								Per/	Typ	Per/	Typ	Per/	Typ	Per/	Typ	Typ?	Per	Eup	Per	Per	Eup	Eup	



Ifd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm										Achnanthes											
		- clevei	- var. rostrata	- conspicua	- delicatula	- dispar	- exigua	- var. heterovalvata	- flexella	- fragilarioides	- kolbei	- lanceolata	- var. elliptica	- var. rostrata	- levanderi	- microcephala	- ostrupii	- peragalli	- spec.	- spec. div.	Amphora	- coffeaeformis	
101	V	2446																					
102		2453																					
103		2466																					
104		2493																					
105		2508																					
106	IV	2513	0,25																				
107		2523																					
108		2538																					
109		2548	0,26																				
110		2554	0,4																				
111	III	2569			0,3																		
112		2595	0,9																				
113		2605	0,17									0,17											
114		2637																					
115		2678	0,7									0,9	1,2										
116	II	2693	0,6																				
117		2704				(0,45)				0,45	0,7					0,15					(4,5)		
118		2714	0,15					0,15			1,4				0,15				0,15				
119		2738		0,4						0,1	0,7												
120		2764	1,7	0,43	1,4	(0,5)		0,7			0,13	1,8		0,13						0,5			
121	I	2778-81	0,4	1,5	0,4	(0,13)	0,3			0,3	3,3								1,4				
122		2788	1,0	0,6	0,9		0,5			1,8	0,14								0,8				
123		2792	1,6	0,3			0,3			0,4	1,7								1,1				
124		2806					0,24			0,24	0,24												
125		2856	0,12				0,12				0,12												
126	I	2857,5	4,2	1,8	0,4	0,6													0,18				
127		2858	4,0	2,8	0,7				0,9	1,7													
128		2860	1,0		0,26			0,26			0,26												
129		2880-2900									0,5												
130		2944	1,1	1,0	0,11		0,6	0,7			0,5	1,4											
131	I	2940-3000								0,5													
132		3000-3060	1,0								0,24												
133		3060-3110	0,25																				
134		3110-3160	0,22		0,4						0,22												
135		3160-3240	1,0																				
136	I	3240-3260																					
137		3260-3310																					
138		3310-3350						0,25															
M 1	IV	1240	0,5																				
M 2		1262	0,8					0,5															
M 3	III	1306	1,3	0,3	0,41					1,4								0,3	0,3				
M 4		1331	1,3	0,2	1,0		0,7			2,1									0,4				
M 5	II	1392	2,3	0,12	0,12		0,5			0,5									0,12				
M 6		1449	2,0	0,6	0,14		0,6			2,6													
M 7		1486	0,7		0,14		0,3			0,14													
M 8		1496	1,7	0,11			0,2			0,9													
pH-Gruppe			alk	alk	alk	ind	alk	alk	alk	ind		alk	alk	alk		ind	ind	ind				alk	
Halobien			ind	ind	ind	mh	hph	ind	ind	hpb	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind				mh	
Saprobie			sxn	sxn		os	sxn	sxn	os	os/bms	os/bms	os/bms	os	os	os	os	os	os				am	
Trophie			eut	eut			eut	eut		eut?	eut?	eut?											
O <sub>2</sub> -Affinität							sr	sr	sr		sr	sr	sr		sg?	sr							
Lebensform			Per	Per			Per	Per			Per	Per	Per										

Lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																								
		- ovalis	- var. libyca	- var. pediculus	- perpusilla	- thumensis	- veneta	- spec. div.	Asterionella	- formosa	Bacillaria	- paradoxa	Caloneis	- bacillum	- var. fontinalis	- clevei	- schumanniana var. biconstricta	- silicula	- spec. div.	Cocconeis	- diminuta	- disculus	- hustedtii			
101	V	2446	0,23		0,23				0,5	0,5																
102		2453	0,24	0,7	0,5				0,5	0,5																
103		2466		1,7	0,5				0,5	3,2																
104		2493	0,5	3,7	0,25					0,7																
105		2508	0,7	0,25	1,5				0,5	0,25																
106		2543	(0,25)	0,5					0,25	2,8																
107		2523		0,5	0,5					0,23																
108		2538								0,5																
109	IV	2548		0,26	0,26				0,5																	
110		2554	0,4	1,7	0,8																					
111		2569	0,8	1,1	1,1					0,3												0,3				
112		2595		0,6	1,4					0,3																
113		2605	0,5	1,7	2,2					0,4												0,17	0,17			
114		2637	1,0	3,6	0,7				(0,7)	1,7																
115		2678		2,3	2,6					1,9	0,7											0,23				
116		2693		0,7	4,1					0,6	0,15			0,3	0,15				0,15		0,15					
117	III	2704	0,15	1,1	3,0				0,9																	
118		2714	0,15	0,5	7,2		0,15		0,9																	
119		2738	0,1	1,0	5,8				0,1																	
120	II	2764	0,5	0,13	8,9	0,4			4,9																	
121		2778-81	0,4		8,4		0,7		3,3	0,3														0,3		
122		2788	0,14	0,14	10,9		0,8		2,3															0,14		
123		2792	0,4		16,8		0,1	1,1	0,8	0,4														0,1		
124		2806			1,7				0,24	2,2														0,24		
125		2856	0,2	1,2	10,0		0,12		1,5	0,7																
126		2857,5	0,18	4,4	9,6				7,2																	
127		2858	0,17		26,6				5,7															0,17		
128		2860	0,5	0,3	4,4			0,5	0,8	0,5																
129		2888	0,26		1,1					2,2																
130		2944	0,3	0,11	10,2		0,11	0,5	1,3															0,2		
131		I	2940-3000			0,8	0,5			2,8																
132			3000-3060		0,5	1,0	1,0			3,1															0,24	
133			3060-3120	0,25		0,5				1,5																
134			3120-3180		0,9	1,4	0,7			1,8																
135			3180-3240			1,3	0,5			3,8																
136	3240-3300				1,5	0,24			1,9																	
137	3300-3360		0,7		0,8	0,5			1,0																	
138	3360-3420			0,5	1,7	0,7			0,7	2,5																
M 1	IV	1240	2,2	0,27	0,27	0,27			0,8		0,27															
M 2		1262		1,3	3,6	0,25			0,8	1,5													0,25			
M 3	III	1306			6,3	(2,1)																				
M 4		1331		0,4	13,0		0,2		1,0	0,12																
M 5	II	1392		0,12	13,2	2,3	0,4		0,2	0,6																
M 6		1448		0,4	9,4		0,14		2,0														0,14			
M 7		1486	1,1	1,1	14,3		0,14		2,2																	
M 8		1496	0,3	0,3	6,8	0,8	0,2		0,3								0,11									
pH-Gruppe		alk	alk	alk	alk	alk	alk		alk			alk	alk	alk?	Alk?	ind				Alk	ind?					
Halobien		ind	ind	ind		ind	mh		ind		poh	ind	ind		ind	ind				ind	ind					
Saprobie		bms		os/bms			ms		bms			sxn	sxn							sxn	os					
Trophie									eut/met								eut/met				eut					
O <sub>2</sub> -Affinität																										
Lebensform		Per	Per	Per			Per		Eup			Per	Per							Per						

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 246 - 3350 cm	- pediculus	- placentula	- var. euglypta	- var. klinoraphis	- var. lineata	- scutellum	- var. parva	- spec. div.	Cyclotella	- antiqua	cf. - atomus	- bodanica	- catenata	- distinguenda	- comta	- glomerata	- kützingiana	- var. planetophora	- var. radiosa	- cf. kützingiana var.	- meneghiniana	- ocellata	- operculata
101	V	2446	0,5														19,5	12,1	7,9	8,4	1,9	0,23	3,7		
102		2453															16,8	3,0	1,5	3,7	1,2		2,7		
103		2466									0,7						15,0	4,3	1,7	5,4	1,7		1,0		
104		2493	0,25								0,25						15,7	4,2	7,4	4,7			3,5		
105		2508									1,2						22,3	12,8	12,4	3,7	1,5		4,0		
106		2543									2,0						8,4	4,9	5,3	8,1	5,1		0,25		
107		2523	0,23								0,23						35,9	2,3	4,6	6,7			2,3		
108	IV	2538								0,25		1,5				5,6	4,5	10,3	15,6	3,3	1,0	4,0			
109		2548		0,5							3,2					24,5	4,1	8,4	3,1	11,2		0,8			
110		2554		0,21							0,4					12,8	1,8	16,0	6,2	6,2	0,6	1,3			
111		2569		0,3												12,7	0,5	4,8		4,6		0,8			
112		2595														15,1	11,0	22,0	0,6	11,9		0,3	0,3		
113		2605		0,5	0,47						0,47		0,47			13,1		2,7	1,7				1,4		
114		2637									0,23					14,6	1,7	7,1	5,4				4,5		
115	2678		0,23	0,23											1,9			1,2				1,9			
116	III	2693	0,15	0,15		0,15									0,5			0,15	0,3			0,6			
117		2704		0,15																0,5			0,3		
118		2714		0,15																					
119	2738		0,3							0,1					0,3								0,3		
120	2764														2,0								2,6		
121	2778-81														1,5	0,13							1,3		
122	II	2788													0,3								0,19		
123		2792		0,1	0,1						0,3	1,3				0,7	0,3	0,8		0,5	0,1	0,1	0,3		
124		2806										2,9				8,4	4,8	2,6	7,5				3,4		
125		2856		0,2								0,6				0,2		0,4						0,6	
126		2857,5									0,48	0,48												0,6	
127		2858							0,47		0,5	0,47												0,5	
128		2860									0,5	0,26	0,26			1,0	0,26							1,3	
129	2860- 2940		0,26								2,7				0,26	7,0	0,26	1,1	3,5	5,0	9,8		3,5	0,5	
130	2944										0,2				6,7	0,2							4,5		
131	2940- 3000		0,25								0,8				9,7	0,8		2,3	4,6	10,4		1,3	2,0		
132	3000- 3060										1,9				8,0	0,5	0,24	4,6	3,9	8,2		0,7	2,9		
133	3060- 3120										(0,25)	1,2			9,4	0,5	7,7	3,7	7,9		0,8	4,9			
134	3110- 3140		0,22								1,6				8,1	0,4	7,0	9,0	2,1				1,6		
135	3160- 3240		0,25								2,0				8,6	2,3	2,8	11,6	2,8		2,5	2,0			
136	3240- 3260										0,5				10,9	1,4	6,8	8,9	3,7		0,7	2,4			
137	3260- 3320														12,6	0,5	4,9	4,4	7,7		1,0	2,0			
138	3320- 3360										0,7	0,25			11,0		1,5	2,2	12,0		1,2	3,2			
M 1	IV	1240														13,6	0,27	11,9	4,1	7,4					
M 2		1262									1,0					8,3	0,8	4,8	5,8	8,0		1,8			
M 3	III	1306		0,11											0,3		0,2	0,11	0,11		0,11				
M 4		1331		0,12								(0,12)				2,9	1,0	1,3	0,5	1,3	0,2	3,4			
M 5	II	1392		0,12							0,2				2,4	0,4	1,6	0,9	3,2			4,5	0,12		
M 6		1443						0,14	0,14	0,6					2,0	1,3	1,1				0,3	1,1			
M 7		1486	0,3									0,3	0,6			8,8	1,3	3,1				0,8	4,2		
M 8	1496										(0,11)				3,0		1,0	0,3	0,8			0,7			
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk		ac		ac			alk	ac	ind	ind	ind	ind	alk	ind	alk	
Halobien			ind	ind	ind	ind	ind	poh	poh		ogh		ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind	hph	ind	ind	
Saprobie				os/ bms	os?	os/ bms	os?								bms	bms	bms	bms	bms	bms	bms	bms/ ams			
Trophie			eut?																					olt	
O <sub>2</sub> -Affinität																							sa/ sv		
Lebensform			Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per		Typ?		Eup?	Eup	Eup?	Eup	Eup	Typ?	Typ?	Typ?	Typ?	Typ?	Typ	Per	Eup

Ifd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																						
			- spec. div.	Cymatopleura	- solea	- spec. div.	Cymbella	- aequalis	- affinis	- amphicephala	- aspera	- caespitosa	- caesi	- cistula	- cuspidata	- cymbiformis	- delicatula	- diluviana	- ehrenbergii	- helvetica	- hustedtii	- hybrida	- incerta	- lacustris
101	V	2446	0,23		0,23								0,5											
102		2453											0,24											
103		2466	0,5		0,24			0,24												0,5				0,24
104		2493	1,5					0,25					0,25											
105		2508						0,7					0,5											0,5
106		2543			0,25			0,25					0,25						0,25					
107		2523	2,5					0,23					1,4											
108	IV	2538	1,3				0,5		0,25	0,7	0,25	0,25												
109		2548					0,26			0,26	0,26							0,26	0,5					
110		2554					0,21				0,21								0,21					
111		2569	1,1				0,3																	
112		2595	4,1				0,3																	
113		2605	0,3		0,17		0,3					0,3						0,17						
114		2637	0,7									0,23								0,23				
115		2678	1,4																0,23					
116	III	2693							0,15															
117		2704	0,5																					
118		2714															0,15							
119		2738					0,1					0,1												
120	II	2764	0,13																					
121		2778-81										0,13												
122		2788																						
123		2792																						
124		2806	3,6																					
125		2856	0,12				0,4			0,12	0,12													
126		2857,5	0,18																					
127		2858																						
128		2860																						
129		2880-2940	1,9				0,26					0,26												
130	2944											0,11												
131	I	2940-3000	2,0		0,25		0,8				1,0													
132		3000-3060	1,5				0,5				0,24													
133		3060-3120	1,5		0,5		0,25													0,5				
134		3140-3180	2,5				0,4			0,22	0,22									1,1				
135		3160-3240					0,8			0,25	0,25		0,8							0,25				
136		3240-3340	1,0				0,7																	
137		3340-3420					0,7				0,25		0,5											
138		3400-3500									0,25										0,7			
M 1		IV	1240					1,1				0,8												
M 2			1262	4,8																				
M 3	III		1306																					
M 4			1331	0,4		0,12																		
M 5	II		1392	0,12													0,12							
M 6			1449	3,1								0,14												
M 7			1486	0,4		0,14																		
M 8			1496	0,11																				
pH-Gruppe						alk	ind	alk	alk	ind	alk	ind	alk	ind	alk?	alk	alk	alk	ind	ind?	alk			
Halobien						ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	hpb	ind		
Saprobie						bms		os	os/	os	os						os							
Trophie						eut		olt															eut?	
O <sub>2</sub> -Affinität									sg	sg	sg		sg											
Lebensform						Per			Per		Per													

Lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																							
			- laevis	- lanceolata	- lata	- leptoceros	- microcephala	- naviculiformis	- parva	- pusilla	- rupicola	- similis	- sinuata	- subaequalis	- tumida	- ventricosa	- spec. div.	Denticula	- tenuis	- var. crassula	- spec. div.	Diatoma	- elongatum	- vulgare var. brevis	
101	V	2446				0,23					0,21						1,2								
102		2453																							
103		2466																							
104		2493																							
105		2508		0,5													0,5	0,25							
106		2513				0,25	0,8										0,25	0,25							
107		2523				0,5	0,23										0,23	0,23							
108		2538					0,25																		
109	IV	2548	0,26		0,5	0,26											1,3								
110		2554				0,21											0,6								
111		2569															1,6	0,3							
112		2595														0,3	0,9	0,3							
113		2605				0,5											2,0								
114		2637															3,1								
115		2678															0,23								
116		2693					0,45										0,3								
117	III	2704														0,5									
118		2714	0,45		0,45											0,3	0,45							0,45	
119		2738															0,2								
120	II	2764														0,3									
121		2778-81	(0,43)		0,43											0,43	0,43								
122		2788															0,14								
123		2792				0,3	0,3										0,1								
124		2806					0,24										0,5	0,24							
125		2856				0,42					0,42						0,42	0,2							
126		2857,5															0,48								
127		2858				0,47																			
128		2860																							
129		2880-2940					0,5										0,8								
130	2944				0,41											0,41	0,41								
131	I	2940-3000				0,25										0,8									
132		3000-3060	0,24			0,24										0,24	0,8								
133		3060-3120				0,25										0,25									
134		3120-3180				0,22										0,22	0,22								
135		3180-3240				0,25										0,25									
136		3240-3300															0,24								
137		3300-3360						0,25								0,5									
138		3360-3420														0,25	0,7								
M 1	IV	1240																							
M 2		1262	0,27													1,1	0,27								
M 3	III	1306														0,5									
M 4		1331																							
M 5	II	1392														0,42									
M 6		1449														0,4									
M 7		1486														0,44									
M 8		1496				0,11										0,2	0,41								
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	ind		ind	alk?	ind?	alk	alk	Alk?	ind		Alk?				ind	Alk		
Halobien			ind	ind	ind	ind	ind	ind		hph	ind	ind	ogh?	ind	ind	ind		ind				hph	ind		
Saprobie				bms			bms	os					os?	os	bms							bms	bms		
Trophie				eut									eut?										eut		
O <sub>2</sub> -Affinität							sg	sg							sg							sr	sr		
Lebensform							Per	Per							Per								Per		

1fd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm	- var. producta	- spec. div.	Diplonasis	- elliptica	- var. ladogensis	- marginestriata	- oculata	- ovalis	- var. oblongella	- puella	- spec. div.	Epithemia	- argus	- var. longicornis	- hynnanni	- intermedia	- muelleri	- proboscidea	- sorex	- turgida	- var. granulata	- zebra	
101	V	2446																							
102		2453																				0,24			
103		2466								0,24													(0,7)		
104		2493																							
105		2508																	0,25				0,5		
106		2543																							
107		2523																							
108	IV	2538								0,25												0,5 (0,7)			
109		2548																				0,26	0,26		
110		2554																	0,24						
111		2569											0,3										0,5	0,3	
112		2595																							
113		2605																						0,47	2,9
114		2637																	0,23						
115	2678																0,23								
116	III	2693	0,45														0,45	0,5				0,45			
117		2704												0,3				0,5					0,45		
118		2744									0,3						(0,45)	0,45				0,45		0,3	
119	2738																	0,1							
120	II	2764								0,43									0,7			0,43			
121		2778-81																	0,6						
122		2788																	0,3			(0,14)			
123		2792																	1,6						
124		2806																				0,24			
125		2856				0,4					0,2	0,2											(0,5)		
126		2857,5											0,48												
127		2858																							
128	2860																							0,26	
129	I	2880								0,26															
130		2944																							
131		2940-3000																							
132		3000-3060																							
133		3060-3120																							0,5
134		3120-3180																							
135		3180-3240																							
136		3240-3300																							0,5
137		3300-3360												0,25									0,25		
138		3360-3420											0,25												
M 1	IV	1240								0,5					0,27										
M 2		1262											0,25												
M 3	III	1306					0,41			0,41															
M 4		1334								0,42									0,42						
M 5	II	1392								0,42		0,42							0,9						
M 6		1449				0,44							0,3						0,4			0,44			
M 7		1486					0,4				0,4			0,44					1,4						
M 8		1496																		0,2					
pH-Gruppe		Alk			ind	alk	alk	alk	alk	alk	ac			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	Alk	Alk	Alk	
Halobien		ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind			ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
Saprobie		bms			snx					snx				os?							bms	bms	bms	os/bms	
Trophie		eut								ind												eut			
O <sub>2</sub> -Affinität		sr																							
Lebensform		Per			Per/Tff	Per/Tff				Per	Per				Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund VON 246 - 3350 cm																						
		- var. porcellus	- var. saxonica	- spec. div.	Eunotia	- arcus	- var. fallax	- lunaris	- pectinalis	- spec. div.	Fragilaria	- brevistriata	- capucina	- var. mesolepta	- construens	- var. binodis	- var. subaolina	- var. venter	- crotonensis	- inflata	- intermedia	- lapponica	- leptostauron	
401	V	2446										0,23	0,7											
402		2453										0,24		0,24					2,2					
403		2466										5,0			0,5		1,0	0,7						
404		2493		0,25	0,7							1,0			0,25			0,25						
405		2508													0,7			0,25	4,0					
406		2543			0,25													(3,0)						
407		2523			0,23							2,5			0,7		(3,0)	1,4						
408	IV	2538									4,3			1,8		(2,8)								
409		2548		0,26							4,2						4,2	0,8						
410		2554					(0,5)				5,8						0,8							
411		2569			1,4						6,2			0,3			9,7	0,3						
412		2595			0,3						2,9						2,3	1,2						
413		2605		1,8	2,0					0,47	3,3				0,7	2,9	(2,1)	6,3						
414		2637		0,23													(1,2)	0,7						
415	2678			0,5												0,7	1,6	0,5				0,23		
416	III	2693	0,15						0,5	1,7	0,45		10,6	3,3	(2,9)	9,5	0,5				1,1	0,45		
417		2704								4,4		0,3	7,7	4,9	(7,7)	12,0	0,45				0,45	0,5		
418		2714			0,6					3,0			13,0	6,1	3,1	10,0	0,3						0,5	
419	2738								3,0			14,5	7,3	1,1	5,3								2,9	
420	II	2764		0,13						6,6			16,8	1,6	2,6	12,2	0,7	0,5					(5,5)	
421		2778-81			0,3					9,8			15,4	4,5	(4,4)	16,8	0,43						2,2	
422		2788	0,14		0,14					10,6			15,3	3,2	0,3	16,3								1,8
423	2792								12,4			11,8	2,6		7,1	0,3					0,1	7,8		
424	2806			0,24					2,2			1,4	0,5	1,0	1,4	0,7							0,24	
425	I	2856		0,2		0,12	0,12		0,12	3,1	0,2		8,0	7,1		17,3	0,5				2,8	0,8		
426		2857,5			0,18					1,8	0,4		2,4	0,9		11,1						1,5	1,5	
427		2858								2,6			1,6	0,5		14,7	0,3					2,1	3,8	
428		2860								1,8			1,8	1,0		19,1	0,26					1,9	6,7	
429		2870-2910								0,5			1,1	1,6		2,2	5,1		0,26					1,3
430		2944			0,2					7,1			10,8	2,2		14,6	0,3					0,5	3,6	
431		2946-3000								1,8			2,5	0,25		0,8	4,6							0,25
432		3000-3060	0,24		0,24					1,9			0,7	1,0			4,4							0,24
433		3060-3110								2,7			2,5				5,2							
434		3110-3160								2,3			0,4	0,4			3,8							
435		3160-3210			0,25					0,8			0,5				1,5							
436		3210-3260								2,7			1,0	0,5			2,2							
437		3260-3310			0,25					1,2			1,0	0,5			6,4							
438	3310-3350								1,5			2,7	0,5		1,5	4,0							1,5	
M 1	IV	1240	0,8		0,5					3,3								2,5						
M 2		1262								0,5			0,25				1,5	4,0					1,5	
M 3	III	1306		0,11	0,11					8,9			11,0	2,0	1,4	10,3							7,9	
M 4		1331			0,2					2,3			18,3	0,8		19,5							4,8	
M 5	II	1392								6,7			9,9	0,9		7,7	2,0						7,8	
M 6		1449			0,3					7,3			8,0	1,0	0,4	9,4			0,4				5,5	
M 7		1486			0,3					4,3			7,6	0,14	1,5	8,5	2,5		0,3				1,5	
M 8		1496								5,4			13,3	1,2	0,2	16,5	0,7						0,3	
pH-Gruppe		Alk	Alk			ac	ac	ind	ac		alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind?	alk		
Halobien		ind	ind			hpb	hpb	hpb	hpb		ind	ind	ind	ind	ind	hph	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
Saprobie		os/bms	os/bms					os/bms	os/bms		os	os/bms	os/bms	bms	os		os/bms	bms		bms			os?	
Trophie										eut	eut	eut	eut			met/olt	eut/met							
O <sub>2</sub> -Affinität									sr		sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr				sr	sr	sr	
Lebensform		Per	Per			Per	Per	Per	Per		Per	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ	Eup		Per		Per		

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																								
		- - var. dubia	- - var. rhomboides	- pinnata	- - var. lancettula	- virescens	- - var. oblongella	- - var. subaolina	- spec. div.	Gomphonema	- acuminatum	- - var. brébissonii	- - var. coronata	- - var. elongata	- - var. turris	- angustatum	- - var. producta	- constrictum	- - var. capitata	- intricatum	- - var. lunata	- - var. pumila	- - var. vibrio			
101	V	2446							1,4							0,23										
102		2453							0,24				0,5													
103		2466			1,0																					
104		2493			0,7					1,2						0,5		0,25								
105		2508								2,0								0,25				0,5				
106		2543									0,25															
107		2523			0,7					1,6	0,23					0,23										
108	IV	2538		0,5					2,8																	
109		2548		0,26					1,8																	
110		2554			6,6				1,7																	
111		2569			0,8				1,1						0,3								0,3			
112		2595			0,6				0,6																	
113		2605			0,7				6,1	0,5	0,17															
114		2637			0,5				1,2		0,5							0,7								
115	III	2678						0,7																		
116		2693			5,1				4,7		0,3						0,45									
117		2704			7,3				0,5														0,3			
118	2714			5,5				1,7																		
119	2738	6,9		7,6				2,2												0,1						
120	II	2764		5,1	1,2			2,1																		
121		2778-81			6,1				3,6																	
122		2788			10,0	0,9			8,5																	
123		2792			19,4				1,5																	
124		2806			2,0				0,7																	
125		2856	8,1	1,2	5,9	0,2			3,5		0,5							0,6						2,1		
126		2857,5	6,1		7,3				9,1						0,48											
127	2858	2,7		15,3				0,7																		
128	2860	10,2		25,3																						
129	2880-2910			1,1											0,26					0,5						
130	I	2944	6,7		1,0		0,2	4,8																		
131		2940-3000			1,0																			0,25		
132		3000-3060			1,5						0,24															
133		3060-3120			2,5				2,0																	
134		3120-3160			1,4						0,22															
135		3160-3210			1,8				0,5													0,25				
136		3210-3260			1,2				1,0																	
137		3260-3310			3,0				1,2	0,25											0,5					
138		3310-3360			2,7				2,8									0,25				0,25				
M 1		IV	1240			1,6												0,8								
M 2	1262				5,8				1,8			0,25												0,5		
M 3	III	1306			27,7			5,8																		
M 4		1331			14,0				3,5																	
M 5	II	1392			20,6			4,3																		
M 6		1449			15,8			4,1																		
M 7		1486	6,0		7,1				3,6																	
M 8		1496	6,2		16,9				4,6															0,11		
pH-Gruppe		alk?	alk	alk	alk	ind	ind			alk	alk	alk	alk?	ind?	alk	alk	alk	alk	alk	alk?	alk?	alk				
Halobien		ind?	ind	ind	ind			hph		ind	ind	ind	ind?		ind		ind	ind	ind	ind?	ind?	ind				
Saprobie		os?	os?	bms?		os?				bms	os?	os?			os		os/bms	os	sn							
Trophie				eut											eut		eut		eut							
O <sub>2</sub> -Affinität		ar?	sr	sr	sr	sr	sr	sr														sr?				
Lebensform		Per?	Per	Per	Per					Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	

Lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																					
		- lanceolatum	- var. insignis	- longiceps	- var. montana fo. suecica	- var. subclavata fo. gracilis	- parvulum	- spec. div.	Cyrosigma	- acuminatum	- attenuatum	- spec. div.	Hantzschia	- pseudomarina	- spec. div.	Mastogloia	- elliptica	- smithii	- var. amphicphala	- var. lacustris	- spec. div.	Melosira	- ambigua
101	V	2446																					
102		2453						0,24															
103		2466						0,5															
104		2493						0,25															
105		2508																					
106		2543																					
107		2523	0,5					0,23															
108	IV	2538					1,3					0,25										1,5	
109		2548					0,8																
110		2554																					
111		2569						4,3												0,3		0,5	
112		2595						0,3															
113		2605						1,4															
114		2637						1,7			0,23												0,7
115	2678						0,23										0,23					30,0	
116	III	2693					1,4		0,45		0,45											21,5	
117		2704																				11,1	
118		2714				0,45	0,45																12,4
119		2738					0,7			0,1													
120	II	2764						0,43															
121		2778-81					0,43																
122		2788													(0,4)				(0,4)				
123		2792					0,4			0,4													
124	2806					0,7																1,7	
125	I	2856	1,2				0,8									0,42		0,42					
126		2857,5																					
127		2858								0,17													
128		2860																					
129		2880-2910																					1,9
130		2944																0,2					
131		2940-3000						0,25															2,3
132		3000-3060																					2,4
133	3060-3140																					3,0	
134	3140-3160						0,4															1,6	
135	3160-3240																	0,25				2,0	
136	3240-3260						0,24															5,1	
137	3260-3340						0,7															2,0	
138	3340-3350			0,25																		2,0	
M 1	IV	1240					1,9	0,8															
M 2		1262					1,5															3,5	
M 3	III	1306					0,2			0,11												1,9	
M 4		1331																					
M 5	II	1392	0,2																				
M 6		1449																				0,3	
M 7		1486						0,44	0,3														
M 8		1496						0,3	0,2														2,1
pH-Gruppe		alk	alk	alk	alk	alk	alk		ind?	alk					Alk	alk	alk	alk				alk	
Halobien		ind		ind	ind	ind	ind		ind?	ind		mh?			mh/ind	mh/ind	mh/ind	mh/ind				ind	
Saprobie		os		os			ms			os/bms												os	
Trophie																						eut	
O <sub>2</sub> -Affinität					sr?		sv																
Lebensform		Per		Per	Per	Per	Per									Per	Per	Per				Eup	

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm	Taxonomic Characteristics																						
			- arenaria	- distans	- granulata	- var. angustissima	- fo. spiralis	- islandica	- subspec. helvetica	- italica	- subspec. subarctica	- juergensi	- undulata	- varians	- spec. div.	Meridion	- circulare	- var. constricta	Navicula	- anglica	- var. subsalsa	- bacilliformis	- bacillum	- cari	
101	V	2446			(3,0)	2,1																			
102		2453			10,6	13,8	4,2																	0,24	
103		2466			2,7	4,7	0,24												(0,7)					0,24	
104		2493			8,7	1,0	4,0								0,5									1,0	
105		2508			0,25	4,5	2,5																	0,5	
106		2513	0,25		4,5	4,5									0,5										
107		2523			4,4	2,1																			
108	IV	2538			8,1	7,3				0,5						0,25	0,45								
109		2548			0,8	2,9																		0,26	
110		2554			4,7	2,6				0,4														0,21	
111		2569			4,4	4,3			0,8						1,6										
112		2595				3,2																			
113		2605	0,47		0,5	5,1					2,3														
114		2637	0,5		4,7	1,2									0,7										
115	2678			3,7	25,0				(0,9)					0,23					0,23				1,2		
116	III	2693			(0,6)	4,1								4,2						0,23			0,45		
117		2704	(0,45)		(1,7)	12,7								1,7											
118		2714			(1,4)	9,1								1,1											
119		2738			4,7	20,2																			
120	II	2764												1,7						0,3	0,3	0,43	0,43		
121		2778-81			0,8									0,3											
122		2788			0,3																	0,44			
123		2792																							
124		2806			1,0	4,3			(0,7)																
125		2856																							
126		2857,5	0,48																						
127	2858																								
128	2860												1,8												
129	2880-2940			1,1	2,7								0,5												
130	2944				0,3																				
131	I	2940-3000	0,25		4,8	2,0		0,25						4,8							0,25				
132		3000-3040			2,4	3,6	0,5							4,0											
133		3040-3140			4,0	0,8								4,2											
134		3140-3160			4,1	2,0								4,4										0,22	
135		3160-3240			0,8	2,0			(0,25)																
136		3240-3340			1,9	3,1																			
137		3340-3350			3,0	3,5																			
138		3350			2,5	2,5			(1,0)		(0,5)				4,5										
M 1		IV	1240			9,5	4,1																		
M 2			1262	0,25			12,0								0,25										
M 3	III	1306						1,6						0,3	0,11			0,2							
M 4		1331																							
M 5	II	1392																							
M 6		1449			4,3	4,1														0,44		0,44			
M 7		1486			4,1									0,3							0,6				
M 8		1496			4,3	4,5								4,4							0,41				
pH-Gruppe					alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	alk?	alk?		alk	alk		alk		alk	alk				
Halobien					ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	mh	ind?		ind	ind		ind		ind	ind				
Saprobie					bms	ms	ms?		bms	os/bms			os/bms		os						sn				
Trophie					olt?	eut	eut	eut?	ind?				olt	eut?		eut						eut			
O <sub>2</sub> -Affinität															sr										
Lebensform			Per?	Typ	Eup	Eup	Eup	Eup	Eup	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ?	Per/Typ?	Typ		Per/Typ	Per/Typ					Per			

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																							
			- cincta	- clementis	- costulata	- cryptocephala	- var. intermedia	- var. veneta	- cuspidata	- decussis	- dicephala	- gastrum	- graciloides	- hungarica	- var. capitata	- var. lüneburgensis	- interglacialis	- jaernefeltii	- lacustris	- lanceolata	- menisculus	- modica	- mutica		
101	V	2446																							
102		2453									0,24														
103		2466																							
104		2493				0,5						0,25													
105		2508																						(4,0)	
106		2513										0,25								0,25				(4,5)	
107		2523																							
108	IV	2538																							
109		2548									0,26														
110		2554										0,6													
111		2569				0,3																			
112		2595				0,6																			
113		2605																							
114		2637																							
115	2678																0,23								
116	III	2693																					0,7		
117		2704									0,5				0,15							0,15	0,45		
118		2744									0,15				0,15										
119		2738			0,1																		0,1		
120	II	2764								0,43	0,13														
121		2778-84								0,43	0,4														
122		2788									0,44														
123		2792					0,1				0,3	0,4				(0,3)			0,1						
124	2806										0,5	0,5													
125	I	2856							0,12	0,12									0,4	(0,7)					
126		2857,5								0,48	0,4														
127		2858																							
128		2860																							
129		2880-2940																							
130		2944	0,11									0,3				0,11									
131		2940-3000										0,25													
132		3000-3060						0,24															0,24		
133	3060-3120										0,5													0,25	
134	3120-3180				0,4																		0,22		
135	3180-3240				0,25	0,25				0,25															
136	3240-3300				0,24				0,24													0,24			
137	3300-3360						0,25																		
138	3360-3350						0,25					0,25													
M 1	IV	1240			0,5					0,27	0,27												0,27		
M 2		1262					0,25					0,5													
M 3	III	1306					0,3																		
M 4		1331																							
M 5	II	1392									0,2											0,12			
M 6		1449						0,14			0,14											0,14			
M 7		1486						0,14			0,6	2,0				0,4						0,3			
M 8		1496						0,11																	
pH-Gruppe			alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	alk		alk	ind				alk	alk	alk		
Halobien			hph	ind	hph?	ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ogh	hph?	ind	ind		ind	ind			ogh	ind	ind	ogh	
Saprobie			ms	os		ams	os		bms	os	os	os		bms							sn	os			
Trophie						eut	eut	eut	eut													eut	eut		
O <sub>2</sub> -Affinität																									
Lebensform						Per	Per	Per	Per			Per									Per				

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm	- oblonga	- oppugnata	- peregrina	- var. kevingensis	- var. meniscus	- placentula	- fo. rostrata	- plicata	- pseudoscutiformis	- pseudotuscula	- pupula	- var. rectangularis	- radiosa	- var. tenella	- rhynchocephala	- var. elongata	- schönfeldii	- sclesviensis	- scutalloides	- seminulum	- tuscula	- fo. minor	
101	V	2446										0,9		0,23											
102		2453										0,24		1,0											
103		2466				0,24																			
104		2493	2,2	(0,25)									0,7												
105		2508	0,25										0,25			0,5	0,25							0,5	
106		2513																						0,25	
107		2523	0,23										1,4		0,23										
108	2538											0,5		0,7											
109	2548	0,26												0,5											
110	IV	2554	0,21									0,21			0,6		0,21								
111		2569	0,5											0,5										0,3	
112		2595	0,3										0,6												
113		2605	1,5						0,47				0,47												
114		2637	2,6													1,0						0,23			
115		2678											0,23		0,23		0,5		0,23					0,23	0,23
116		2693	0,45										0,45										0,15		
117	III	2704	0,15							0,15	0,15												0,15	0,15	
118		2714	0,15	0,5							0,5			0,15											
119		2738	0,1										0,3												
120	II	2764										0,3	0,13				0,13	0,3					0,13		
121		2778-81													0,13				0,3						
122		2788									0,44														
123		2792																1,6	0,4					0,5	
124		2806	0,24															0,24							
125		2856																				(0,42)			
126		2857,5											0,18											0,18	
127		2858											0,17												
128	2860																								
129	2860-2870																								
130	I	2944	0,11				0,41	0,41				0,11					(0,6)					0,11	0,2		
131		2870-3000											0,8	0,5	0,25			0,25							
132		3000-3050	0,7															0,24							
133		3050-3110													0,5									0,25	0,25
134		3110-3160											0,7	0,7											
135		3160-3210											0,25	0,25										0,25	
136		3210-3260	0,24						0,24				0,24		0,24										
137		3260-3310							0,25				0,25												
138		3310-3350	0,25																						
M 1		IV	1240	1,1											0,27									0,5	
M 2	1262		0,25					0,25				0,25											1,0		
M 3	1306																								
M 4	III	1331																	0,5				0,2		
M 5		1392																	0,4						
M 6	II	1449	0,14					0,14										1,0						0,3	
M 7		1486	0,3																				0,6	0,14	
M 8		1496	0,11																						
pH-Gruppe		alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	ind	alk	ind	ind	ind	ind?	alk	alk	ind	Alk	alk	Alk	Alk	Alk	Alk	
Halobien		ind	ind	mh	mh	mh	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
Saprobje		sxn								sxn?	bms	bms	os/bms	ms				sxn	ms	sxn					
Trophie		eut											eut	eut			eut				eut	ind?	eut		
O <sub>2</sub> -Affinität																						sm			
Lebensform		Per										Per	Per	Per	Per	Per	Per		Per						

Lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																									
			- ventralis	- viridula	- vitabunda	- vulpina	- spec.	- spec. div.	Neidium	- dubium	- iridis	- fo. vernalis	- spec. div.	Nitzschia	- acicularis	- acula	- amphibia	- angustata	- - var. acuta	- capitellata	- denticula	- dissipata	- epithemioides				
101	V	2446																									
102		2453					0,5	2,0									0,7										
103		2466																									
104		2493							0,25																		
105		2508							0,25																		
106		2513							0,25	1,3																	
107		2523								0,9																	
108	2538							0,25																			
109	2548							0,26	1,0																		
110	IV	2554						0,6	0,21																		
111		2569							0,5																		
112		2595								0,6																	
113		2605								1,0																	
114		2637								1,0					0,23												
115	2678													0,23													
116	III	2693				0,15			0,7																		
117		2704							0,5																		
118		2714								0,7																	
119	2738											0,1						0,1									
120	II	2764							0,3								0,13										
121		2778-81								0,6																	
122		2788								0,3																	
123		2792																									
124		2806												0,24													
125		2856								0,7								0,5									
126		2857,5								1,3																	
127		2858								0,17																	
128	2860								1,0			0,5	0,26														
129	2880-2910								0,5				0,26				0,5										
130	I	2944							0,5		0,11																
131		2940-3000																0,25									
132		3000-3060								0,24								0,24	0,24								
133		3060-3120								0,8													0,25				
134		3140-3160																	0,22								
135		3160-3210																									
136		3210-3260																									
137		3260-3310								0,5									0,25								
138		3310-3350																									
M 1	IV	1240											0,27			0,27											
M 2		1262								0,8																	
M 3	III	1306							0,3									0,11									
M 4		1331																									
M 5	II	1392							0,4																		
M 6		1449							0,14																		
M 7		1486							0,8										0,14								
M 8		1496							0,4										0,11			0,11					
pH-Gruppe			ac	alk	alk	alk						ind?	ind	ind			alk	alk	alk?	alk	ind	alk	Alk?				
Halobien			ind	ind		ind							ind?	ind			ind	ind		ind	hph	ind	ind				
Saprobie				os/		os							os			bms	ams			ms							
Trophie				eut												eut	eut								eut		
O <sub>2</sub> -Affinität																	sm					sr	sr				
Lebensform				Per												Eup	Per				Per/	Typ		Per			

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																						
		- frustulum	- - var. subsalina	- gandersheimiensis	- gracilis	- hantzschiana	- heufferiana	- inconspicua	- linearis	- microcephala	- palea	- - var. debilis	- paleacea	- pusilla	- recta	- romana	- sinuata	- subtilis	- tryblionella	- - var. levidensis	- vitrea	- spec. div.		
101	V	2446																						
102		2453	0,5						0,24													0,24		
103		2466															0,24			0,5				
104		2493	0,25																				0,25	
105		2508	0,5																				0,5	
106		2543							0,25															
107		2523	0,23																					
108	2538																					0,25		
109	2548								0,5													0,8		
110	IV	2554			0,4			0,24														0,4		
111		2569																				0,3		
112		2595																				0,3		
113		2605																	0,47			1,0		
114		2637																	0,23			0,23		
115	2678																							
116	III	2693	0,5											0,45								0,5		
117		2704	0,5						0,45													0,45		
118		2744				0,45																	0,45	
119		2738																					0,1	
120	II	2764						0,4																
121		2778-84						0,7																
122	2788																							
123	2792							0,4														0,3		
124	2806	0,7																				0,7		
125	2856													(0,12)								0,2		
126	2857,5																							
127	2858																							
128	2860																					0,5		
129	2880-2940				0,5																	1,1		
130	2944							0,2																
131	2940-3000																							
132	I	3000-3060								0,24		0,24												
133		3060-3120														0,25						0,25		
134		3120-3160	0,22																				0,22	
135		3160-3240						0,25		0,25													1,3	
136		3240-3260				0,24																	1,0	
137		3260-3340								0,25														
138		3340-3350	0,25																				0,7	
M 1	IV	1240																				0,5		
M 2		1262																					0,8	
M 3	III	1306						0,4														0,1		
M 4		1334																					0,12	
M 5	II	1392																				0,2		
M 6		1449							0,6													0,6		
M 7		1486							0,14															
M 8		1496																					0,3	
pH-Gruppe		alk	alk?	alk?	ind	ind		alk	alk	alk	alk?		alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	alk	
Halobien		hph	hph	ind	ind	ind?		ind	ind	ind	ind?		ind	ind	hph	hph	mh							
Saprobie								os	ms	ams	ams?		os/bms											
Trophie		eut						eut		eut	eut?		eut?											
O <sub>2</sub> -Affinität		sm			sr			sr						sr										
Lebensform		Eup/Typ						Per		Per/Typ	Per/Typ								Per/Typ	Per/Typ				

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																							
			Opephora	- martyi	Pinnularia	- borealis	- brébissonii	- gibba var. linearis	- microstauron	- fo. biundulata	- molaris	- spec. div.	Rhopalodia	- gibba	- parallela	- spec. div.	Stauroneis	- cf. pseudosubobtusoides	- smithii	- var. minima	- spec. div.	Stephanodiscus	- dubius	- hantzschii	
101	V	2446				0,5							0,7										0,23	12,1	
102		2453											1,2										2,0	7,9	
103		2466									0,24		1,5										1,0	13,6	
104		2493	0,25						0,7				1,2										0,5	4,0	
105		2508	0,25										1,5										1,0	8,5	
106		2543	0,5						0,8				0,5										0,5	23,7	
107		2523											0,7										3,3	3,7	
108	2538	0,7										1,3										1,0	0,7		
109	2548											0,26										0,26	1,6		
110	IV	2554	0,4									0,6										0,24	3,8		
111		2569	0,3									0,3	0,3										11,1		
112		2595																					0,3	1,7	
113		2605	1,2						0,17				0,17											0,5	
114		2637	1,7				0,5																	0,7	
115		2678	1,4										0,23										1,3	1,7	
116		2693	3,4										0,3											2,0	
117	III	2704	6,9									0,45											1,7		
118		2714	6,5									0,5	0,45										2,5		
119		2738	3,8									0,3											1,2		
120	II	2764	8,0					0,13															0,13		
121		2778-81	2,9																					1,9	
122		2788	4,1																						
123		2792											0,1 (0,1)												
124		2806	0,9										0,24										2,2	13,5	
125		2856	1,6										1,2											0,4	
126		2857,5	1,8										0,18												
127		2858	(4,1)										0,17					0,17						0,5	
128		2860	2,9																					1,3	
129		2860- 2940																					1,6	18,6	
130	I	2944	0,8									0,11											0,8		
131		2940- 3000										0,5											2,0	16,0	
132		3000- 3060										0,5											2,2	14,5	
133		3060- 3120	1,0																				3,0	10,7	
134		3110- 3160	1,8										0,22 (0,22)										1,1	22,6	
135		3160- 3240	2,0										0,8										2,0	24,8	
136		3240- 3300	0,24																				2,4	17,9	
137		3300- 3340	0,25										0,5										2,7	18,8	
138		3340- 3350											0,25										1,5	16,7	
M 1		IV	1240	0,5							0,5		1,1											1,6	
M 2	1262										0,5		0,8											2,0	
M 3	III	1306	1,8																				1,5		
M 4		1331	0,8																						
M 5	II	1392	0,4									0,12											0,2		
M 6		1449	3,4								0,14		0,14									0,14	1,5		
M 7		1486	2,4										0,8										0,14	0,14	
M 8		1496	0,8											(0,11)									0,11	1,9	
pH-Gruppe			alk	ind	ind	ind	ind	ind	ind			alk	Alk		alk?	alk	alk				Alk?	alk			
Halobien			ind	ind	ind	ind	ind	ind	ogh			ind	hph			ind	ind				hph/ ind	ind			
Saprobie			snx	os								os										os?	bms		
Trophie			eut/ met	eut?								eut										eut	eut		
O <sub>2</sub> -Affinität						sm						sm	sr				sr?	sr?							
Lebensform			Per	Per	Per?							Per	Per									Eup	Eup		

lfd. Nr.	Zone	Tiefe unter Seegrund von 2446 - 3350 cm																					
		- minutula	- rotula	- spec. div.	Suirella	- biseriata var. bifrons	- delicatissima	- linearis	- moelleriana	- spec. div.	Synedra	- acus	- var. angustissima	- amphicephala	- var. austriaca	- capitata	- minuscula	- nana	- parasitica	- rumpens	- tabulata var. fasciculata	- ulna	- var. denica
101	V	2446	14,1		0,7							1,2							0,5		0,9	0,23	
102		2453	8,9	4,2								5,2			0,5				0,24		1,0	1,7	
103		2466	12,1	0,24								6,4							0,24	0,5		1,0	1,2
104		2493	7,0	0,5							2,0	1,2			0,7				0,5	0,5		7,2	0,5
105		2508	2,7	0,25							5,4				0,25								
106		2543	5,3								0,8	6,1			0,25							0,25	1,8
107		2523	3,5								2,8	0,23			1,4							1,6	2,1
108	IV	2538	2,3							1,5				0,7							0,7		
109		2548	3,4							5,5	0,5			0,5								2,9	2,9
110		2554	2,7							1,5	0,4			0,6					1,1				4,4
111		2569	7,0											0,3									3,2
112		2595	8,1								0,6				0,3								0,3
113		2605	8,1								0,17				0,7	0,8							5,6
114		2637	2,6								2,8				0,7					0,7		10,3	1,4
115	2678	1,9								0,5												0,23	
116	III	2693	7,0	0,45	0,45					0,45								0,45				0,7	
117		2704	1,7							0,3	0,3								0,45	0,5		0,5	
118		2744	3,3		0,45					0,45									0,3				0,5
119		2738	2,6	1,0															0,3				0,6
120	II	2764	0,4															0,13				0,13	
121		2778-81								0,3					0,3							0,13	
122		2788			0,4																		
123		2792																	0,7				
124	I	2806	6,3							8,2													
125		2856	0,2			0,42					0,4			1,2				1,5	0,2				
126		2857,5									0,4				0,4								
127		2858	0,3								0,3				0,17								
128		2860									0,26				0,5								
129		2880-2940	7,0	0,5	0,26							0,8											1,9
130		2944	0,3													0,2			0,2				
131		2940-3000	8,9								2,3				0,25								1,0
132		3000-3060	9,4								2,4												1,0
133		3060-3120	8,6	0,25							2,5	1,2			0,25								0,5
134	3120-3180	7,7	0,22							2,5	1,4							0,4				0,4	
135	3180-3240	7,8								1,0	3,3			0,8								0,5	
136	3240-3300	10,1	0,24							2,9	0,5							0,24				0,5	
137	3300-3360	6,6	0,5							2,0				0,25								1,0	
138	3360-3350	7,6								1,5	3,2											0,25	
M 1	IV	1240	6,0							2,5	3,0			0,8							3,8	1,6	
M 2		1262	2,0												0,25				1,3			1,3	0,5
M 3	III	1306	0,6																0,11				
M 4		1331	0,2																	0,12			
M 5	II	1392			0,12														0,2				
M 6		1449	1,3																0,4			0,14	
M 7		1486																	0,3			0,4	
M 8		1496	2,6								0,2												0,11
pH-Gruppe		Alk?	alk			alk	ind?	ind			alk	alk	alk	alk?	alk	ind	ind?	alk	ind	ind	alk?	ind	
Halobien		ind	ind			ind		ind			ind	ind	ind	ind?	ind	ind	ind	ind	ind	mh	ind	ind	
Saprobie		sxn?				os					os/bms		os					bms		bms	os/bms		
Trophie		eut	eut								eut		eut/met		eut?							eut	
O <sub>2</sub> -Affinität										sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	
Lebensform		Eup	Eup							Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ	Per/Typ	Typ?	Per	Eup	Per	Per	Per	Per	Eup	Eup	





**Tafel I: Der Tegeler See.**



**Abb. 1: Die Bucht "Kleine Malche", Februar 1982.**



**Abb. 2: Blick vom Westufer über den Bohrort "Seemitte" Richtung Tegel, Juli 1985.**

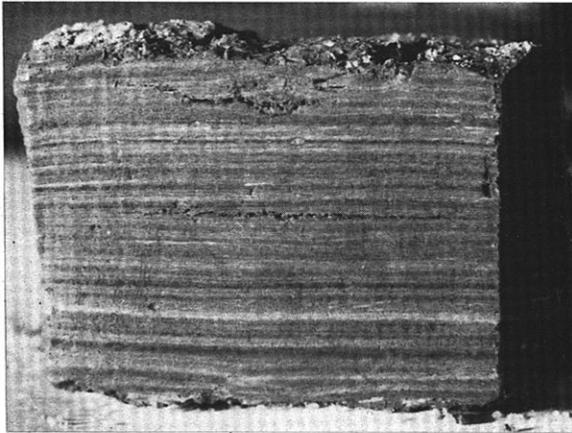


Abb. 3: Helle Frühjahrsschichten wechseln mit dunklen Lagen der übrigen Jahreszeiten ab.

Sedimenttiefe: 27,75-27,775 m  
Ø der hellen Schichten bis maximal 0,5 mm.

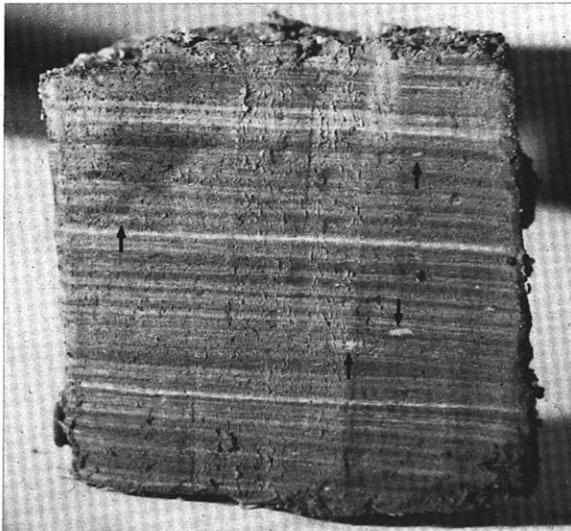


Abb. 4: Deutlich sichtbar sind die hellblauen Einschlüsse von Vivianit, helle Flecken im Bild, siehe Pfeile (Vivianit:  $\text{Fe}_3(\text{PO})_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ , Blaufärbung nach Oxidation der ursprünglich farblosen bis weißen Kristalle).

Sedimenttiefe: 27,775-27,81 cm

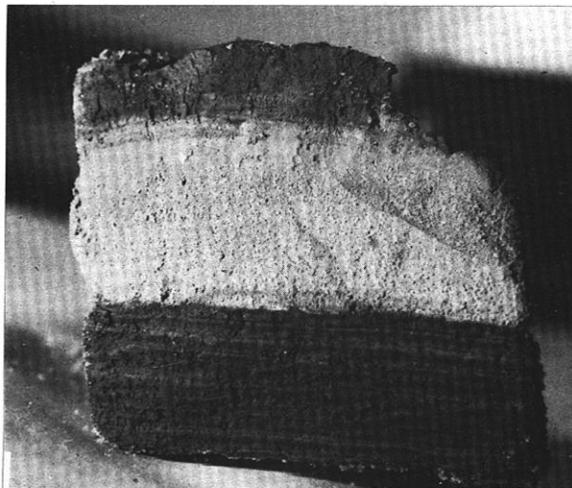


Abb. 5: Tephralage der Laacher Eruption von 11 350 a.b.p.

Sedimenttiefe: 27,945-27,978 m

Die hellbraune bis dunkelbraune Färbung des Sedimentes entsteht sekundär durch Oxidation der ursprünglich tiefschwarzen Tonmudde.

Tafel III: Melosira.

Abb. 6: *Melosira granulata* und  
*Melosira granulata* var. *angustissima*, Präboreal.

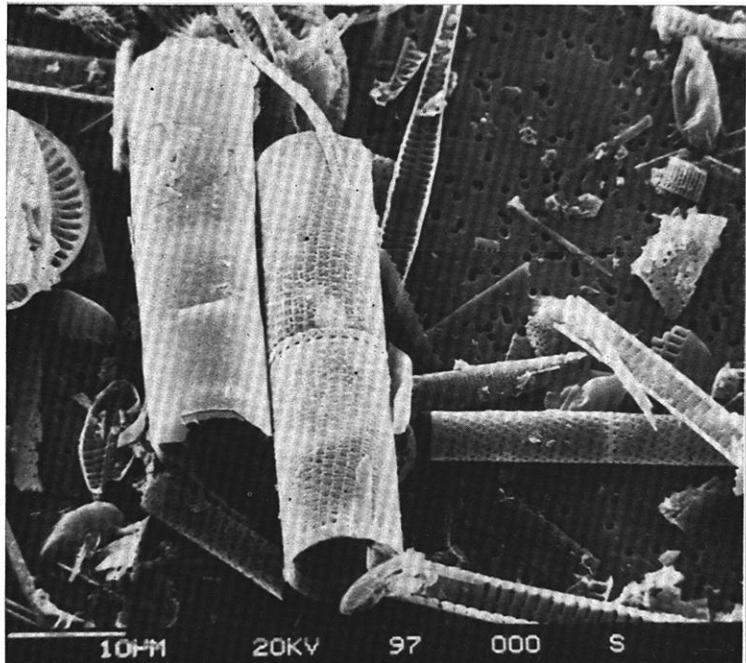


Abb. 7: *Melosira granulata*, Endzelle  
mit langen Dornen, Präboreal.

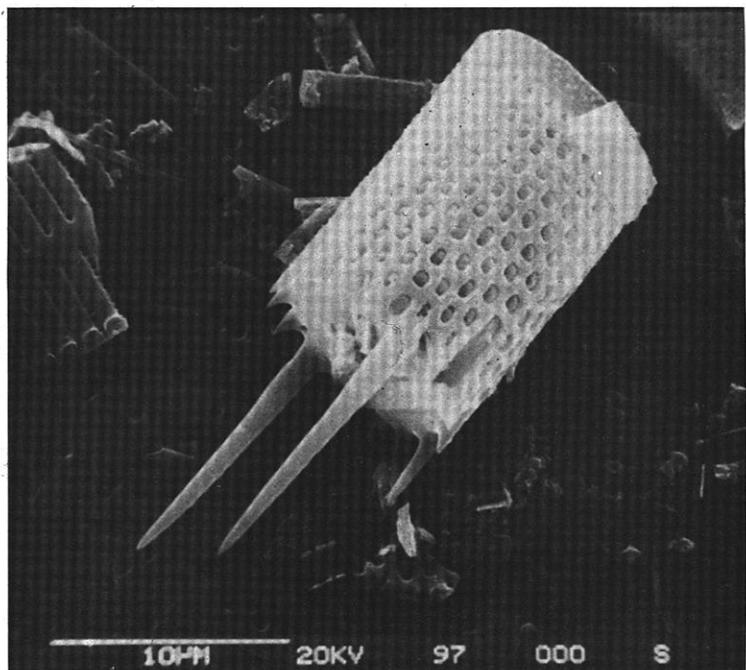
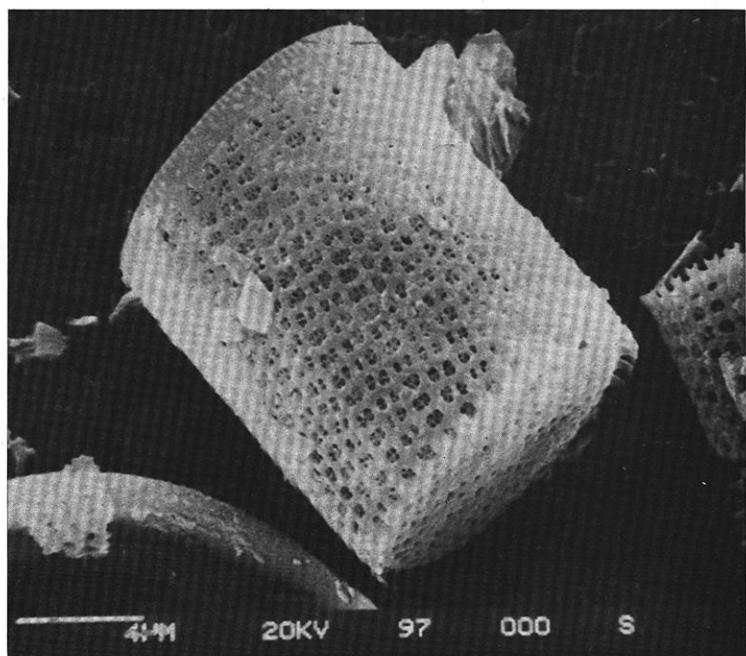


Abb. 8: *Melosira granulata*, Discus-  
fläche "punktiert", Randzähne,  
Präboreal.



Tafel IV: Melosira.

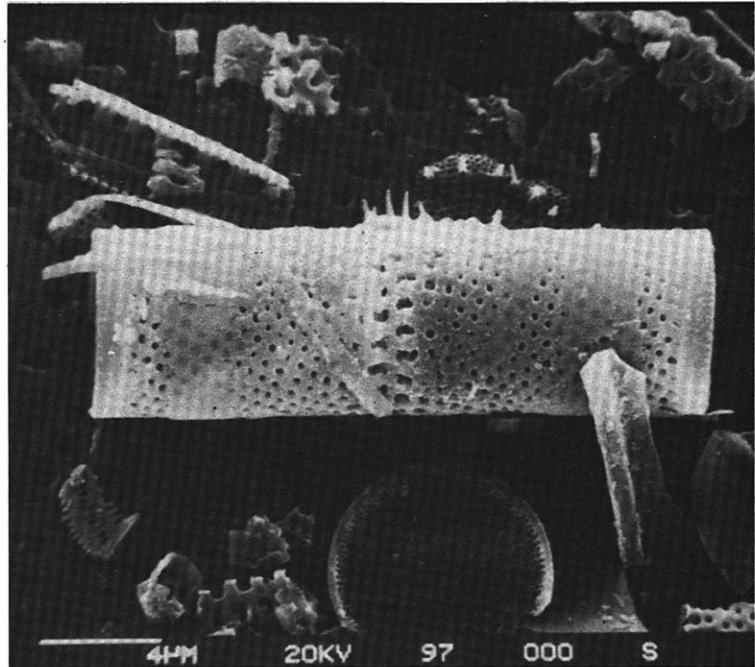


Abb. 9: *Melosira italica*, Präboreal.

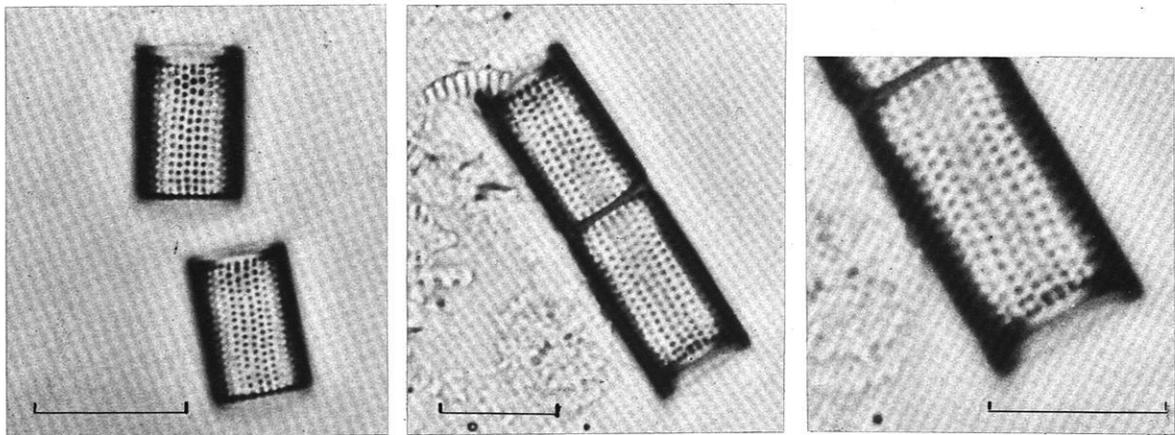
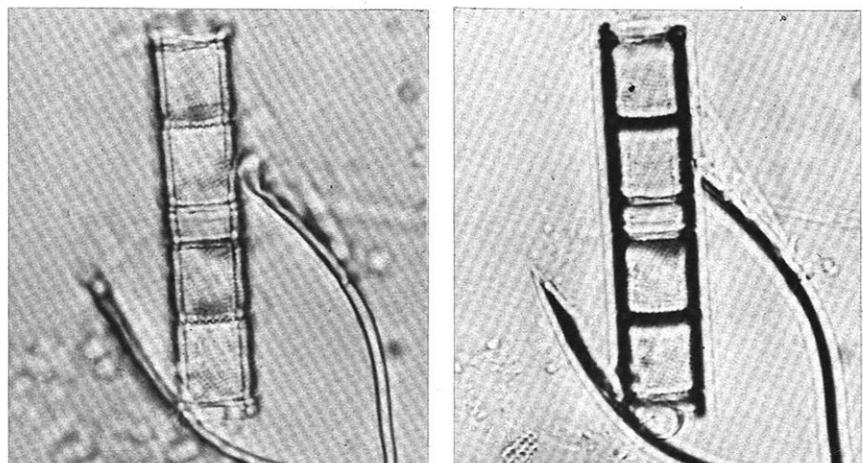


Abb. 10: *Melosira islandica*, Jüngere Dryaszeit.

10  $\mu$

Abb. 11: *Melosira ambigua*,  
Subatlantikum.

15  $\mu$  



Tafel V: Cyclotella.

Abb. 12: *Cyclotella ocellata*,  
Jüngere Dryaszeit.

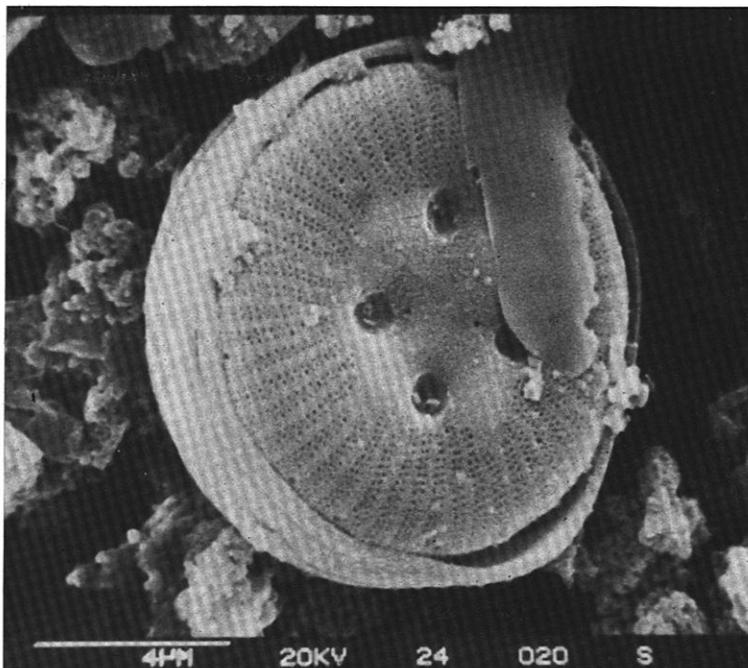


Abb. 13: *Cyclotella ocellata*, Ø 18 μm,  
Spätpleistozän.

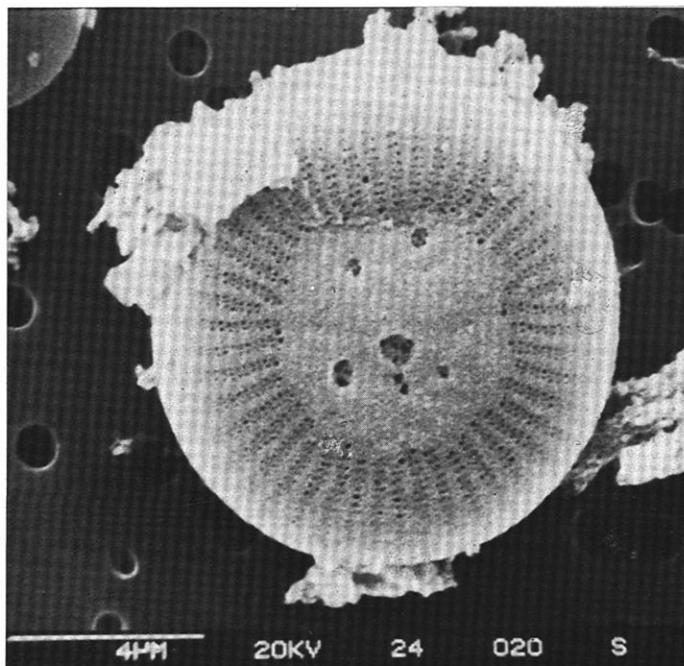
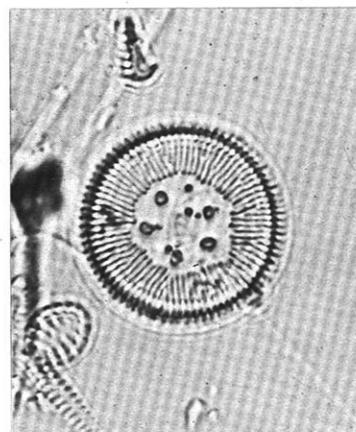


Abb. 14: Übergangsform zwischen *Cyclo-*  
*tella ocellata* und *Cyclotella küt-*  
*zingiana* var. *planetophora*, Jün-  
gere Dryaszeit.

Tafel VI: Cyclotella.

Abb. 15: *Cyclotella cf. atomus*,  
Atlantikum, Zone VII.

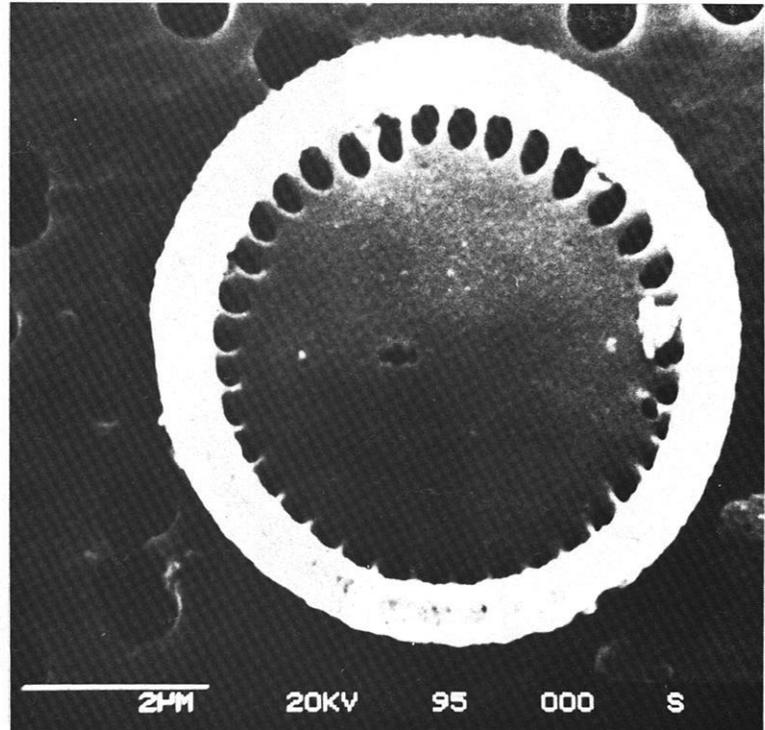
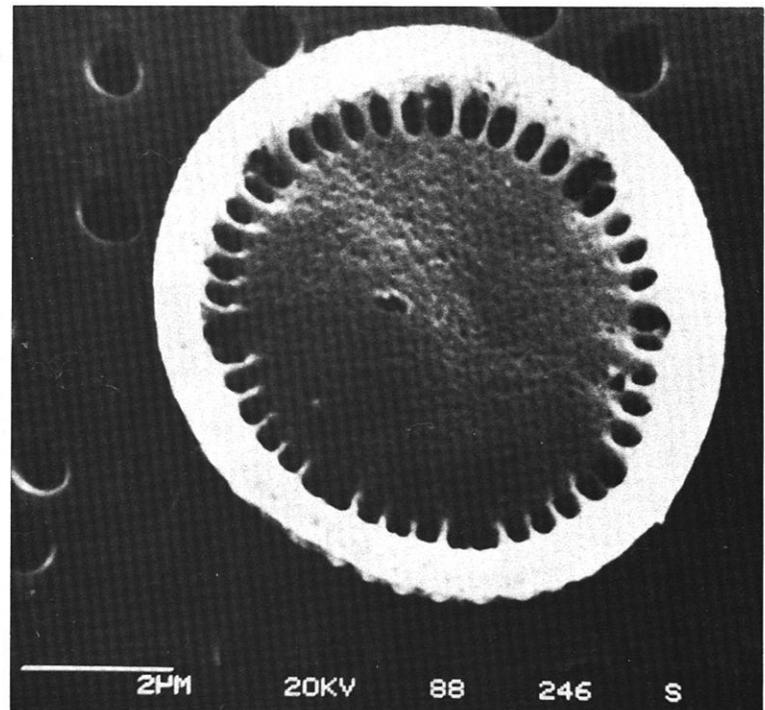
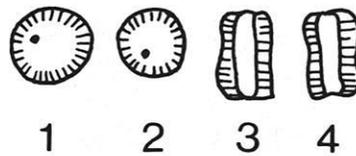


Abb. 16: *Cyclotella cf. atomus*,  
Atlantikum, Zone VII.



"*Cyclotella atomus nov. spec.* - Sehr kleine Form. Schalen nur etwa 4 bis 5  $\mu$  im Durchmesser. Randzone etwa 1/5 bis 1/4 Schalendurchmesser breit, radial gestreift, Streifen etwa 16 bis 18 in 10  $\mu$ , jede 5. oder 6. Rippe ist stärker verdickt. Mittelfeld glatt, aber mit einem isolierten, der Randzone genäherten Stigma. Schalen exzentrisch gewellt (nur in Gürtelbandansicht zu erkennen). Gürtelbandansicht rechteckig, Schalenmantel etwa 1  $\mu$  hoch, die verdickten Rippen sind auch hier deutlich zu erkennen. Taf. IX, Fig. 1-4." (HUSTEDT 1939: 143).



Tafel VII: Cyclotella.

Abb. 17: *Cyclotella cf. kützingiana* var.

Verschiedene Formen aus dem Atlantikum, Zone VII.

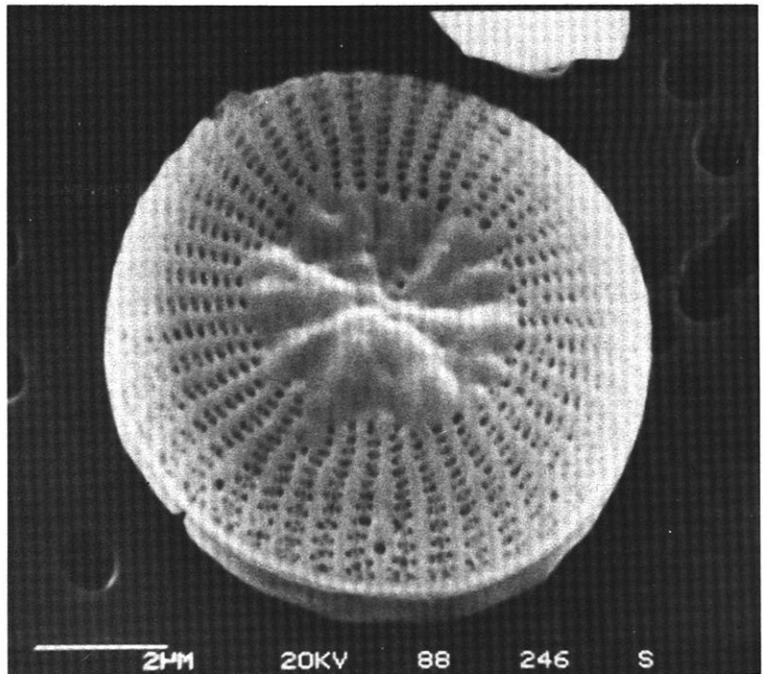


Abb. 18: *Cyclotella cf. kützingiana* var.

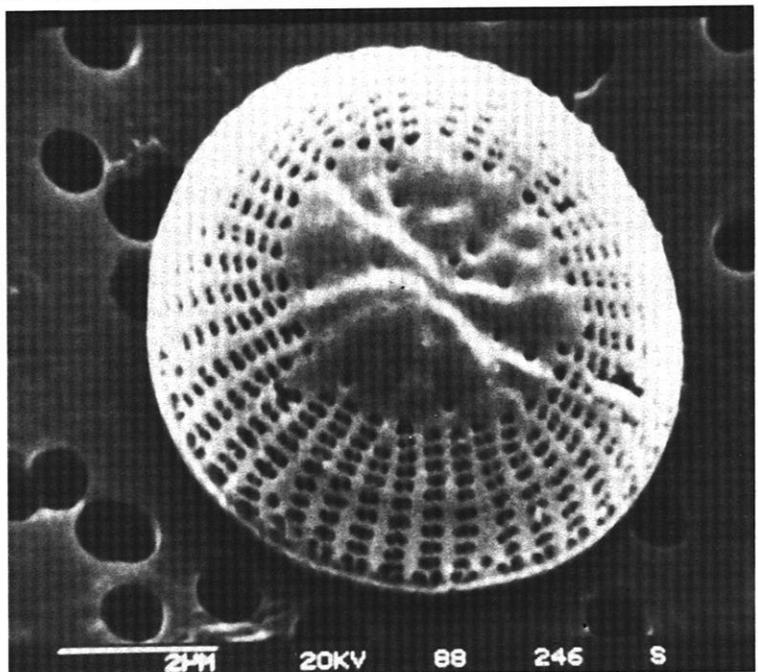
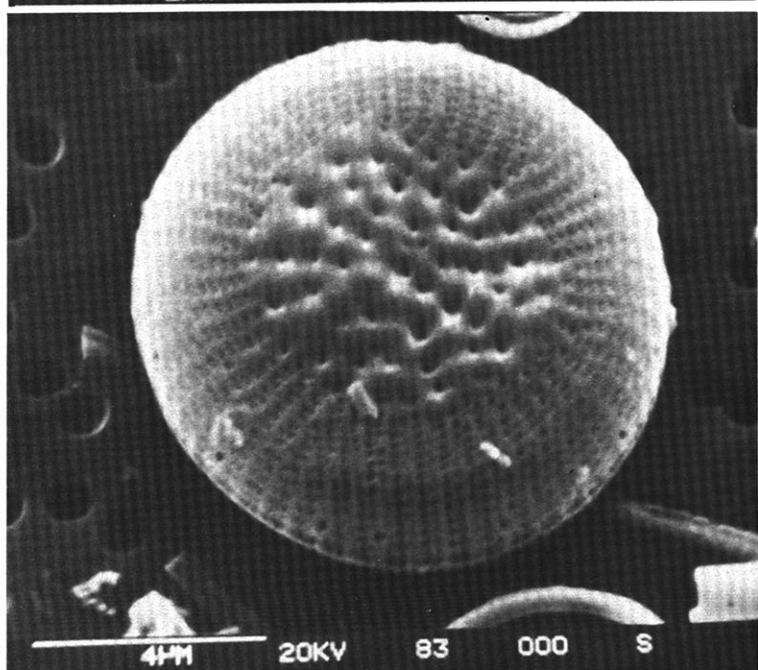


Abb. 19: *Cyclotella cf. kützingiana* var.





Tafel VIII: Stephanodiscus.

Formenkreis *Stephanodiscus hantzschii*  
19,45 m Sedimenttiefe, Atlantikum

Abb. 20: Feinstrukturierte Schale.

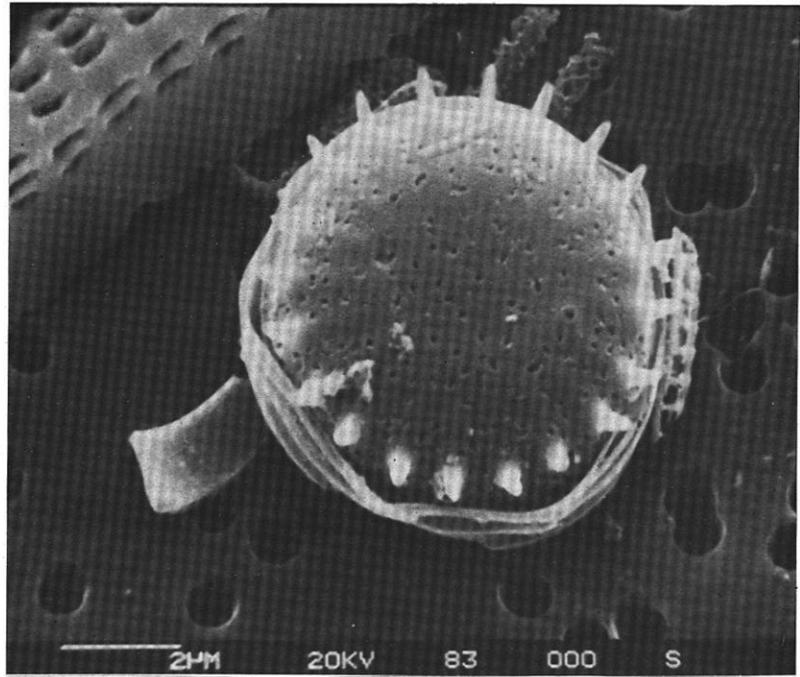


Abb. 21: Grobstrukturierte Schale.

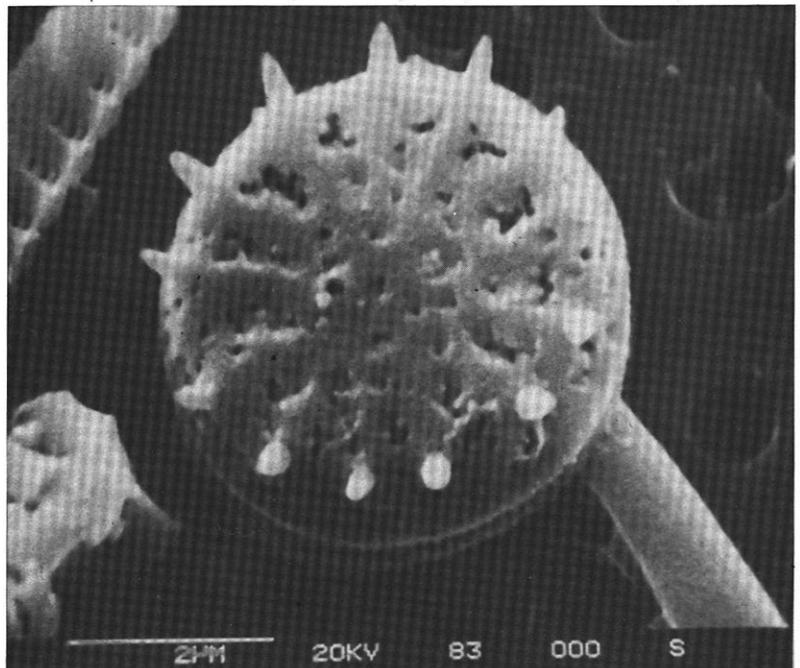
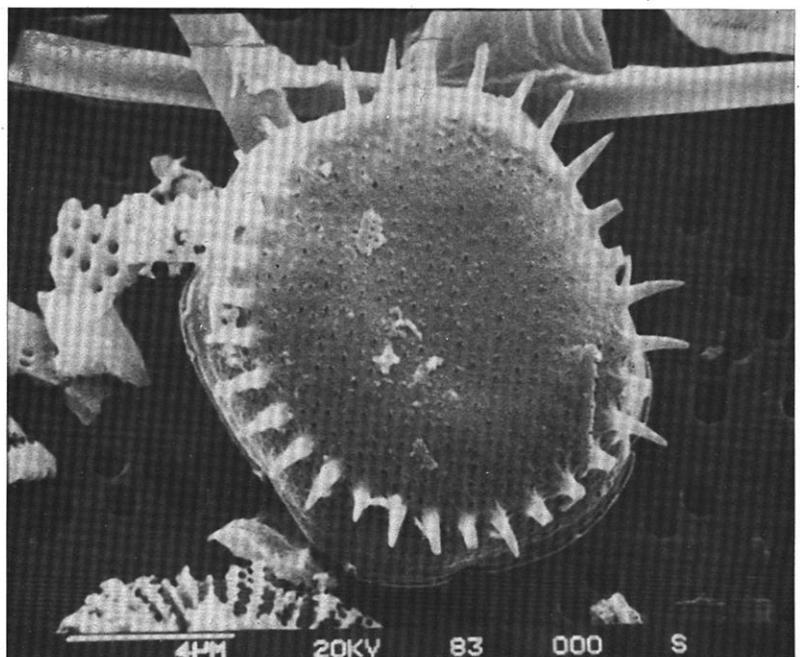


Abb. 22: Sporangiale Form.



Tafel IX: Diatomeen aus den spätpleistozänen Sanden der Profilbasis.

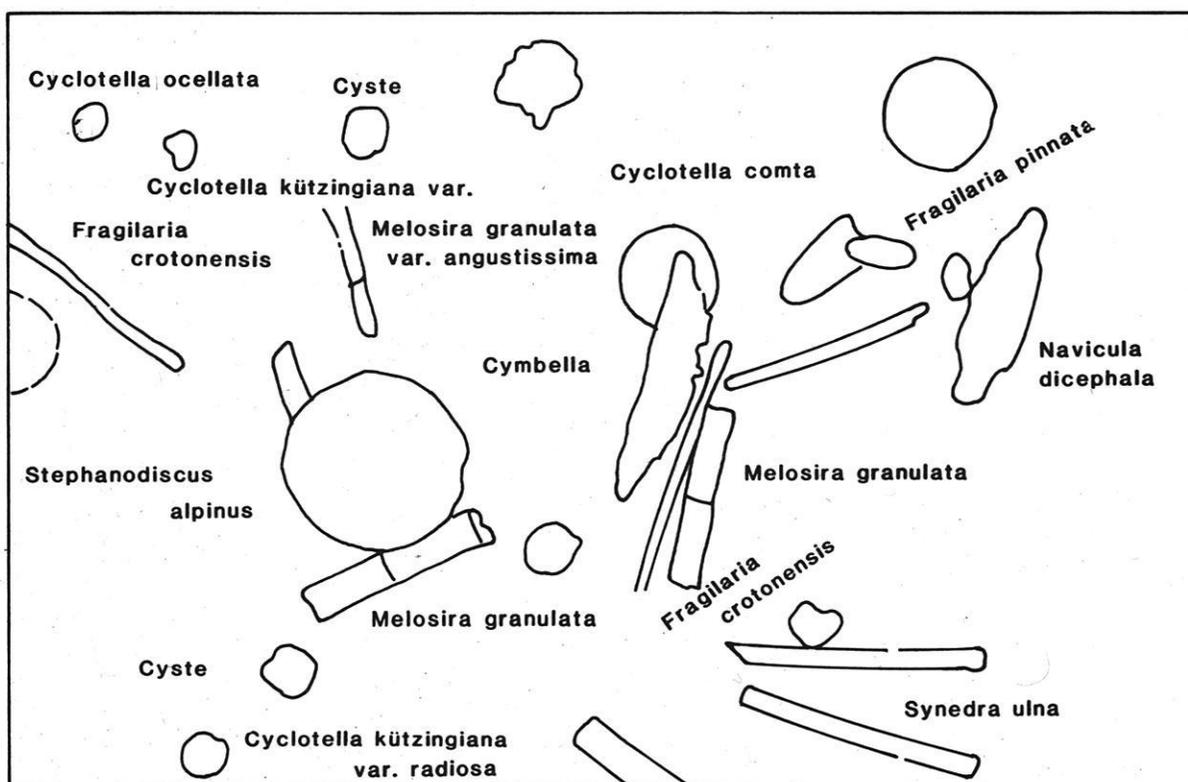
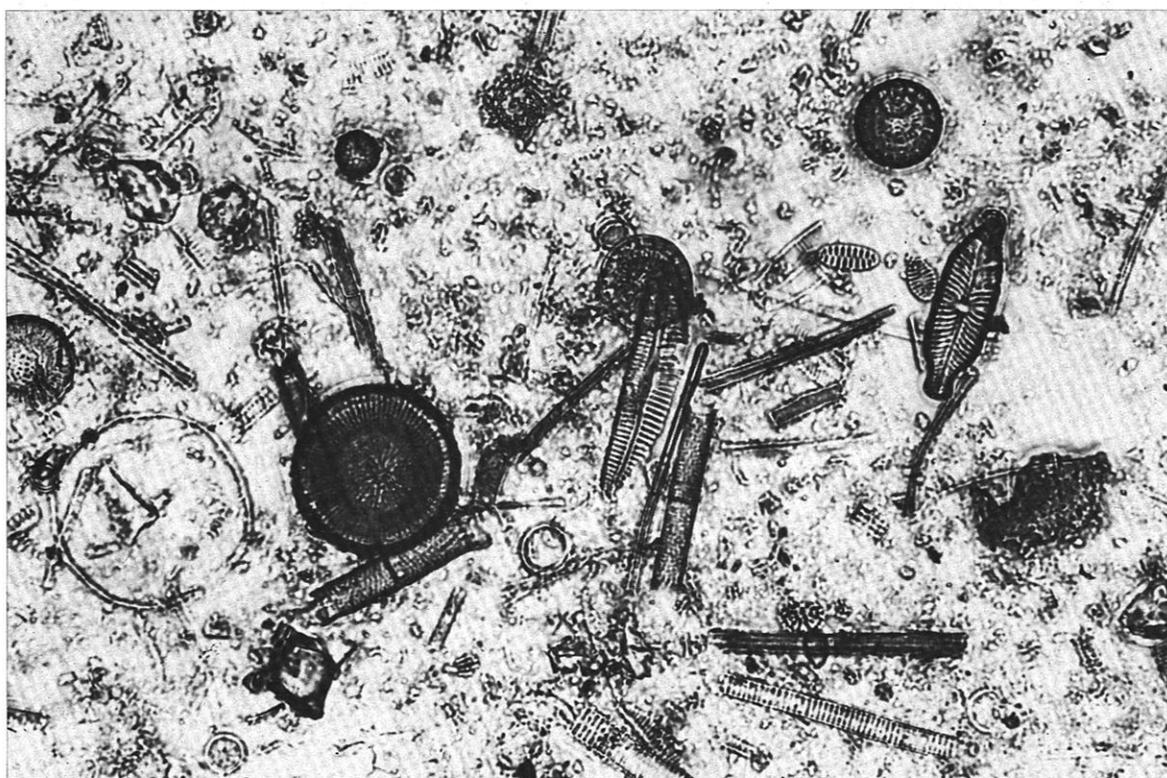


Abb. 23: 32,60 m bis 33,10 m Sedimenttiefe.

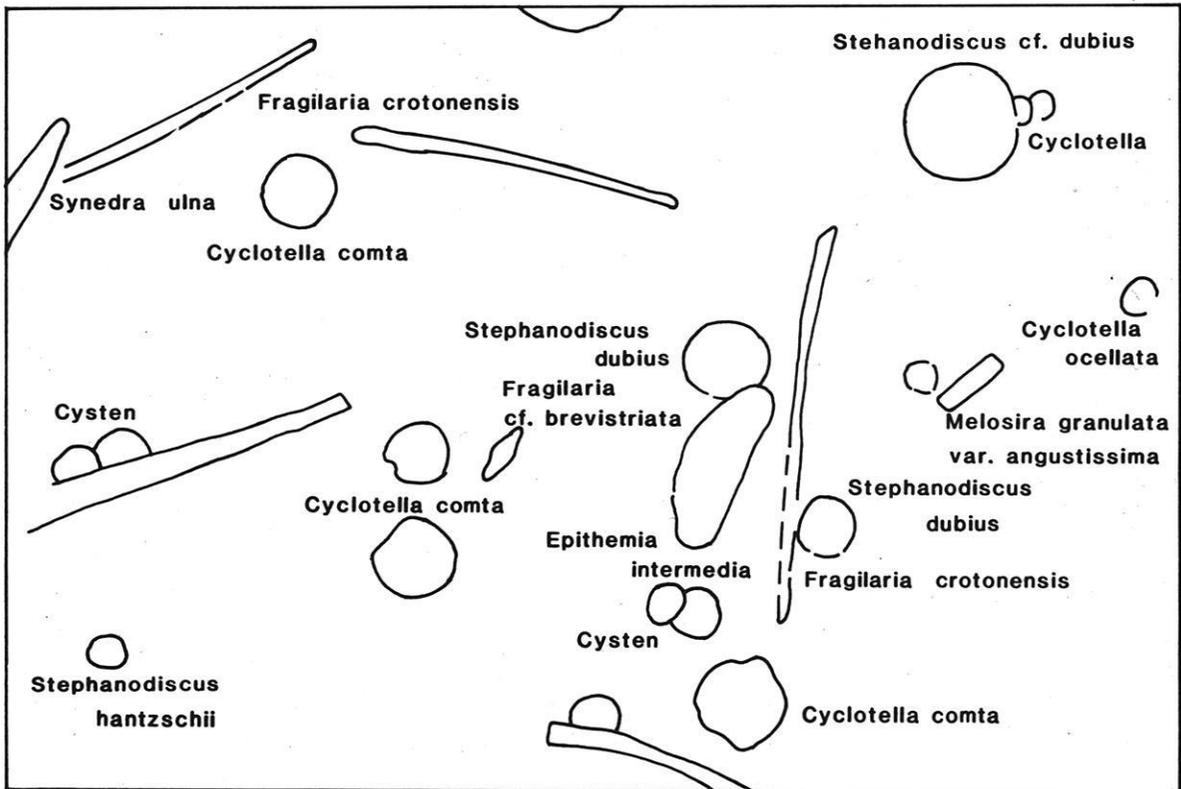
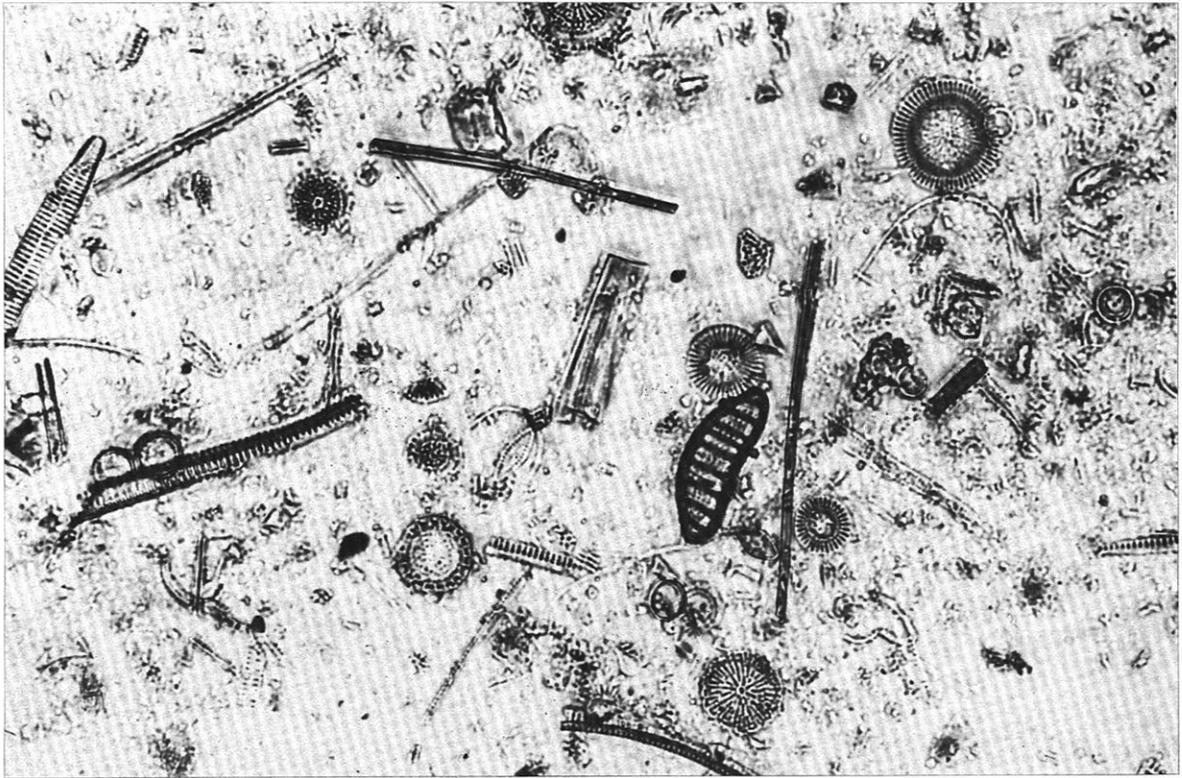


Abb. 24: 32,60 m bis 33,10 m Sedimenttiefe.

Tafel X: Litoraldiatomeen der organogenen Zwischenlage.

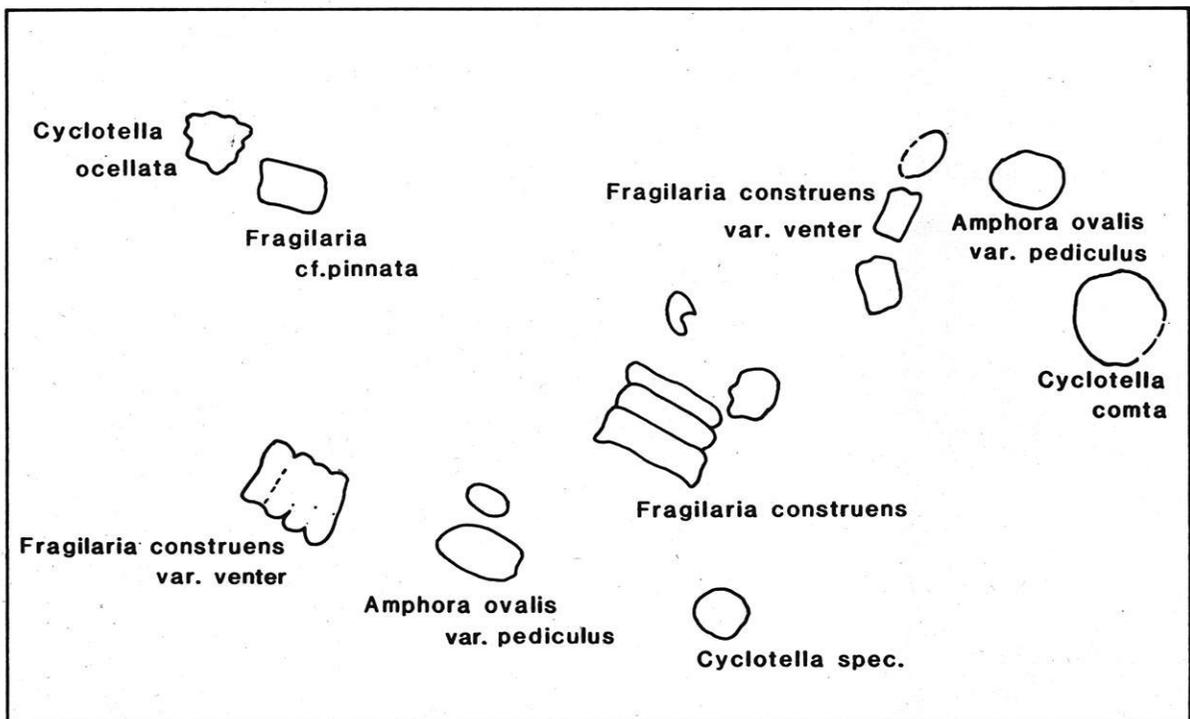
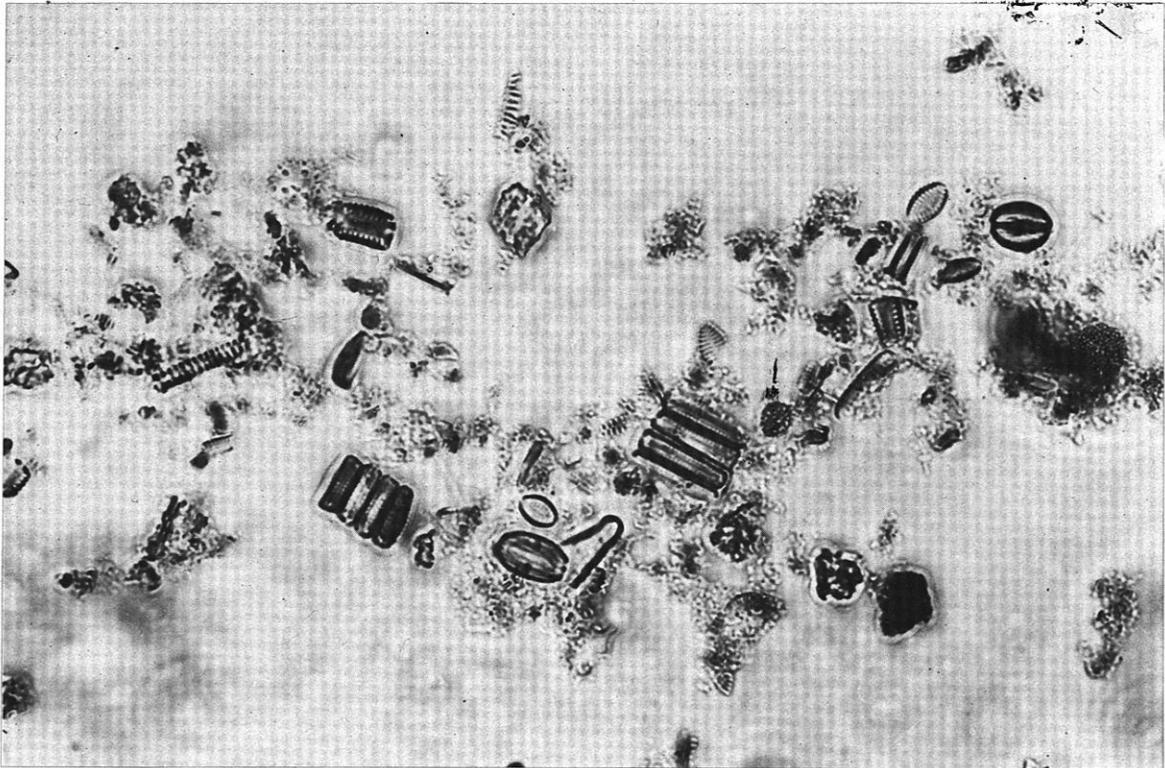


Abb. 25: 29,44 m Sedimenttiefe.

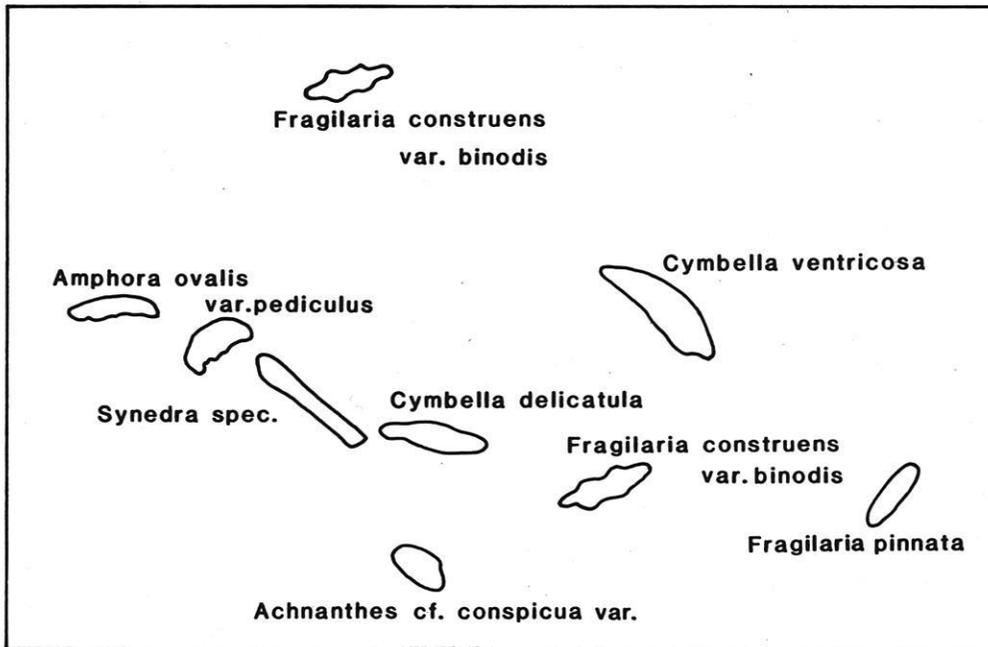


Abb. 26: 29,44 m Sedimenttiefe.

Tafel XI: Spätpleistozäne Diatomeen aus den ältesten Tonablagerungen.

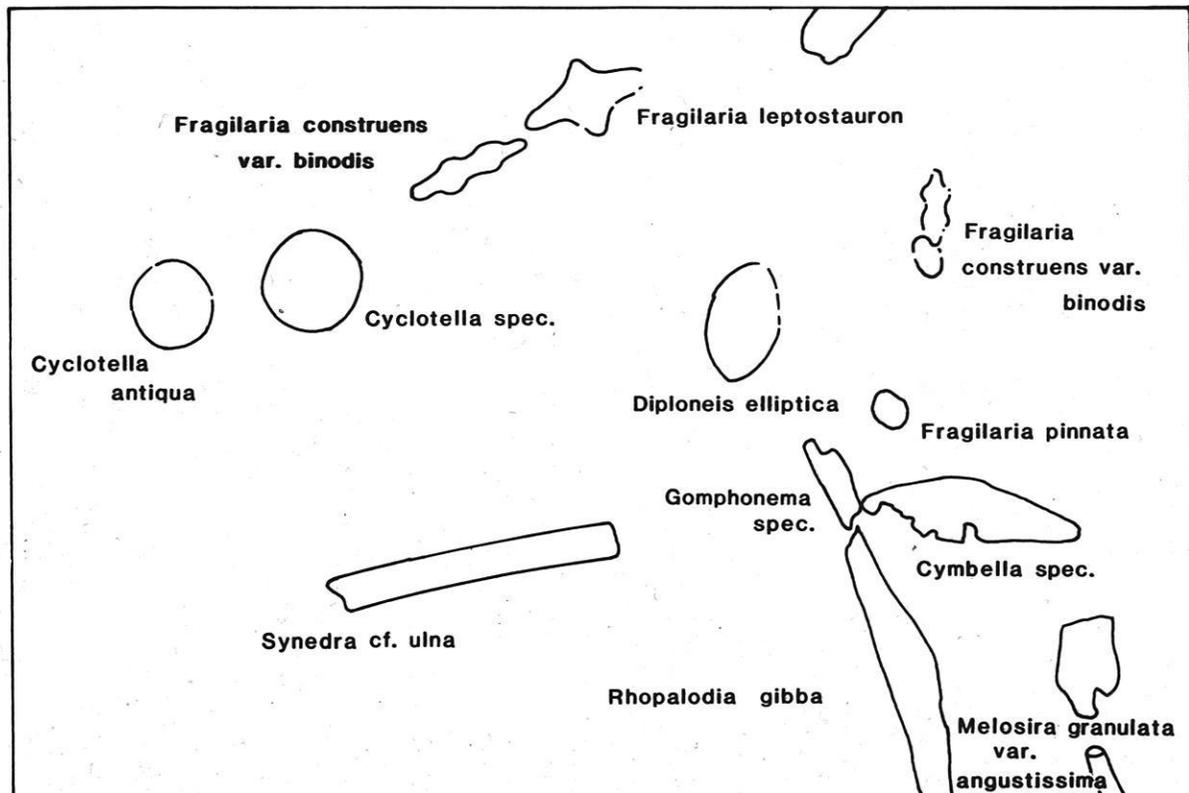
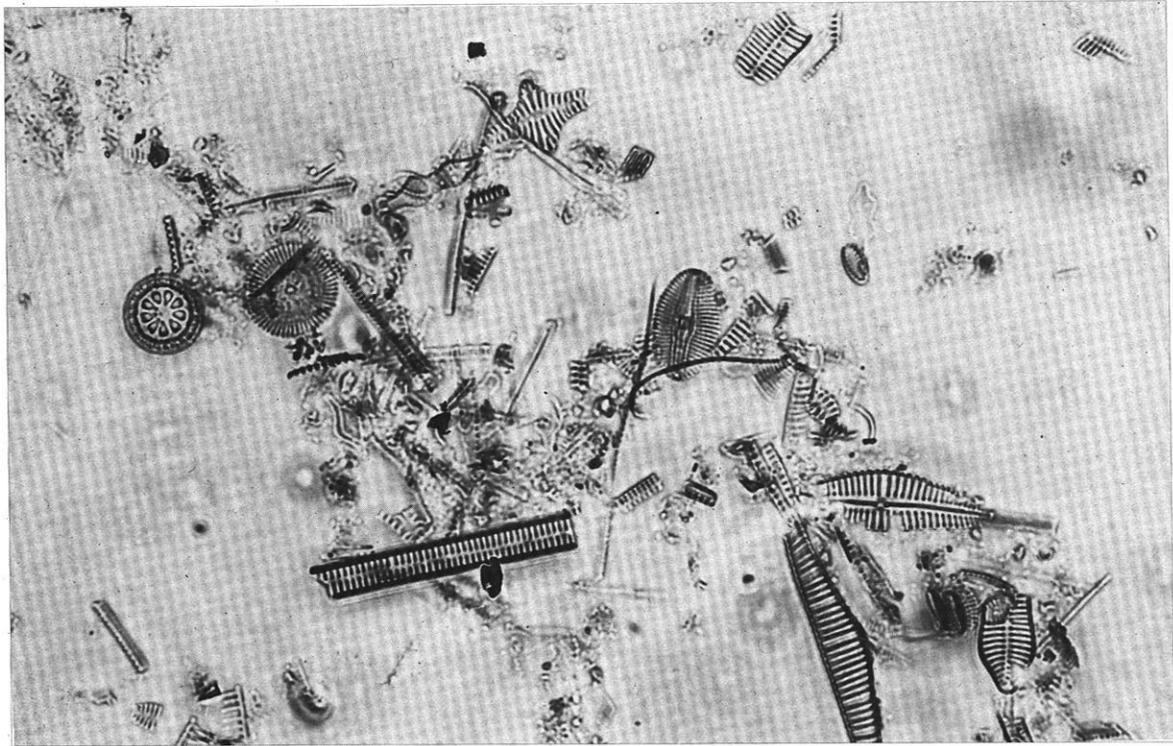


Abb. 27: 28,56 m Sedimenttiefe.

Tafel XII: Allerödzeitliche Litoraldiatomeen.

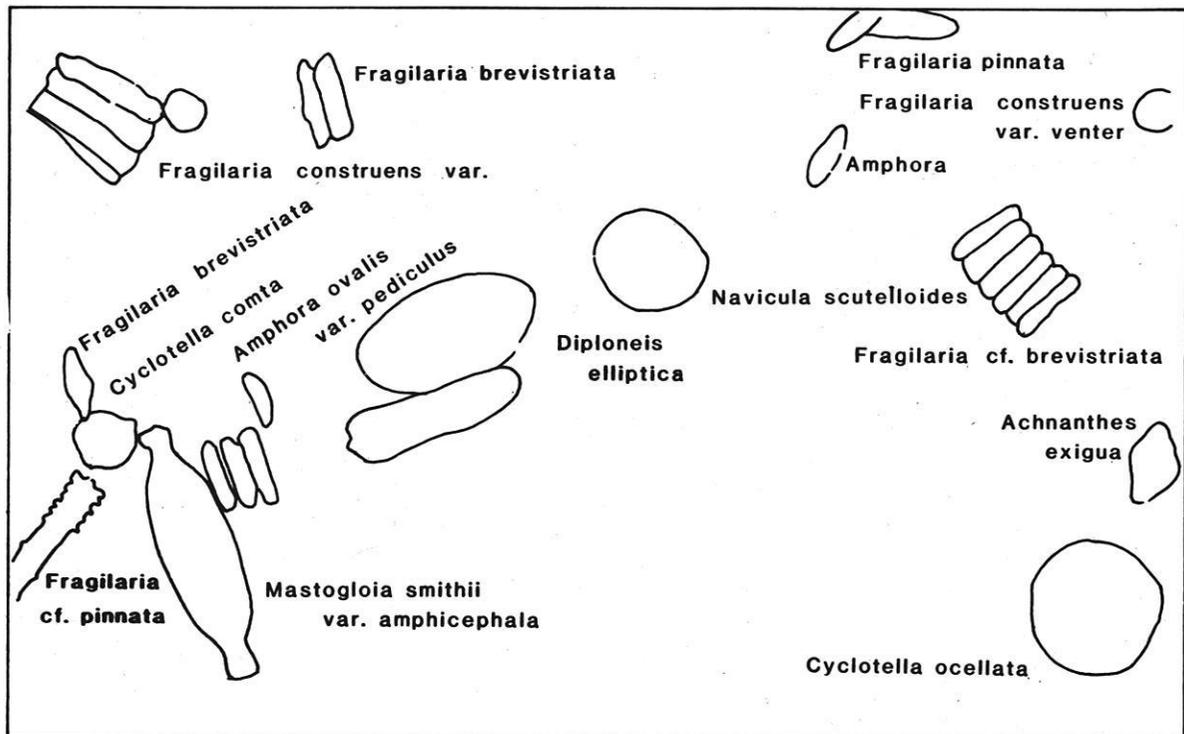
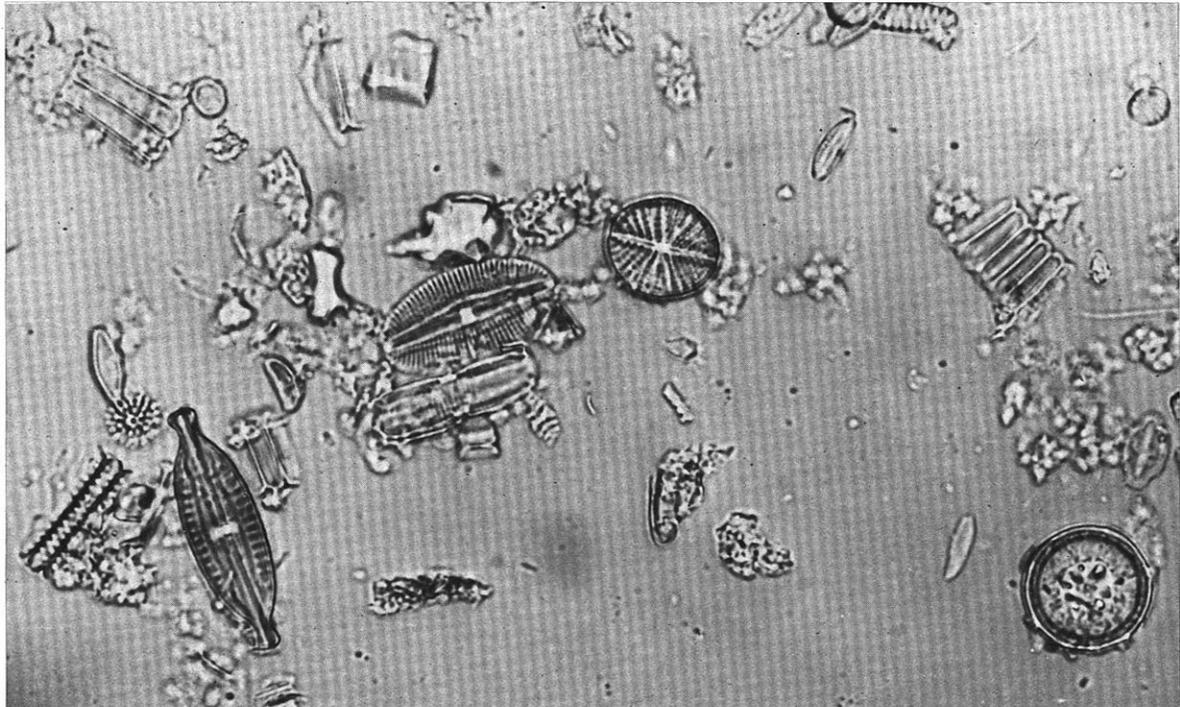


Abb. 28: 27,88 m Sedimenttiefe

Tafel XIII: Diatomeengesellschaften am Ende des Spätpleistozän.

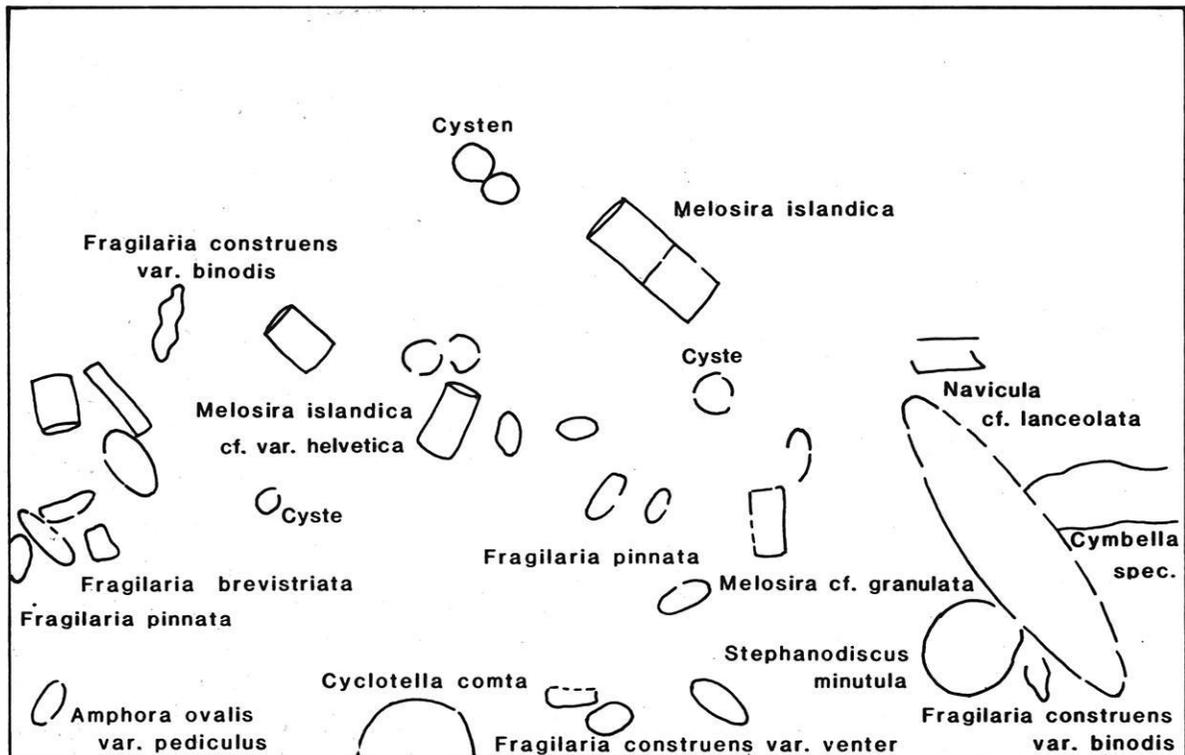
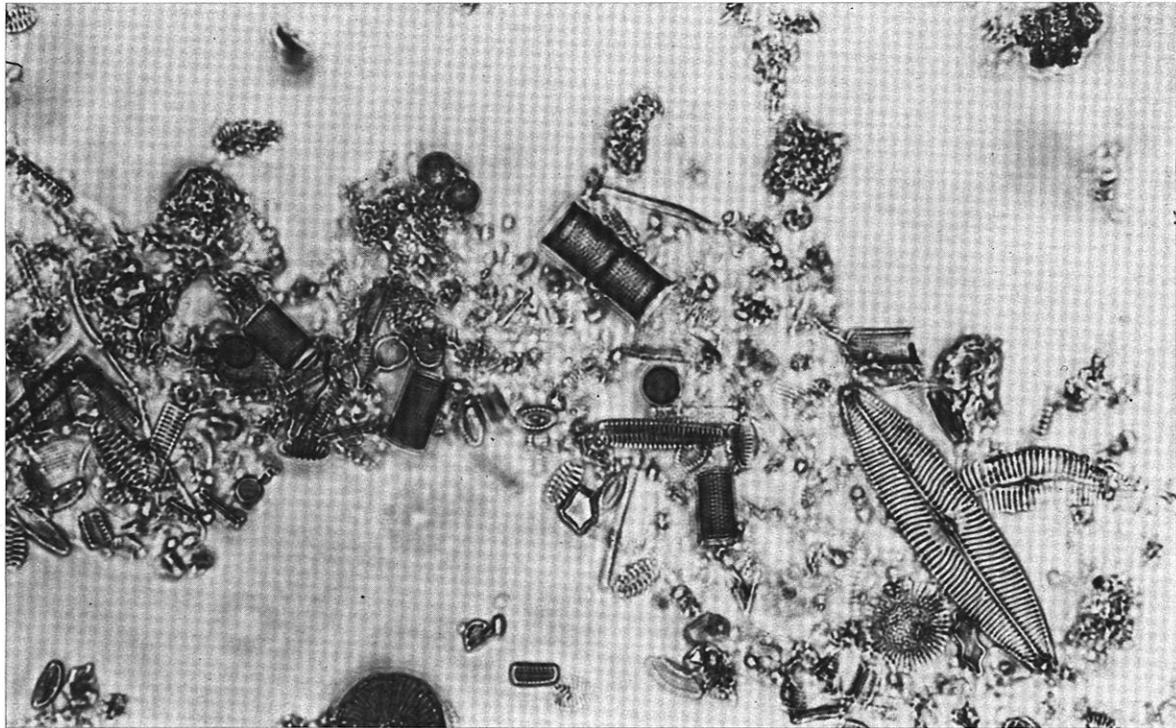


Abb. 29: 27,38 m Sedimenttiefe (Jüngere Dryaszeit).

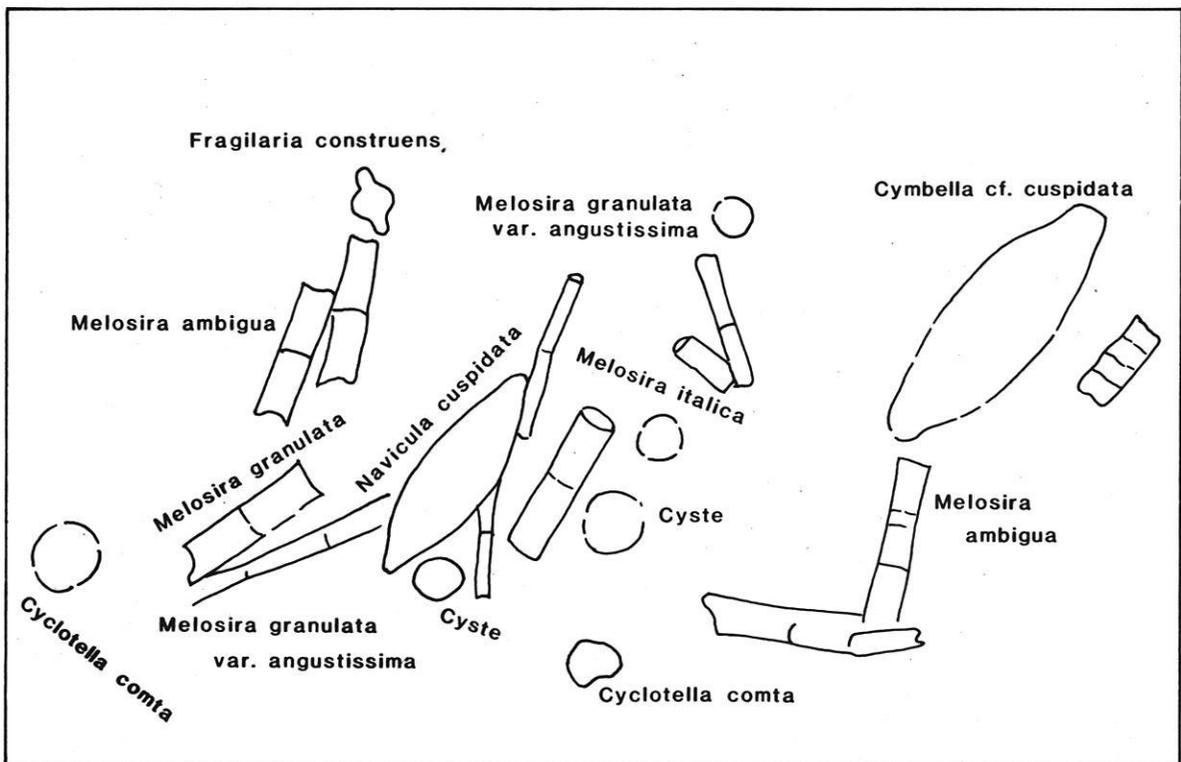
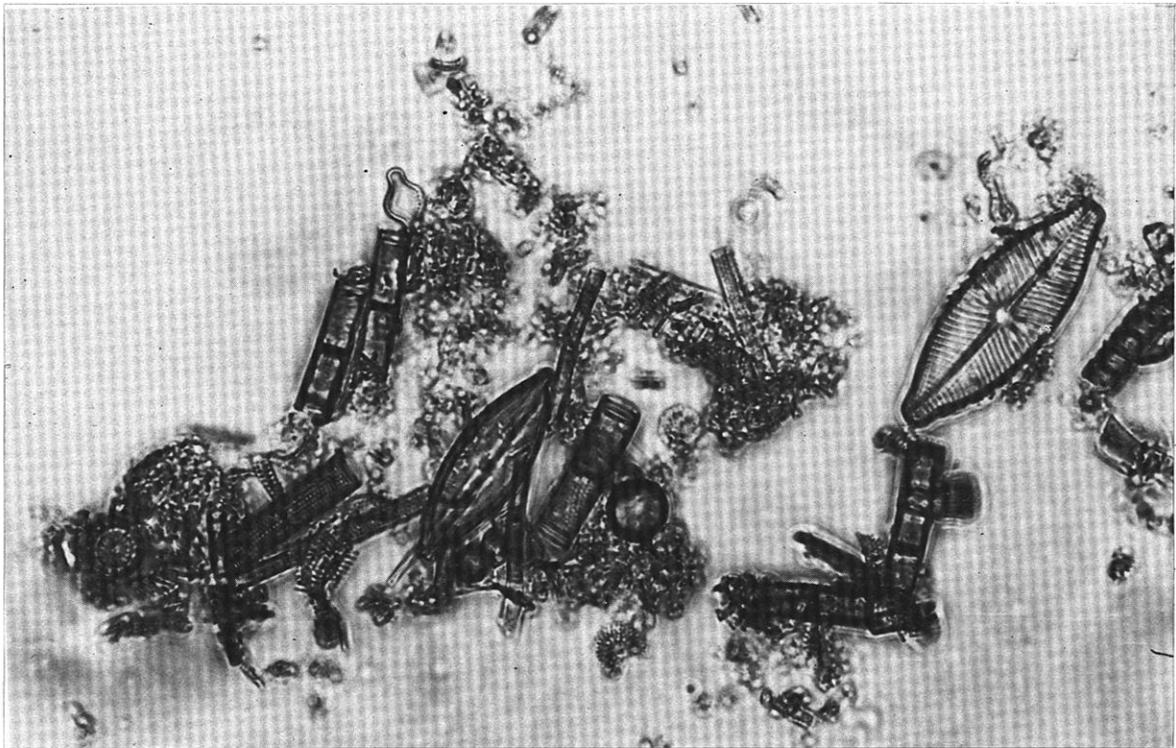


Abb. 30: 26,78 m Sedimenttiefe (Beginn Präboreal).

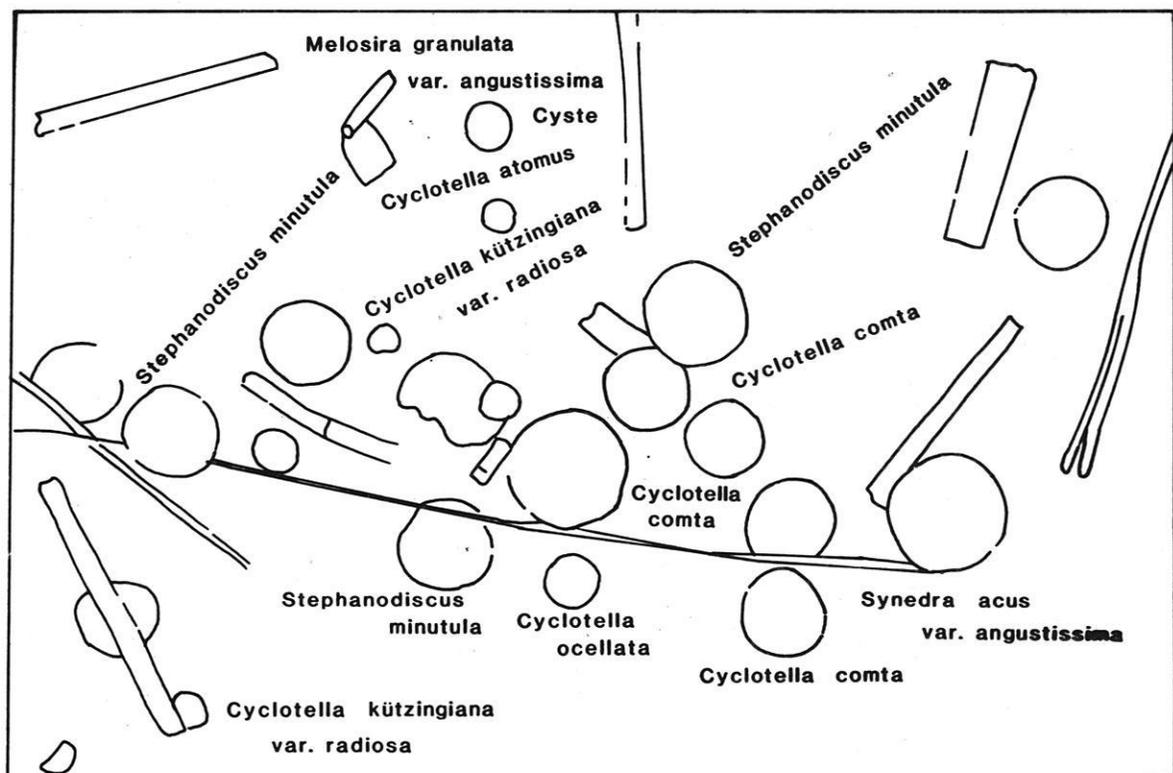
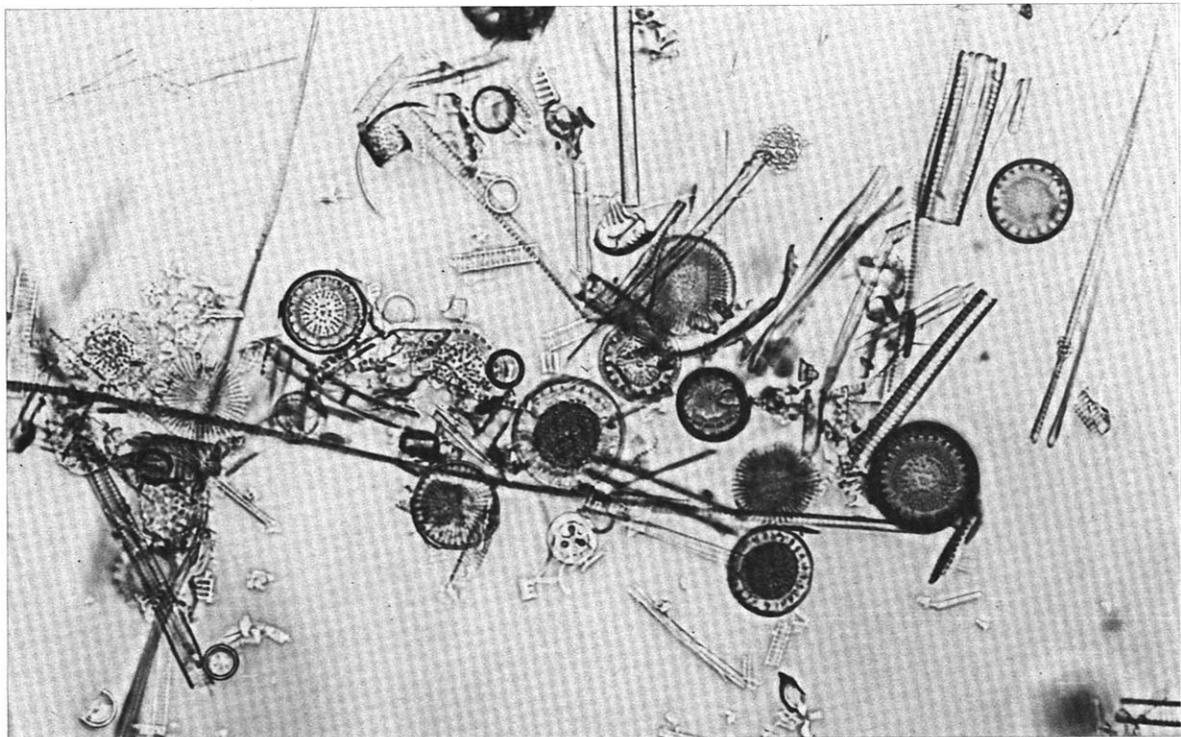


Abb. 31: 24,03 m Sedimenttiefe.

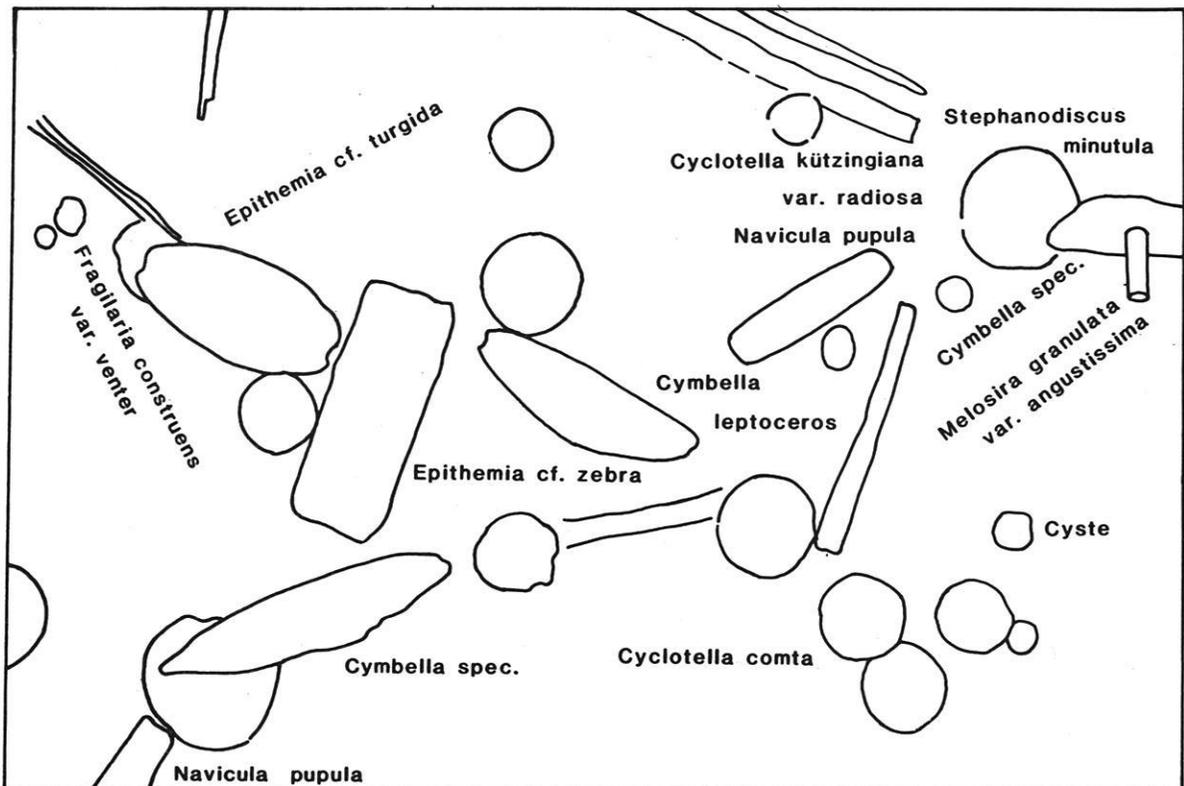
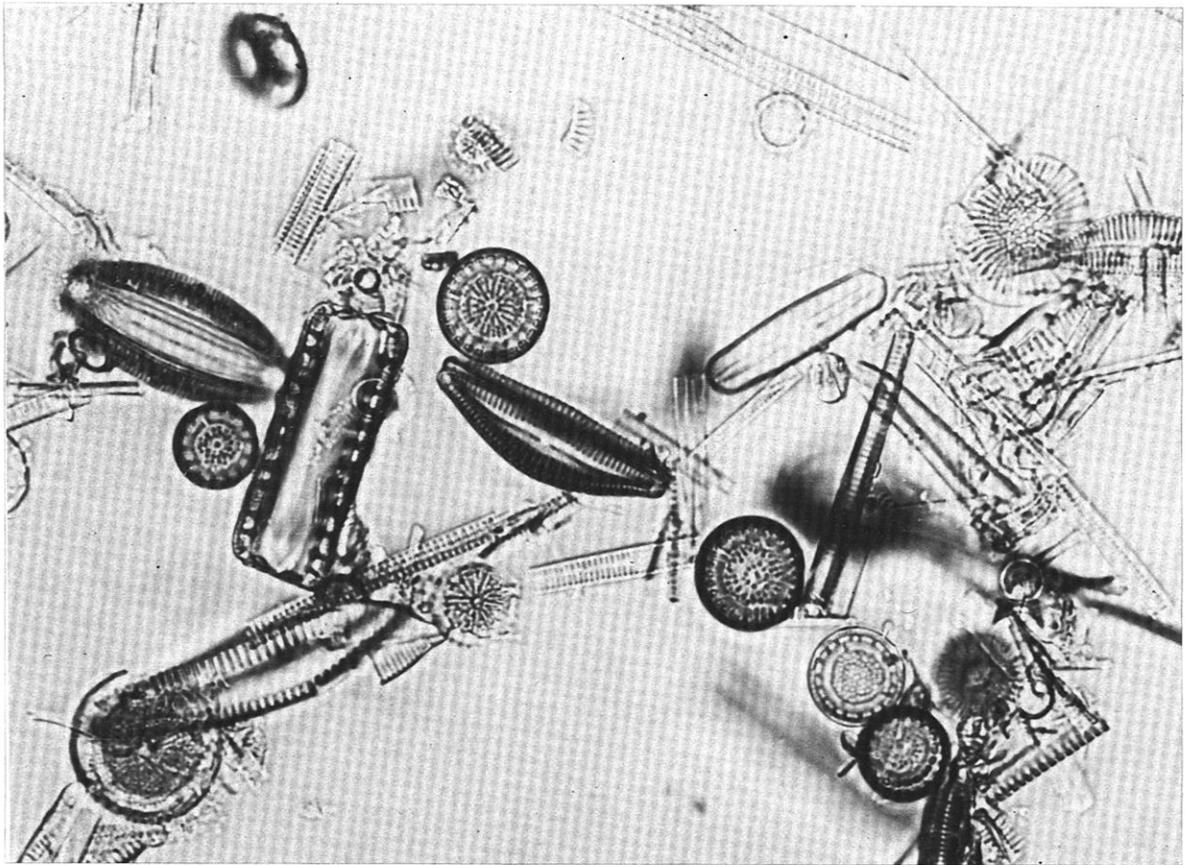


Abb. 32: 24,03 m Sedimenttiefe.

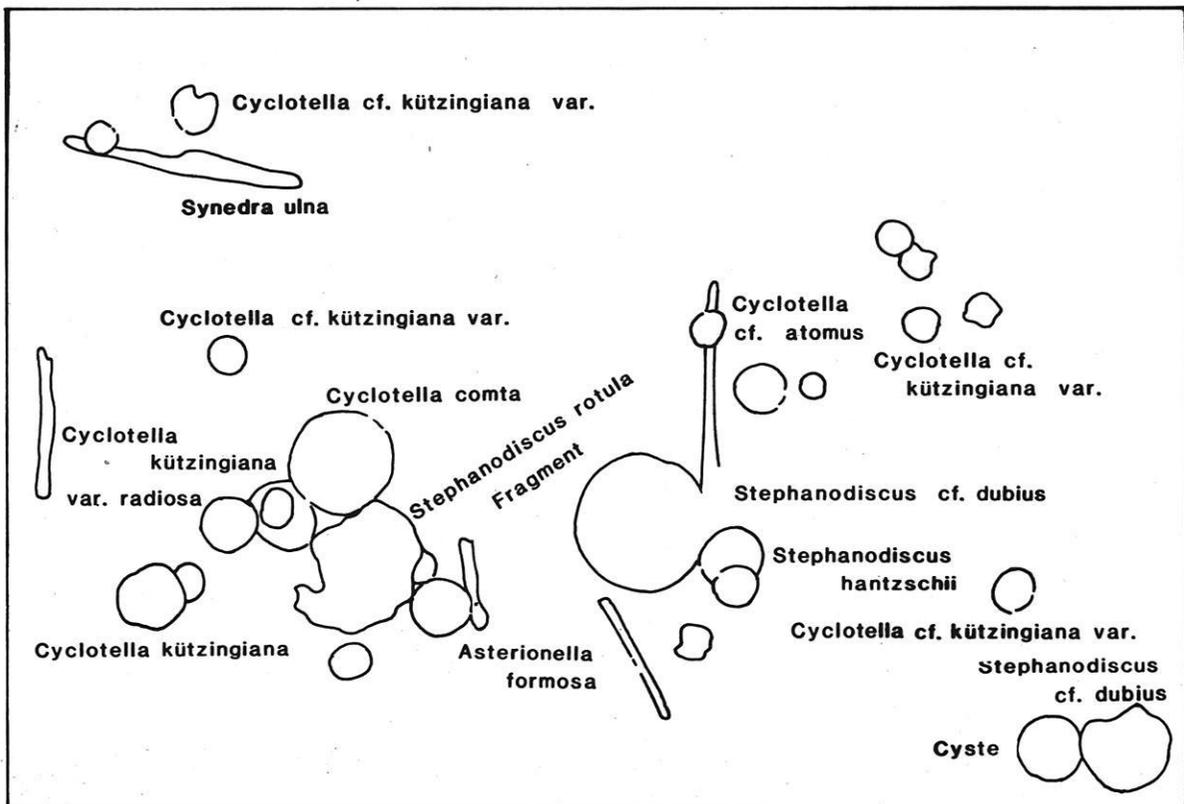
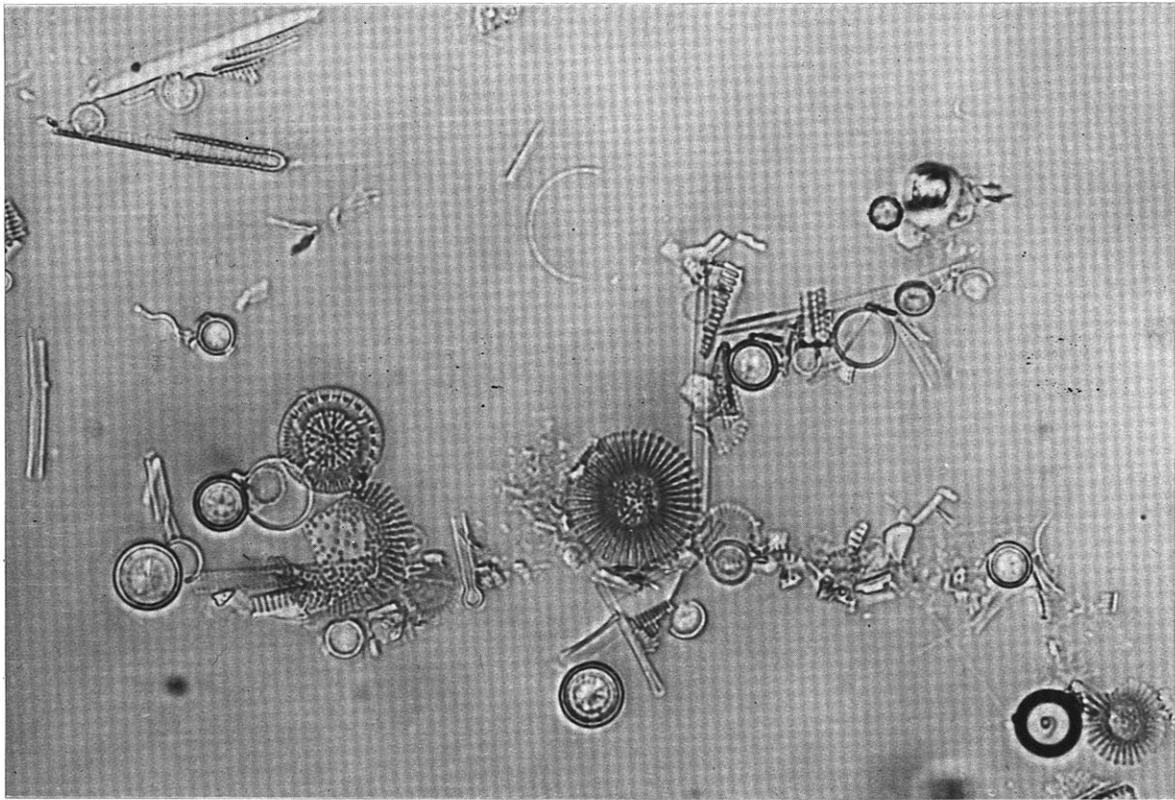


Abb. 33: 19,45 m Sedimenttiefe (Formen schwach verkieselt).

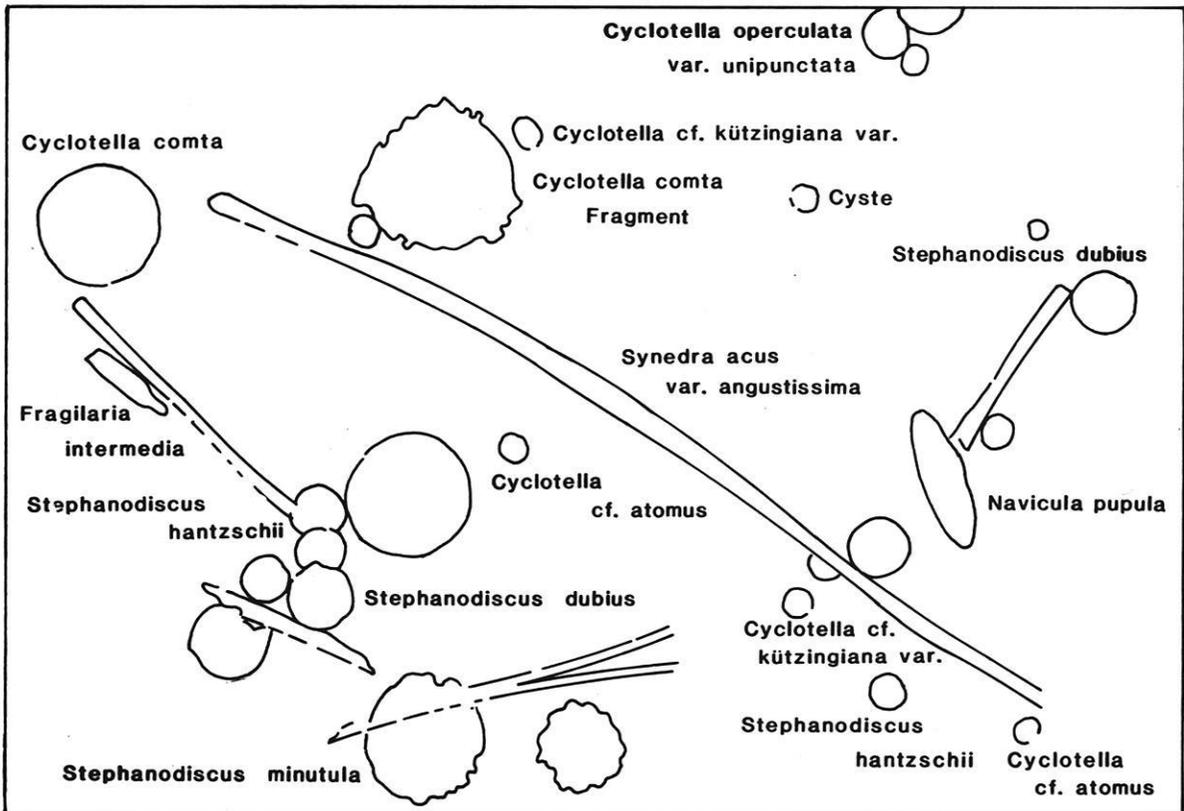
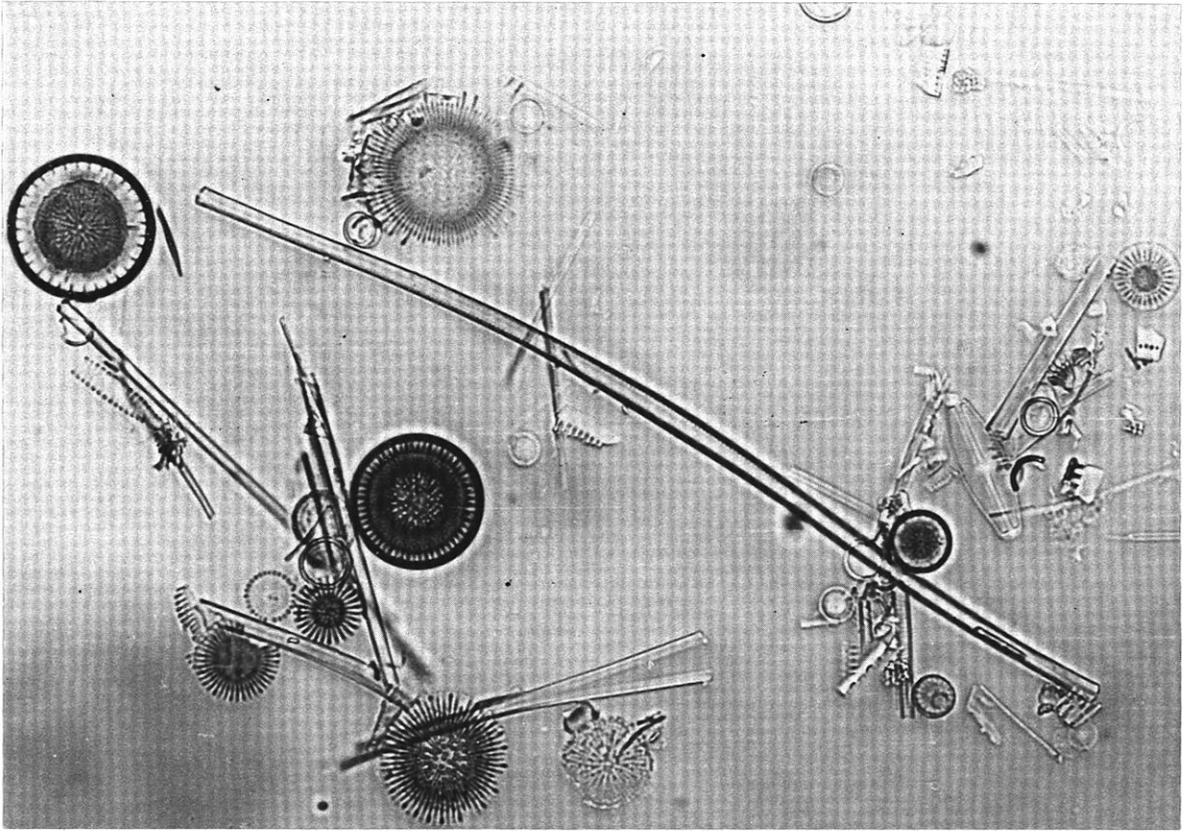


Abb. 34: 19,45 m Sedimenttiefe (Formen schwach verkieselt).

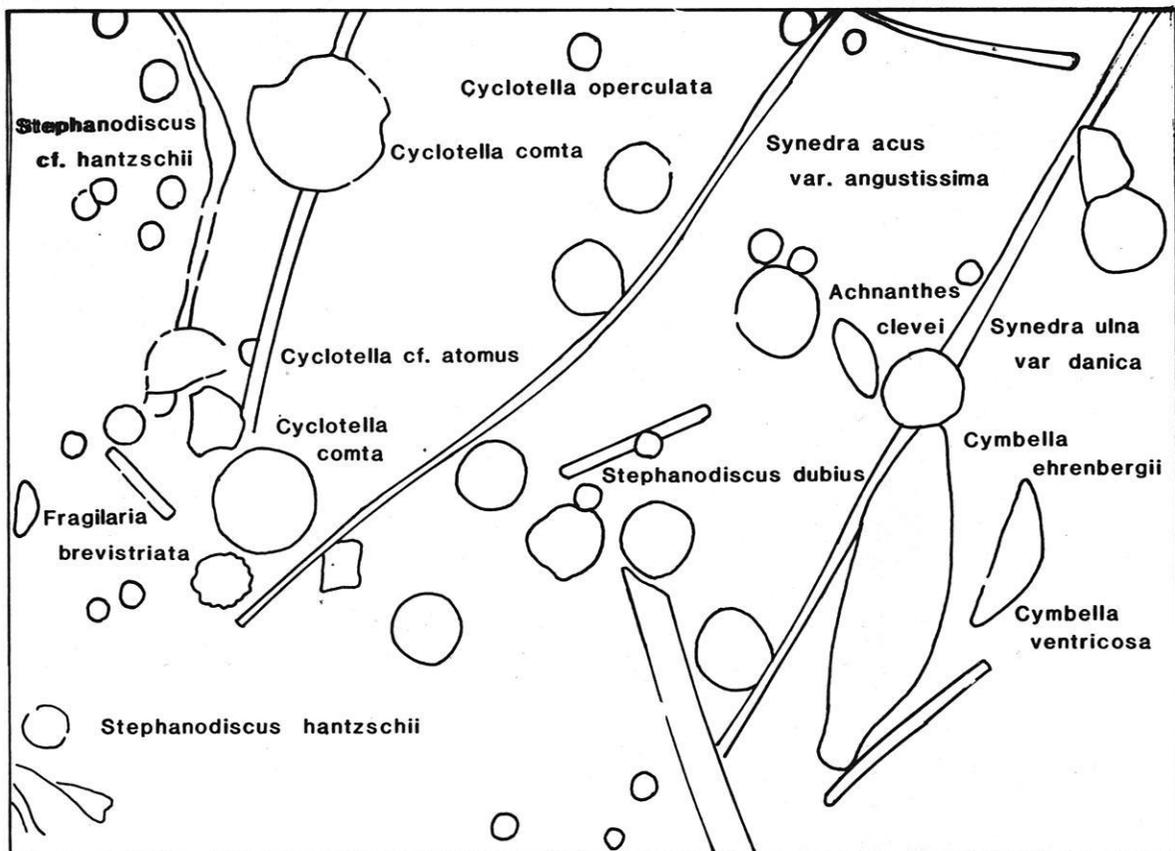
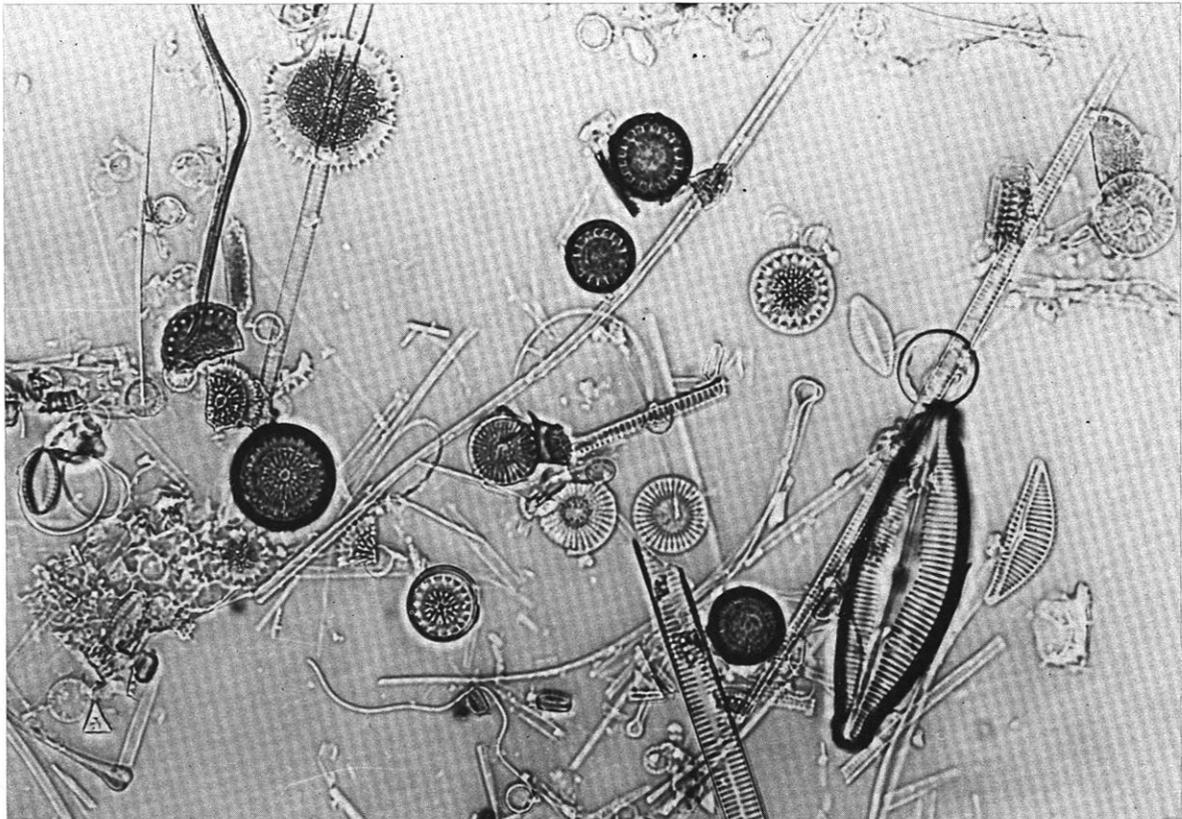


Abb. 35: 15,54 m Sedimenttiefe.

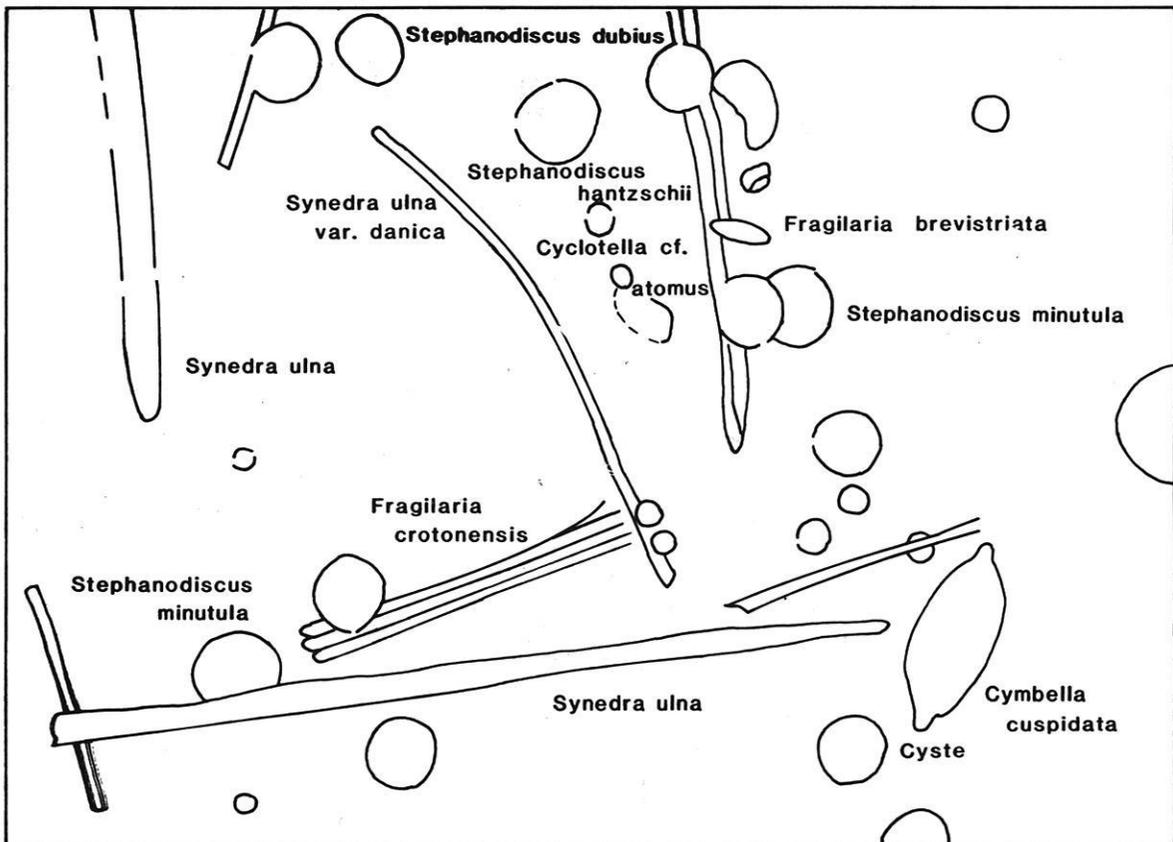
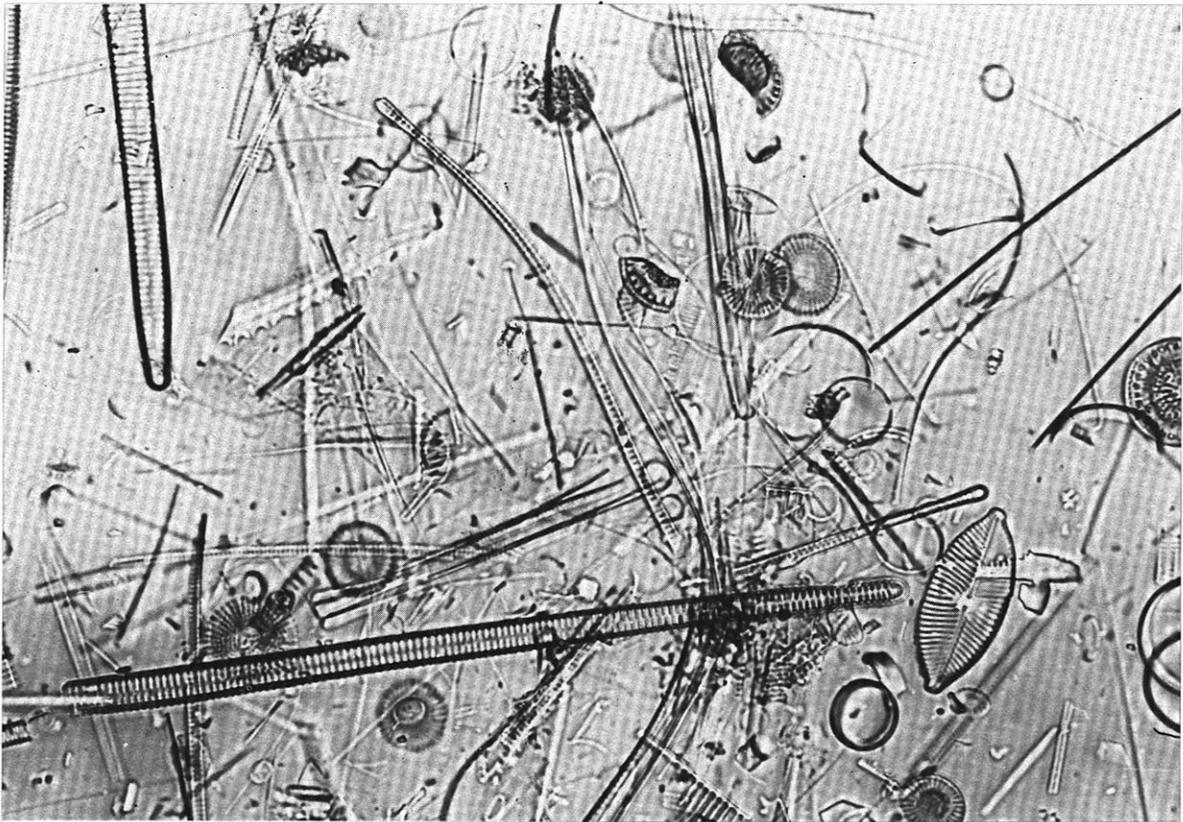


Abb. 36: 13,76 m Sedimenttiefe.

Tafel XVII: Plankton- und Litoraldiatomeen aus dem Subatlantikum.

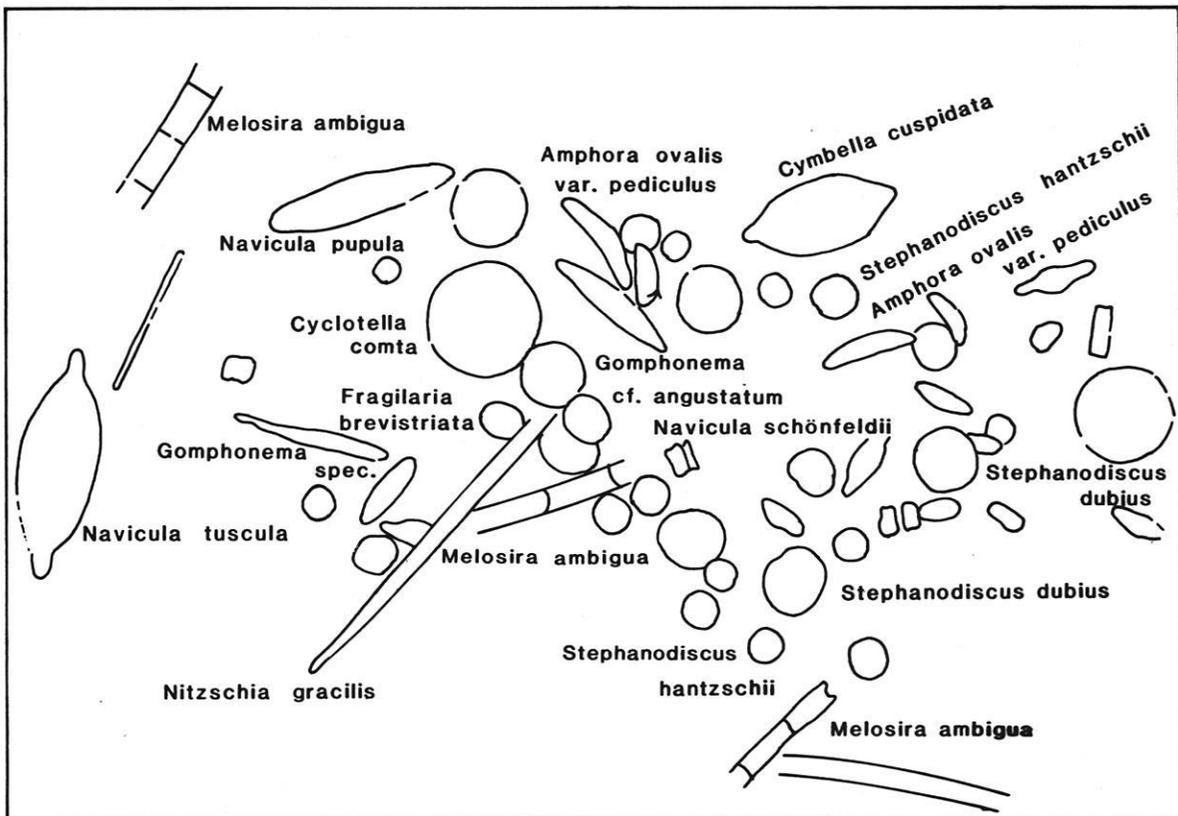
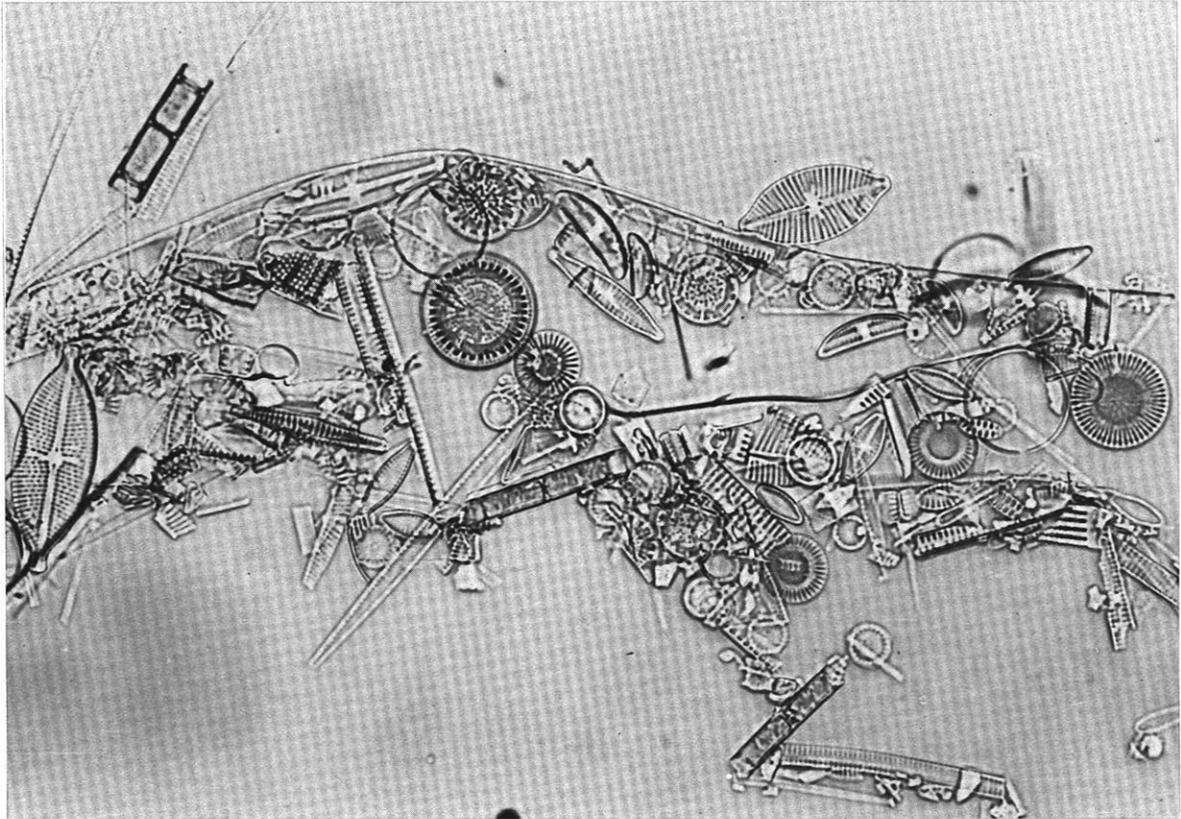


Abb. 37: 8,81 m Sedimenttiefe.

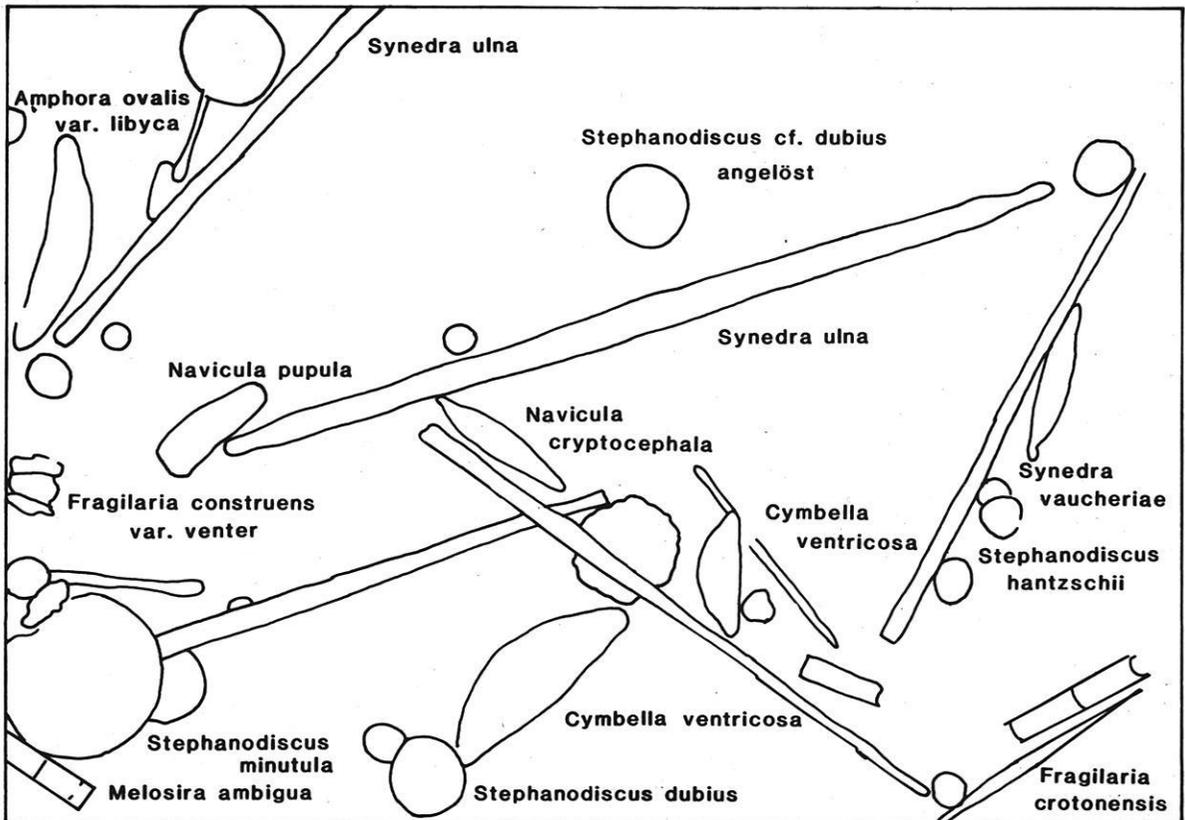
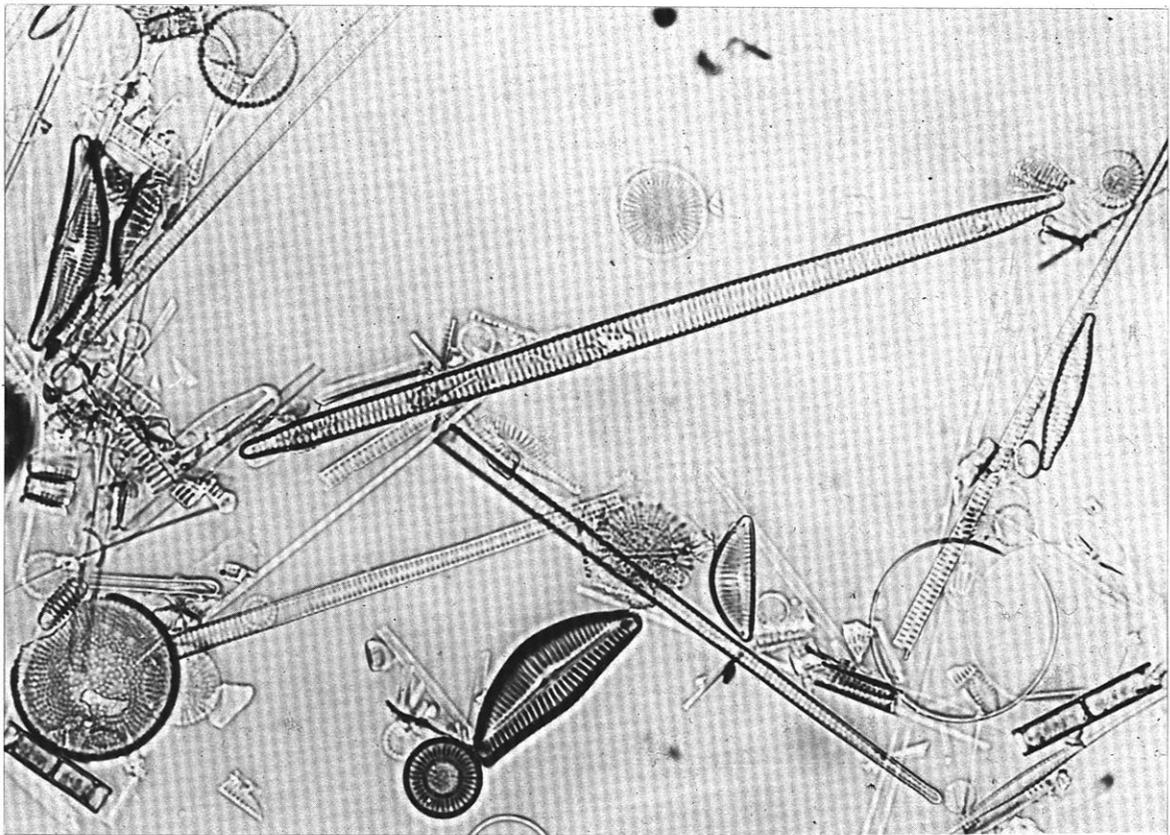


Abb. 38: 8,81 m Sedimenttiefe.

## Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,  
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

---

- Heft 1: HIERSEMENZEL, Sigrid-Elisabeth (1964)  
Britische Agrarlandschaften im Rhythmus des landwirtschaftlichen Arbeitsjahres, untersucht an 7 Einzelbeispielen. – 46 S., 7 Karten, 10 Diagramme.  
ISBN 3-88009-000-9 (DM 5,-)
- Heft 2: ERGENZINGER, Peter (1965)  
Morphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ilz (Bayerischer Wald). – 48 S., 62 Abb.  
ISBN 3-88009-001-7 (*vergriffen*)
- Heft 3: ABDUL-SALAM, Adel (1966)  
Morphologische Studien in der Syrischen Wüste und dem Antilibanon. – 52 S., 27 Abb. im Text, 4 Skizzen, 2 Profile, 2 Karten, 36 Bilder im Anhang.  
ISBN 3-88009-002-5 (*vergriffen*)
- Heft 4: PACHUR, Hans-Joachim (1966)  
Untersuchungen zur morphoskopischen Sandanalyse. – 35 S., 37 Diagramme, 2 Tab., 21 Abb.  
ISBN 3-88009-003-3 (*vergriffen*)
- Heft 5: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. I. Feldarbeiten 1964/65 (1967)  
65 S., 34 Abb., 1 Karte.  
ISBN 3-88009-004-1 (*vergriffen*)
- Heft 6: ROSTANKOWSKI, Peter (1969)  
Siedlungsentwicklung und Siedlungsformen in den Ländern der russischen Kosakenheere. – 84 S., 15 Abb., 16 Bilder, 2 Karten.  
ISBN 3-88009-005-X (DM 15,-)
- Heft 7: SCHULZ, Georg (1969)  
Versuch einer optimalen geographischen Inhaltsgestaltung der topographischen Karte 1 : 25 000 am Beispiel eines Kartenausschnittes. – 28 S. 6 Abb. im Text, 1 Karte im Anhang.  
ISBN 3-88009-006-8 (DM 10,-)
- Heft 8: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. II. Feldarbeiten 1965/66 (1969)  
82 S., 15 Abb., 27 Fig., 13 Tafeln, 11 Karten.  
ISBN 3-88009-007-6 (DM 15,-)
- Heft 9: JANNSEN, Gert (1970)  
Morphologische Untersuchungen im nördlichen Tarso Voon (Zentrales Tibesti). – 66 S., 12 Abb., 41 Bilder, 3 Karten.  
ISBN 3-88009-008-4 (DM 15,-)
- Heft 10: JÄKEL, Dieter (1971)  
Erosion und Akkumulation im Enneri Bardague-Araye des Tibesti-Gebirges (zentrale Sahara) während des Pleistozäns und Holozäns. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti, 55 S., 13 Abb., 54 Bilder, 3 Tab., 1 Nivellement (4 Teile), 60 Profile, 3 Karten (6 Teile).  
ISBN 3-88009-009-2 (DM 20,-)
- Heft 11: MÜLLER, Konrad (1971)  
Arbeitsaufwand und Arbeitsrhythmus in den Agrarlandschaften Süd- und Südostfrankreichs: Les Dombes bis Bouches-du-Rhône. – 64 S., 18 Karten, 26 Diagramme, 10 Fig., zahlreiche Tabellen.  
ISBN 3-88009-010-6 (DM 25,-)
- Heft 12: OBENAUF, K. Peter (1971)  
Die Enneris Gonoa, Toudoufou, Oudingueur und Nemagayesko im nordwestlichen Tibesti. Beobachtungen zu Formen und Formung in den Tälern eines ariden Gebirges. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 70 S., 6 Abb., 10 Tab., 21 Photos, 34 Querprofile, 1 Längsprofil, 9 Karten.  
ISBN 3-88009-011-4 (DM 20,-)
- Heft 13: MOLLE, Hans-Georg (1971)  
Gliederung und Aufbau fluviatiler Terrassenakkumulation im Gebiet des Enneri Zoumri (Tibesti-Gebirge). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 53 S., 26 Photos, 28 Fig., 11 Profile, 5 Tab., 2 Karten.  
ISBN 3-88009-012-2 (DM 10,-)

## **Berliner Geographische Abhandlungen**

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,  
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

---

- Heft 14: **STOCK Peter (1972)**  
Photogeologische und tektonische Untersuchungen am Nordrand des Tibesti-Gebirges, Zentral-Sahara, Tchad.  
– Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 73 S., 47 Abb., 4 Karten.  
ISBN 3-88009-013-0 (DM 15,-)
- Heft 15: **BIEWALD, Dieter (1973)**  
Die Bestimmungen eiszeitlicher Meeresoberflächentemperaturen mit der Ansatztiefe typischer Korallenriffe. –  
40 S., 16 Abb., 26 Seiten Fig. und Karten.  
ISBN 3-88009-015-7 (DM 10,-)
- Heft 16: **Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. III. Feldarbeiten 1966/67 (1972)**  
156 S., 133 Abb., 41 Fig., 34 Tab., 1 Karte.  
ISBN 3-88009-014-9 (DM 45,-)
- Heft 17: **PACHUR, Hans-Joachim (1973)**  
Geomorphologische Untersuchungen im Raum der Serir Tibesti (Zentralsahara). – Arbeit aus der Forschungs-  
station Bardai/Tibesti. 58. S., 39 Photos, 16 Fig. und Profile, 9 Tab., 1 Karte.  
ISBN 3-88009-016-5 (DM 25,-)
- Heft 18: **BUSCHE, Detlef (1973)**  
Die Entstehung von Pedimenten und ihre Überformung, untersucht an Beispielen aus dem Tibesti-Gebirge, Re-  
publique du Tchad. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 130 S., 57 Abb., 22 Fig., 1 Tab., 6 Kar-  
ten.  
ISBN 3-88009-017-3 (DM 40,-)
- Heft 19: **ROLAND, Norbert W. (1973)**  
Anwendung der Photointerpretation zur Lösung stratigraphischer und tektonischer Probleme im Bereich von  
Bardai und Aozou (Tibesti-Gebirge, Zentral-Sahara). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 48 S.,  
35 Abb., 10 Fig., 4 Tab., 2 Karten.  
ISBN 3-88009-018-1 (DM 20,-)
- Heft 20: **SCHULZ, Georg (1974)**  
Die Atlaskartographie in Vergangenheit und Gegenwart und die darauf aufbauende Entwicklung eines neuen  
Erdatlas. – 59 S., 3 Abb., 8 Fig., 23 Tab., 8 Karten.  
ISBN 3-88009-019-X (DM 35,-)
- Heft 21: **HABERLAND, Wolfram (1975)**  
Untersuchungen an Krusten, Wüstenlacken und Polituren auf Gesteinsoberflächen der nördlichen und mittleren  
Sahara (Libyen und Tchad). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 71 S., 62 Abb. 24 Fig., 10 Tab.  
ISBN 3-88009-020-3 (DM 50,-)
- Heft 22: **GRUNERT, Jörg (1975)**  
Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten, am Beispiel des zentralen Tibesti-Gebirges (Rep. du  
Tchad). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 96 S., 3 Tab., 6 Fig., 58 Profile, 41 Abb., 2 Karten.  
ISBN 3-88009-021-1 (DM 35,-)
- Heft 23: **ERGENZINGER, Peter Jürgen (1978)**  
Das Gebiet des Emmeri Misky im Tibesti-Gebirge, République du Tchad – Erläuterungen zu einer geomorpho-  
logischen Karte 1 : 200 000. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 60 S., 6 Tab., 24 Fig., 24  
Photos, 2 Karten.  
ISBN 3-88009-022-X (DM 40,-)
- Heft 24: **Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. IV. Feldarbeiten 1967/68, 1969/70, 1974 (1976)**  
24 Fig., 79 Abb., 12 Tab., 2 Karten.  
ISBN 3-88009-023-8 (DM 30,-)
- Heft 25: **MOLLE, Hans-Georg (1979)**  
Untersuchungen zur Entwicklung der vorzeitlichen Morphodynamik im Tibesti-Gebirge (Zentral-Sahara) und  
in Tunesien. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 104 S., 22 Abb., 40 Fig., 15 Tab., 3 Karten.  
ISBN 3-88009-024-6 (DM 35,-)

## **Berliner Geographische Abhandlungen**

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,  
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

---

- Heft 26: BRIEM, Elmar (1977)  
Beiträge zur Genese und Morphodynamik des ariden Formenschatzes unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Flächenbildung am Beispiel der Sandschwemmebenen in der östlichen Zentralsahara. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 89 S., 38 Abb., 23 Fig., 8 Tab., 155 Diagramme, 2 Karten.  
ISBN 3-88009-025-4 (DM 25,-)
- Heft 27: GABRIEL, Baldur (1977)  
Zum ökologischen Wandel im Neolithikum der östlichen Zentralsahara. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 111 S., 9 Tab., 32 Fig., 41 Photos, 2 Karten.  
ISBN 3-88009-026-2 (DM 35,-)
- Heft 28: BÖSE, Margot (1979)  
Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. – 46 S., 3 Tab., 14 Abb., 25 Photos, 1 Karte.  
ISBN 3-88009-027-0 (DM 14,-)
- Heft 29: GEHRENKEMPER, Johannes (1978)  
Rañas und Reliefgenerationen der Montes de Toledo in Zentralspanien. – 81 S., 68 Abb., 3 Tab., 32 Photos, 2 Karten.  
ISBN 3-88009-028-9 (DM 20,-)
- Heft 30: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1978)  
Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I. – 90 S., 38 Abb. und Beilagen, 17 Tab.  
ISBN 3-88009-029-7 (DM 18,-)
- Heft 31: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1980)  
Methoden und Anwendbarkeit geomorphologischer Detailkarten. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm II. – 104 S., 25 Abb., 5 Tab.  
ISBN 3-88009-030-0 (DM 17,-)
- Heft 32: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. V. Abschlußbericht (1982)  
182 S., 63 Fig. und Abb., 84 Photos, 4 Tab., 5 Karten.  
ISBN 3-88009-031-9 (DM 60,-)
- Heft 33: TRETER, Uwe (1981)  
Zum Wasserhaushalt schleswig-holsteinischer Seengebiete. – 168 S., 102 Abb., 57 Tab.  
ISBN 3-88009-033-5 (DM 40,-)
- Heft 34: GEHRENKEMPER, Kirsten (1981)  
Rezenter Hangabtrag und geoökologische Faktoren in den Montes de Toledo. Zentralspanien. – 78 S., 39 Abb., 13 Tab., 24 Photos, 4 Karten.  
ISBN 3-88009-032-7 (DM 20,-)
- Heft 35: BARSCH, Dietrich & STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1982)  
Erträge und Fortschritte der geomorphologischen Detailkartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm III. – 134 S., 23 Abb., 5 Tab., 5 Beilagen.  
ISBN 3-88009-034-3 (DM 30,-)
- Heft 36: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1984):  
Regionale Beiträge zur Geomorphologie. Vorträge des Ferdinand von Richthofen-Symposiums, Berlin 1983. – 140 S., 67 Abb., 6 Tab.  
ISBN 3-88009-035-1 (DM 35,-)
- Heft 37: ZILLBACH, Käthe (1984)  
Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko. Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. – 95 S., 61 Abb., 2 Tab., 3 Karten.  
ISBN 3-88009-036-X (DM 18,-)
- Heft 38: WAGNER, Peter (1984)  
Rezente Abtragung und geomorphologische Bedingungen im Becken von Ouarzazate (Süd-Marokko). Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. – 112 S., 63 Abb., 48 Tab., 3 Karten.  
ISBN 3-88009-037-8 (DM 18,-)

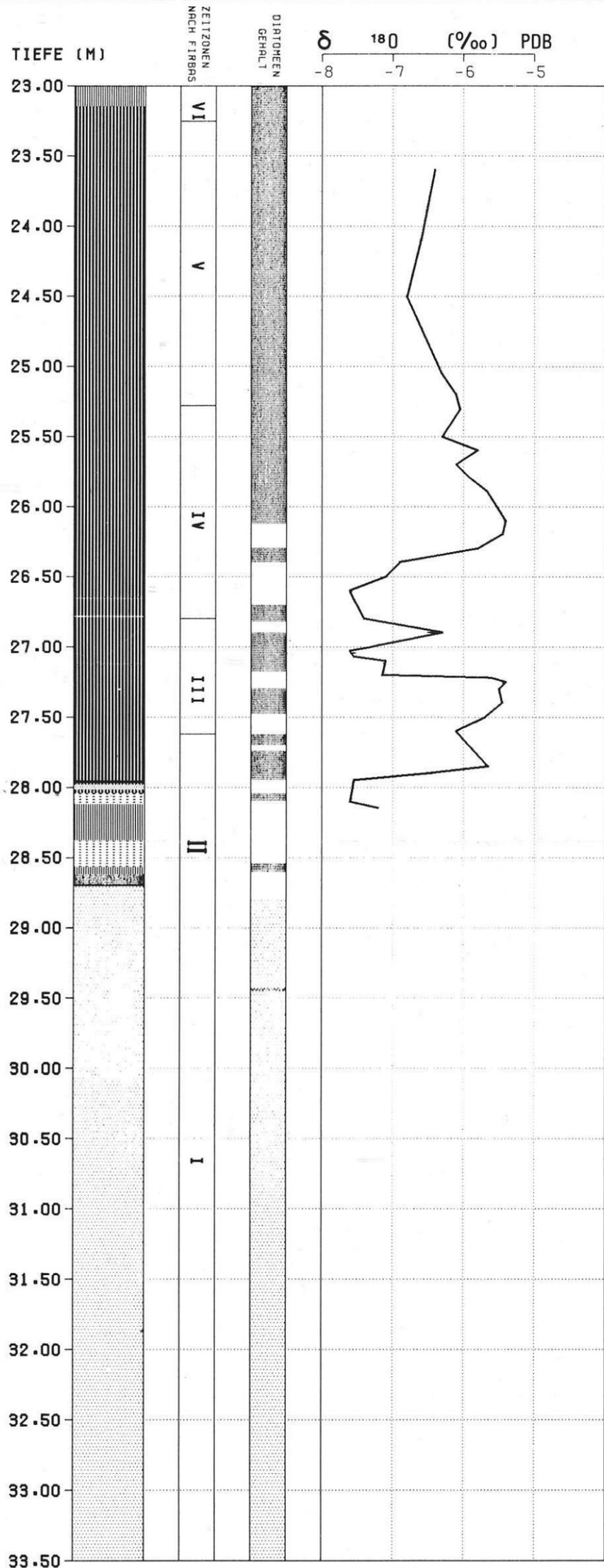
## **Berliner Geographische Abhandlungen**

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,  
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

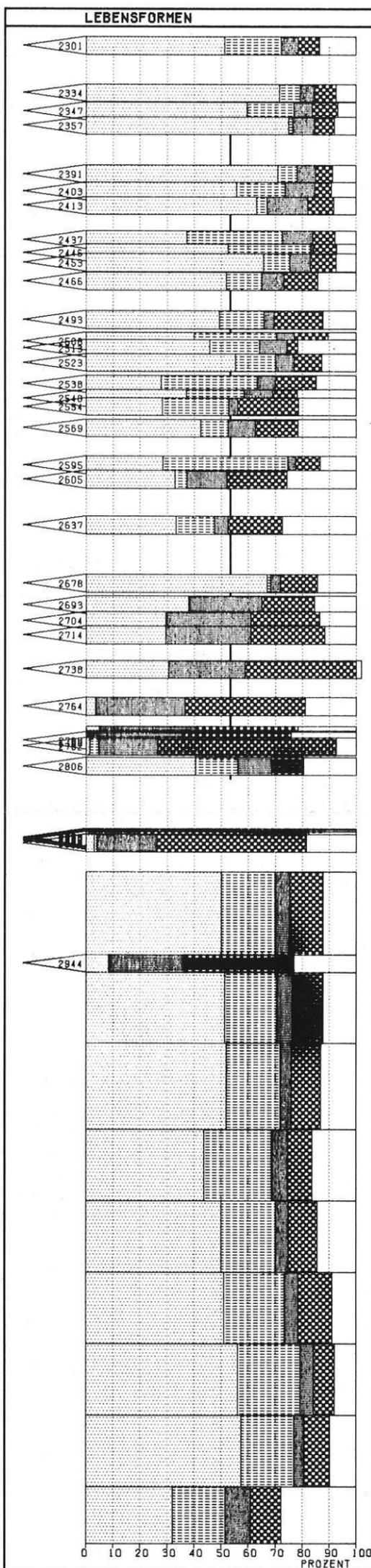
---

- Heft 39: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1985)  
Geomorphological Mapping in the Federal Republic of Germany. Contributions to the GMK priority program IV. – 89 S., 16 Abb., 5 Tab.  
ISBN 3-88009-038-6 (DM 22,50)
- Heft 40: MÄUSBACHER, Roland (1985)  
Die Verwendbarkeit der geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25) der Bundesrepublik Deutschland für Nachbarwissenschaften und Planung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm V. – 97 S., 15 Abb., 31 Tab., 21 Karten.  
ISBN 3-88009-039-4 (DM 18,-)
- Heft 41: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1986)  
Geo- und biowissenschaftliche Forschungen der Freien Universität Berlin im Werra-Meißner-Kreis (Nordhessen). Beiträge zur Werra-Meißner-Forschung I. – 265 S., 82 Abb., 45 Tab., 3 Karten.  
ISBN 3-88009-040-8 (DM 28,-)
- Heft 42: BARSCH, Dietrich & LESER, Hartmut (Hrsg.) (1987)  
Regionale Beispiele zur geomorphologischen Kartierung in verschiedenen Maßstäben (1 : 5 000 bis 1 : 200 000). Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VI. – 80 S., 10 Abb., 9 Beilagen.  
ISBN 3-88009-041-6 (DM 35,-)
- Heft 43: VAHRSON, Wilhelm-Günther (1987)  
Aspekte bodenphysikalischer Untersuchungen in der libyschen Wüste. Ein Beitrag zur Frage spätpleistozäner und holozäner Grundwasserbildung. – 92 S., 12 Abb., 56 Fig., 7 Tab., 1 Karte.  
ISBN 3-88009-042-4 (DM 18,-)
- Heft 44: PACHUR, Hans-Joachim & RÖPER, Hans-Peter (1987)  
Zur Paläolimnologie Berliner Seen. – 150 S., 42 Abb., 28 Tab.  
ISBN 3-88009-043-2 (DM 30,-)
- Heft 45: BERTZEN, Günter (1987)  
Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees. – 150 S., 19 Fig., 2 Tab., 38 Abb., 7 Anlagen  
ISBN 3-88009-044-0 (DM 30,-)

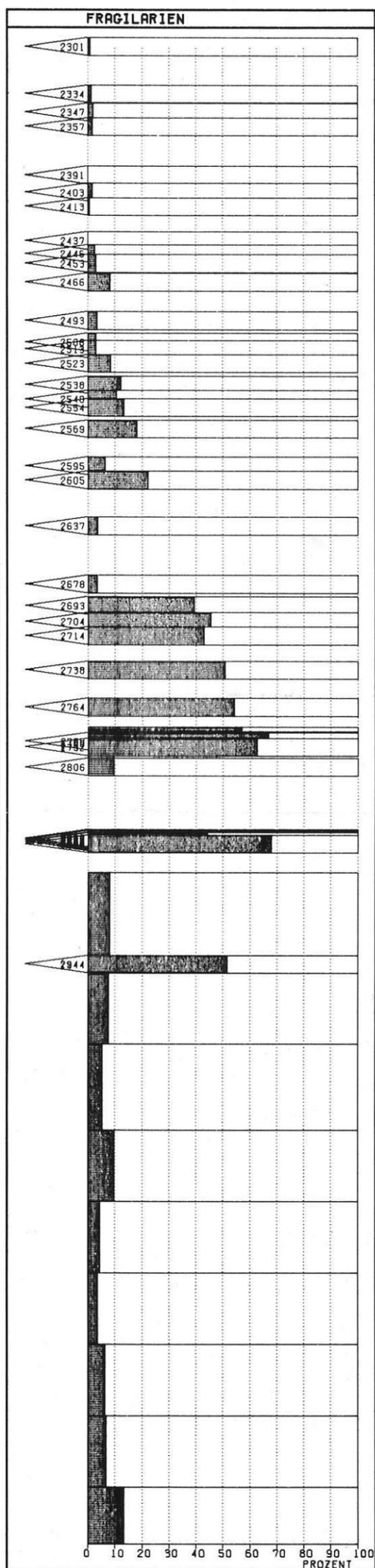
KLIMAGANG UND WASSERSTANDSSCHWANKUNGEN IM SPAETPLEISTOZAEN UND FRUEHEN HOLOZAEN



- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
|                    |                       |
| UNGESCHICHTET      | UNGESCHICHTET         |
| ZUNEHMEND LAGIG    | LAGIG                 |
| LAGIG BIS WARWIG   | MIT ORG.-EINSCHLUSSEN |
| WARWIG GESCHICHTET | LACHER BIMSTUFF       |
| SANDIG             |                       |



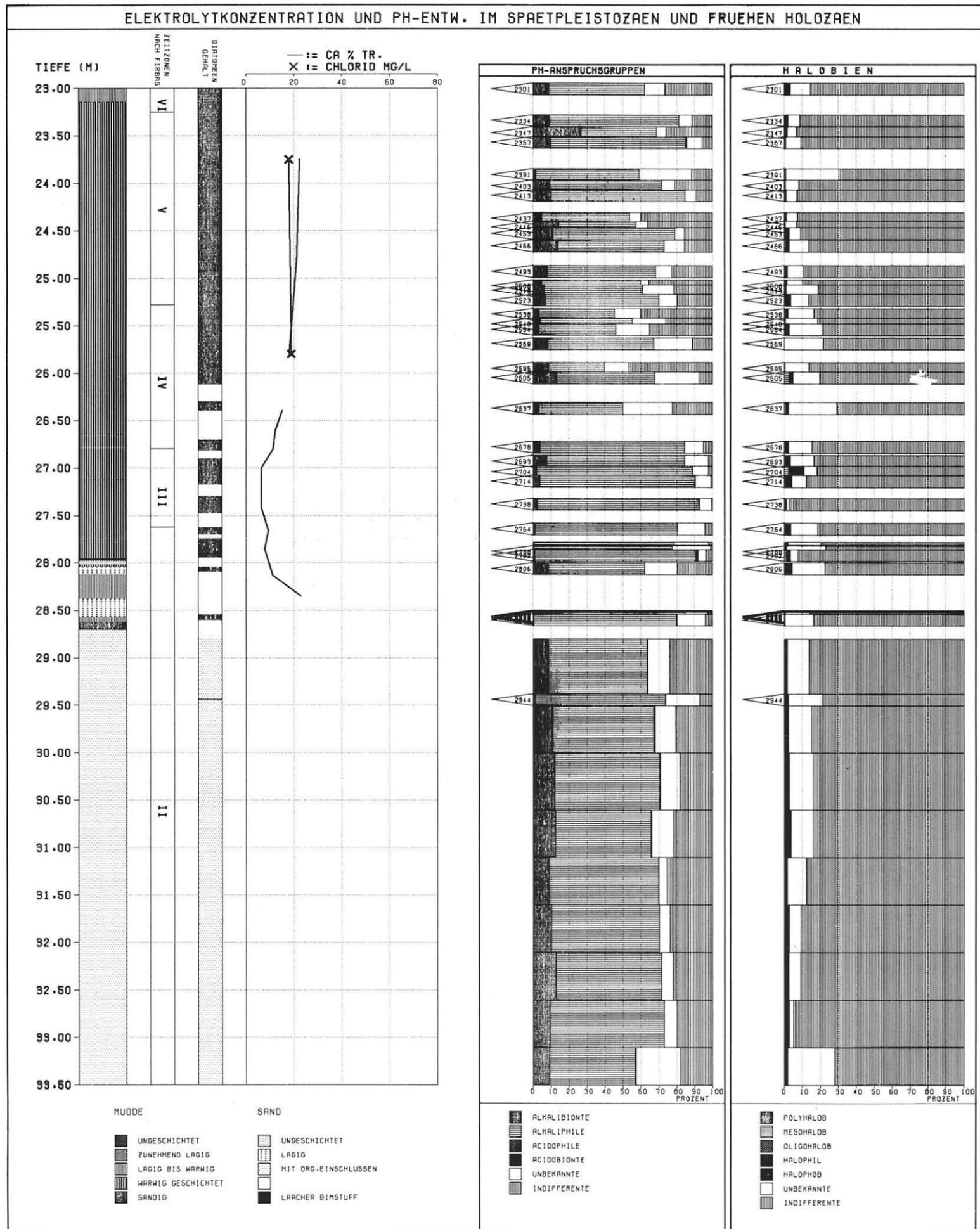
- |                      |
|----------------------|
|                      |
| EUPLANKTON           |
| TYCHOPLANKTON        |
| TYCHOPLANKTON-PERIPH |
| PERIPHYTON           |
| TIEFENFORM           |
| UNBEKANNTE           |



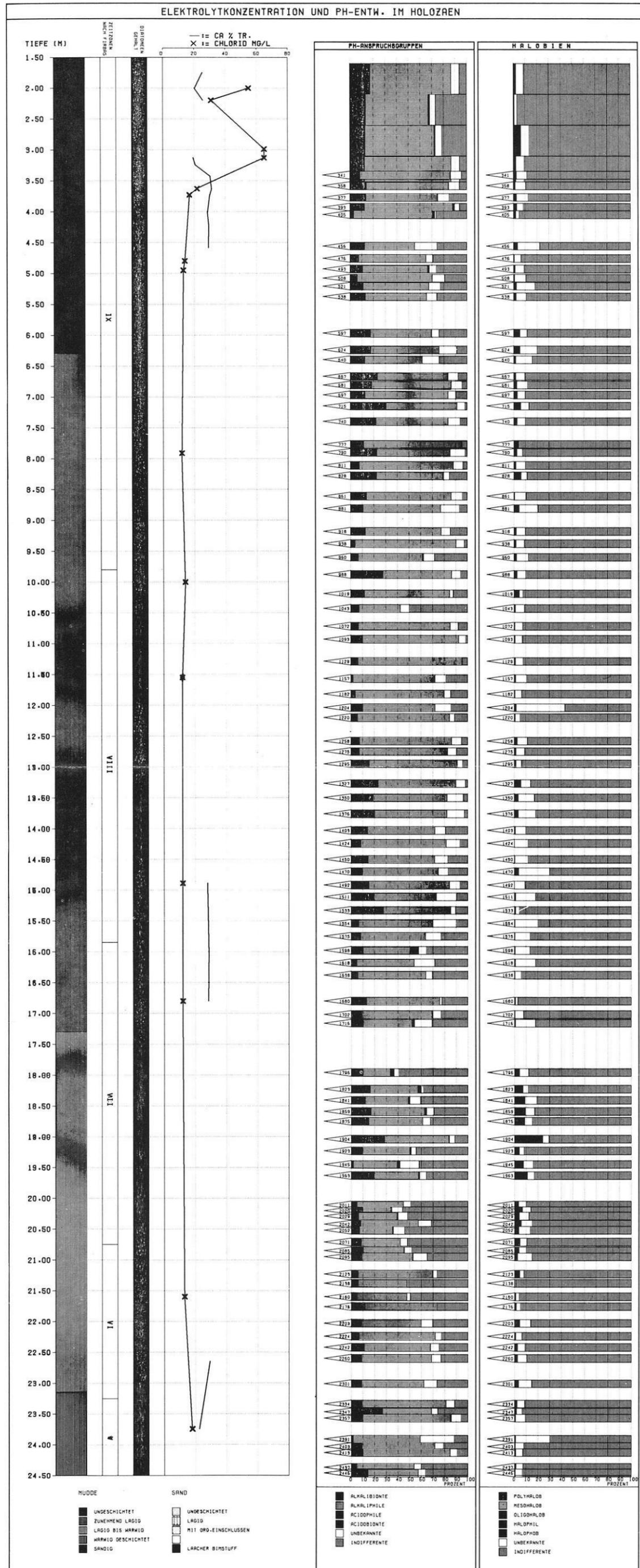
- |             |
|-------------|
|             |
| FRAGILARIEN |
| UEBRIGE     |



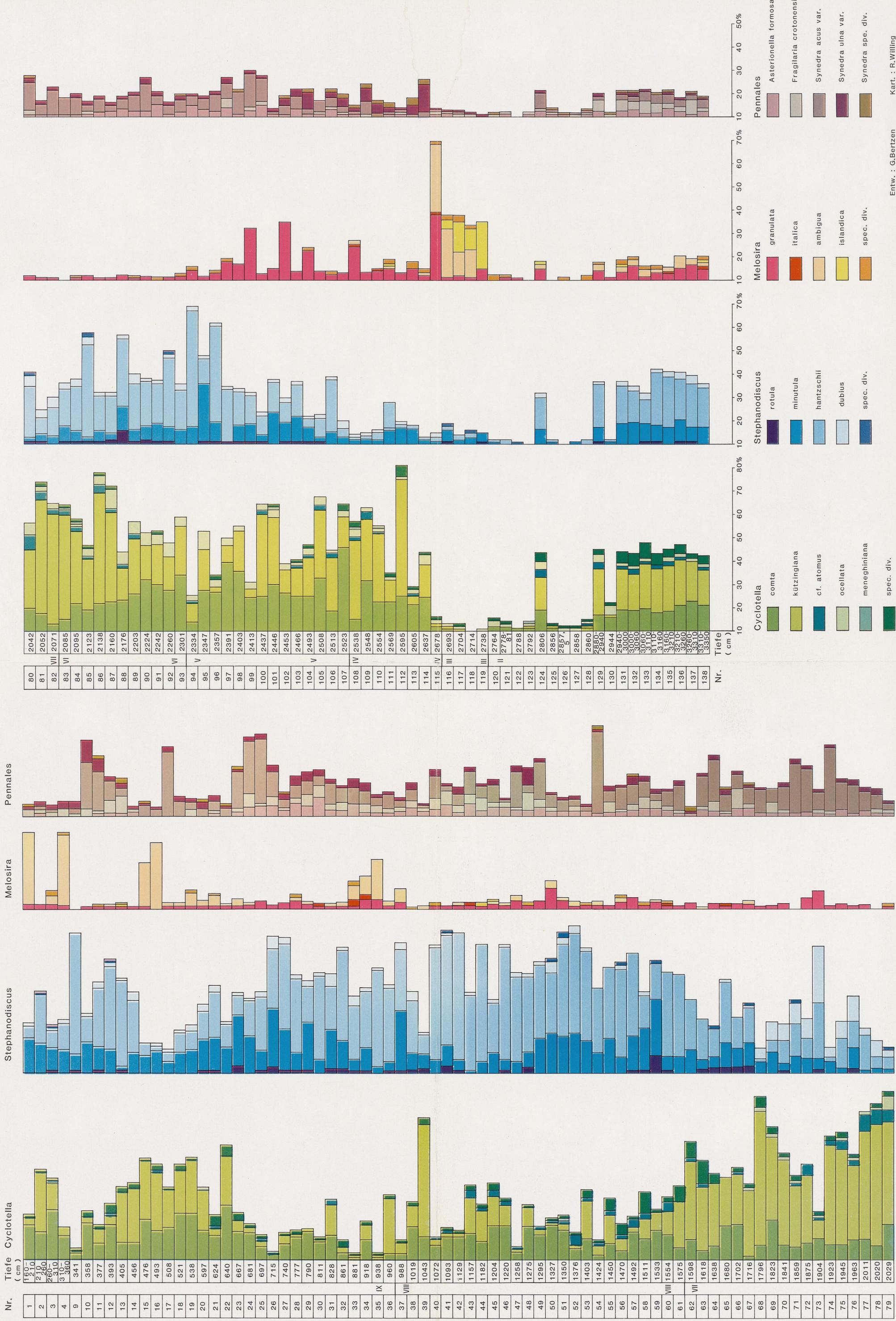
# Anlage 4



# Anlage 5



VORKOMMEN WICHTIGER PLANKTONDIATOMEEN



Entw. : G.Bertzen

Kart. : R.Willing