

Ökologie und Umweltsicherung

21/2001

Studien über Mikroalgen
in Nordhessen

Tobias Scheer
Helge Schmeisky
(Ed.)

Ökologie und Umweltsicherung

21/2001

Studien über Mikroalgen in Nordhessen

Tobias Scheer
Helge Schmeisky
(Ed.)

Universität – Gesamthochschule Kassel

Fachbereich Landwirtschaft, Internationale Agrarentwicklung
und Ökologische Umweltsicherung

ISSN 0943-7223

Vergleichende Untersuchungen von Diatomeengemeinschaften in Baggerseen des Werratal bei Witzenhausen

Wolfgang Krüger

Abstract

The population of diatoms in six bodies of standing water - five gravel pits and one clay pit - in the lower Werra valley near Witzenhausen was examined in relation to the physicochemical characteristics of the water. All waters are eutrophic or mesotrophic and oligohalobous. Nutrient content, salinity and other hydrochemical parameters vary from pond to pond due to influences from geomorphological features, agricultural uses of adjacent land, flooding and groundwater movement.

Every pond is characterized by a specific community of diatom species. In three ponds *Achnanthes minutissima* is the predominant species in association with different others. In the most saline pond *Nitzschia inconspicua* predominates.

In two ponds littoral and pelagic zones were examined separately. Whereas in one pond the two zones had the same diatom species, the other pond featured a typical euplankton in the pelagic zone. No significant differences in the composition of species were found at different depths. In total, 313 taxa of diatoms were identified in the ponds.

One goal of the study was the application of diatom indices for the assessment of water quality and comparison of these indices to indices derived from abiotic parameters. The two methods of water quality assessment were found to yield similar results.

Apart from the central goal, morphological variations of the frustules of the *Cyclotella ocellata* group were observed in the course of the year.

1 Einleitung und Zielsetzung

In den achtziger und neunziger Jahren wurden vom Fachgebiet Kulturtechnik und Ressourcenschutz der Gesamthochschule Universität Kassel im Teilstandort Witzenhausen die vielseitigen Wechselwirkungen zwischen der Werra und den sie umgebenden Subsystemen untersucht (WOLFF & INTLEKOFER 1982/83, WOLFF et al. 1983, WOLFF & SCHLOTTER 1983/84, WOLFF & SCHLOTTER 1985, WOLFF et al. 1985/86, WOLFF & HERRMANN 1985/86, SCHELLERT et al. 1986/87a, SCHELLERT et al. 1986/87b, SCHELLERT 1987/88, WOLFF & KEITA 1988, WOLFF & SCHELLERT 1988/89, SCHWEERS et al. 1997, KAHLERT (1993), KRÜGER (1994), SCHWEERS & KRÜGER (1997). KAHLERT (1993) hat sich u.a. mit den Auswirkungen des Salzeinflusses auf zwei wichtige Insektengruppen des Süßwassers (Chironomiden und Trichopteren) der im unteren Werratal gelegenen Stillgewässer beschäftigt.

Die hier vorliegende Arbeit untersucht im Anschluss an KAHLERTS Arbeit die Diatomeenflora in sechs der zehn von KAHLERT (1993) behandelten Baggerseen (Abb.1).

Im Einzelnen geht es in dieser Arbeit um

- a) eine Bestandsaufnahme der Diatomeen in den sechs Stillgewässern,
- b) den Vergleich der Diatomeenvorkommen in den einzelnen Seen in Abhängigkeit von den physikalisch-chemischen Gegebenheiten,
- c) den Vergleich litoral-benthischer Diatomeengemeinschaften mit solchen aus dem pelagial-planktonischen Bereich (am Beispiel zweier Baggerseen),
- d) den Versuch, Trophie und Salinität der jeweiligen Gewässer anhand der Diatomeen zu klassifizieren und diese Klassifizierung mit der von KAHLERT (1993) zu vergleichen.

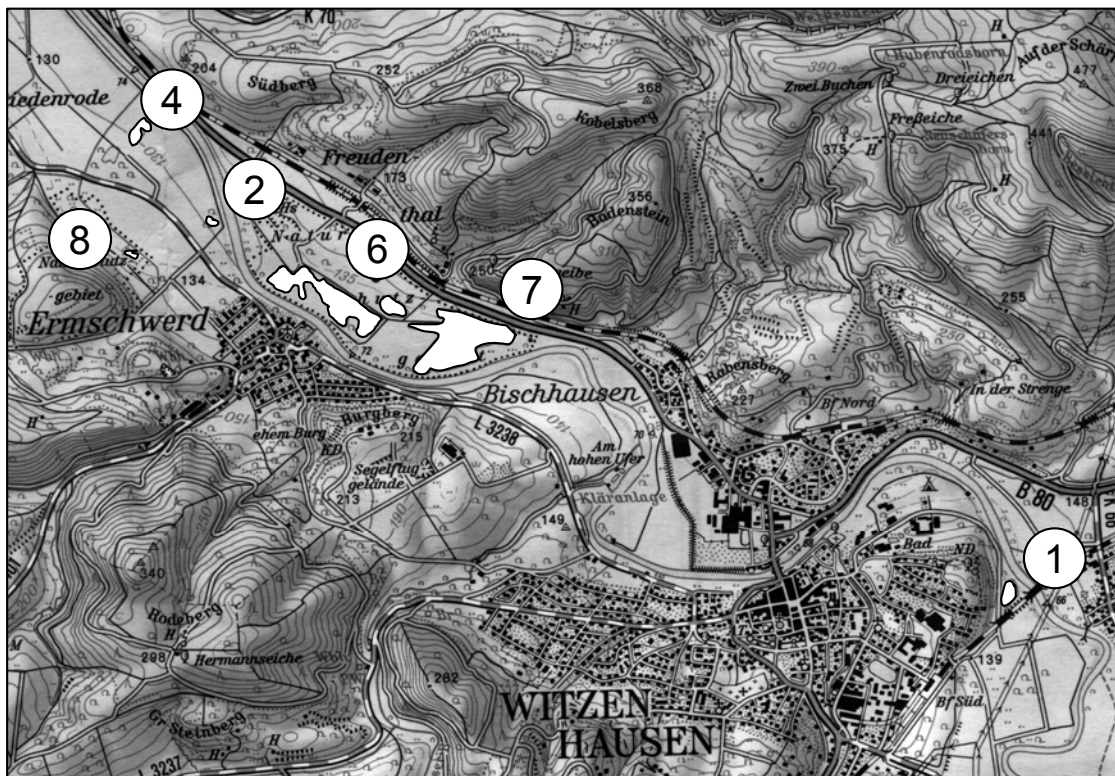
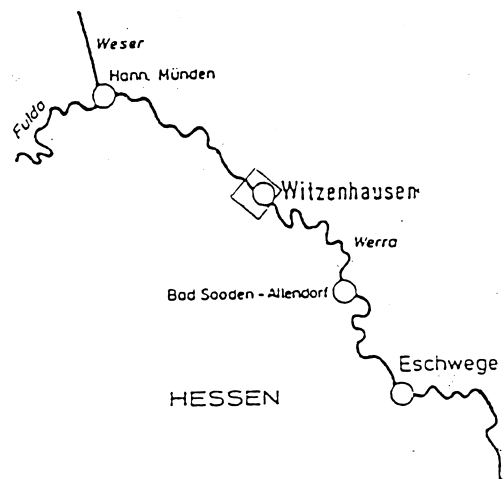


Abb. 1: Lageplan der untersuchten Baggerseen und der Werra bei Witzzenhausen.

2 Material und Methoden

Im Jahre 1993 wurden im Zweimonatsrhythmus (Februar bis Dezember) Proben aus den sechs Gewässern sowohl a) mit dem Planktonnetz (Fa. Hydrobios, 10 µm Maschenweite) als auch b) durch Abkratzen von Steinen und Pflanzen vom Ufer aus entnommen und als Mischproben weiter behandelt.

Das Problem, das sich aus dem unbekanntem Mengenverhältnis aus der Fläche des abgekratzten Substrats und dem Volumenverhältnis des Planktons ergibt, das den Netzfängen zugrunde liegt, wird in einem späteren Abschnitt diskutiert.

In den Jahren 1994 bis 1996 wurden aus den Seen 6 und 7 im Vierteljahresrhythmus mit dem Ruttner-Schöpfer und dem o.a. Planktonnetz weitere Entnahmen in der Gewässermitteln aus unterschiedlichen Tiefen durchgeführt. Wegen der jahreszeitlichen Schwankungen der Gewässertiefen waren immer gleiche Tiefenunterschiede bei den Schöpfproben leider nicht möglich. Gleichzeitig mit der Entnahme der Diatomeenproben wurden durch Mitarbeiter des o.a. Fachgebiets Messungen abiotischer Parameter durchgeführt und mitgenommene Wasserproben später im Labor analysiert.

Für die Ermittlung der Eigendaten der Wasseranalysen kamen folgende Methoden bzw. Geräte zum Einsatz:

Temperatur

Die Messung erfolgte elektrometrisch mit Gerät LF 191, WTW, Weilheim.

Sichttiefe

Bestimmung der Sichttiefe 1993-1994 wurde mit einem weißem Lot, ab 1994 mit einer Secchi-Scheibe vorgenommen.

Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit (Lf) wurde elektrometrisch mit dem Gerät LF 191, WTW, mit automatischer Temperaturkompensation durchgeführt.

pH-Wert

Die Bestimmung wurde elektrometrisch mit Gerät pH 196, WTW, mit automatischer Temperaturkompensation vorgenommen.

O₂-Gehalt und O₂-Sättigung

Wurden elektrometrisch mit Gerät OXI 196, WTW, mit automatischer Temperaturkompensation durchgeführt.

Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB₅)

Der BSB₅ wurde elektrometrisch mit den Geräten WTW OXI 196, in Winkler-Flasche und Magnetrührer Ikamag EO + S der Firma Jahnke und Kunkel bestimmt.

Säurebindungsvermögen (SBV)

Das SBV wurde durch Titration nach Merck bestimmt.

Phosphat

Die PO₄-Bestimmung erfolgte mit Hilfe von Spektrquant und Photometer SQ 115 der Firma Merck.

Ammonium, Nitrit und Nitrat

NH₄, NO₂ und NO₃ wurden 1993-1994 mit Spektrquant und Photometer SQ 115 (Merck), ab 1994 mit Autoanalyzer II, Firma Technicon gemessen.

Natrium und Kalium

Na und K wurden mit Flammenphotometer 543 (Instrumentation Laboratory) gemessen.

Calcium, Sulfat, Chlorid

Die Bestimmung von Ca, SO₄ und Cl⁻ wurde 1993-1994 mit Spektroquant und Photometer SQ 115 (Merck), ab 1994 mit Autoanalyzer II (Technicon) durchgeführt.

Eisen, Silicium

Fe und Si wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum mit Spektroquant und Photometer SQ 115 (Merck) gemessen.

Alle Diatomeenproben wurden nach dem Sedimentieren dekantiert, mit verdünnter Salzsäure gekocht, ausgewaschen, mit konzentrierter Schwefelsäure abermals gekocht, mit Kaliumnitrat versetzt und wieder ausgewaschen und reduziert.

Als Einbettungsmittel fanden anfangs Styrax, später Hyrax und Naphrax Verwendung.

Von jeder Probe wurden mindestens zwei Streupräparate hergestellt und die jeweils vorhandenen Taxa bestimmt. Hierzu wurden folgende Werke benutzt: KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1991a, 1991b, 1997), LANGE-BERTALOT (1993), KRAMMER (1992); außerdem Überprüfungen durch die ebengenannten Autoren sowie Herrn R. Klee, Herrn W. Scheffler und Frau G. Hofmann.

In jedem Präparat wurden meist 300 bis 400 Schalen ausgezählt und die Häufigkeit prozentual ausgerechnet. Die (meist geringe) Menge der unbestimmbaren Individuen wurde prozentual den zehn häufigsten Taxa zugeordnet.

In dieser Arbeit werden fünf Häufigkeitsstufen verwendet, die auch für die Artenlisten gelten: mh = massenhaft (über 50%), sh = sehr häufig (10% - 50%), h = häufig (2% - 9,9%), m = mehrfach (0,1% - 1,9%) und v = vereinzelt (unter 0,1%).

Die Angaben über die Trophie in den Tabellen und Grafiken dieser Arbeit beziehen sich ausschließlich auf HOFMANN (1994); die Trophiebestimmung wurde nur nach dieser Autorin durchgeführt. Ihr Trophie-Index berechnet sich nach dieser Formel:

$$TI = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot G_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n H_i \cdot G_i}$$

TI = Trophie-Index; H_i = relative Häufigkeit der i-ten Art;
G_i = Gewichtung der i-ten Art, T_i = Lokation der i-ten Art
(HOFMANN 1994)

Die Angaben über die Salinität fußen weitgehend auf den Aussagen von STRECKER (1997) und ZIEMANN (1991).

Dem Halobien-Index liegt folgende Formel zugrunde:

$$H = \frac{\sum h_H - \sum h_X}{\sum h} \times 100$$

HI = Halobien-Index , $\sum h_H$ = Summe aller salzanzeigenden Arten;
 $\sum h_X$ = Summe aller salzmeidenden Arten; $\sum h$ = Summe aller im
(Salz)wasser vorkommenden Arten (nach MEINEL & BARLAS 1987)

Die Mikrofotos wurden vom Verfasser mit einer Leica MPS 12 auf Agfaortho 25 aufgenommen.

3 Geologie, Grundwasserproblematik, Böden und Landnutzung im unteren Werratal bei Witzenhausen

In den im 1. Abschnitt aufgeführten Arbeiten sowie der von LÄTSCH & MAURER (1982) werden zu diesem Abschnitt umfangreiche Ausführungen gemacht, so dass hier nur eine kurze Zusammenfassung gegeben werden soll.

Das untere Werratal bei Witzenhausen verdankt im Wesentlichen seine heutige Gestalt, aber auch seine geomorphologische Ausstattung den Auswirkungen der Eiszeit. Im Pleistozän entstanden in einer Bruchzone die Vorläufer der Werra, die hier ein meist weites, teilweise jedoch verengtes Tal schufen und mit ihren Sinkstoffen bedeckten. Im Holozän wurden dann Sand, Kies, Lehm und Löß herangeführt und abgelagert. Die Werra fand allmählich ihren heutigen Lauf, ständige Überflutungen führten jedoch immer wieder zu Veränderungen sowohl des Flusslaufes als auch des Untergrundes.

Von Bedeutung ist auch die geologische Gestaltung des seitlichen Talabschlusses. Muschelkalkstöcke (Badenstein, Mittelberg und Galgenberg auf der einen, Burgberg und Heegen bei Ermschwerd auf der anderen Seite) liegen auf oder in den älteren Formationen des Buntsandsteins, die sich höher als die Kalkberge und meist nach Nordosten und Südwesten erstrecken, ohne hier mit Ausnahme des Sulzberges und des Johannisberges den Saum des unteren Werratales zu bilden.

Die alluvialen Kiesschichten von bis zu sechs Metern Mächtigkeit werden von einer ca. 2 m starken Lehmdeckschicht überlagert, die durch vom Hochwasser mitgeführten Schluff- und Tonfraktionen sowie durch Winde zugetragenen Löß allmählich gebildet wurde.

Die heutigen Hochwasser sind sowohl Überschwemmungen als auch hochgedrückte Grundwasserstände, die durch die mitgeführte Salzfracht die Böden teilweise erheblich versalzen. „Mit zunehmender Entfernung von der Werra“ nimmt aber „der Salzgehalt“ des Bodens „in der Regel in 1 und 2 m Tiefe ab“ (KAHLERT 1993). Das gleiche gilt für die Grundwasserströme. Abhängig ist die Salzbelastung der Böden auch von deren Wasserdurchlässigkeit.

„Entsprechend der Entfernung zum Fluss steht das Grundwasser 1-3 m unter Flur“ (KAHLERT 1993). Effluente Verhältnisse sind im Allgemeinen vorherrschend. Besonders im Frühjahr und im Winter dringt das Wasser aber auch durch den Schotterkörper in die Aue ein. Die Baggerseen in ihr werden jedoch - vermutlich auf Grund ihrer

Sedimentabdichtung - deutlich weniger über das Grundwasser von der Werra beeinflusst, als durch die periodisch stattfindenden Überschwemmungen der Aue (WOLFF & SCHELLERT 1988/89). „Dieser Zusammenhang wird auch dadurch indiziert, dass sich seit dem Nachlassen der Salzkonzentrationen der Werra kaum Veränderungen im Salzgehalt derjenigen Baggerseen ergeben haben, die nicht periodisch überschwemmt werden, obwohl ... die meisten ... noch im Einflussbereich des gelegentlich influenten Grundwassers liegen“ (SCHWEERS et al. 1997).

In den letzten Jahren hat sich die Salzfracht der Werra im Jahresdurchschnitt vermindert. Der Salzgehalt schwankt noch immer stark, sowohl im Jahresverlauf als auch in kürzeren Intervallen. So lagen die Werte der elektrischen Leitfähigkeit in den Jahren 1993 bis 1995 zwischen 1,15 und 15,62 dS/m (SCHWEERS et al. 1997), während sie in der zweiten Hälfte 1986 noch zwischen 9,06 und 32,90 dS/m gelegen hatten (SCHELLERT et al. 1987). Die Konzentration ist einerseits abhängig von der Wassermenge sowohl im jahreszeitlichen Wechsel als auch vom Wettergeschehen und andererseits von den Produktionsverläufen in den Kaliwerken. „Hohe Salzkonzentrationen.... gingen mit niedrigen Wasserständen, z.B. im Herbst 1994 (10,10 dS/m) und im Sommer 1995 (8,90 dS/m) einher“ (SCHWEERS 1999). Bei hohen Wasserständen sinken die Werte stark ab, so z.B. zu Beginn des Jahres 1995 (2,30 dS/m) (SCHWEERS 1999). Sogar kurze Pausen in der Produktion der Kaliwerke, z.B. zu Weihnachten 1994, machen sich in der Werra bei Witzenhausen bemerkbar.

Die Landnutzung im unteren Werratal wird durch intensiven Ackerbau bestimmt. Zwar gibt es auch einige Grünlandflächen, doch vorherrschend werden Zuckerrüben, Kartoffeln, Getreide (vielfach Mais) und in letzter Zeit auch Raps angebaut. Das Hochwasser gefährdet meist nur die Quantität, kaum die Qualität der Ernten.

Soweit die sechs Gewässer im Einzugsgebiet von Ackerflächen liegen, wird ihr Nährstoffgehalt (Phosphor-, Stickstoff- und Kalium-Verbindungen) durch die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Bearbeitungsweise in unterschiedlichem Maße angereichert, je nach geologisch-topologischen Uferverhältnissen und der Intensität der Düngung.

4 Lage und Beschreibung der untersuchten Seen, Begleitflora und Diatomeenbesiedlung

Vorbemerkung

In der Beschreibung der Seen findet sich eine ausführliche Auflistung der höheren Begleitflora, um erstens eine Dokumentation dieser Flora überhaupt vorzulegen und um zweitens durch diese Auflistung den besonderen Charakter jeden Sees sowohl auf höherer Stufe herauszustellen, als er auch auf der Stufe der Diatomeen später dargelegt wird.

Die Aufnahme der Höheren Flora ist durch den Witzenhäuser Botaniker Ernst Baier erfolgt, der Autor hat hier nur unterstützende Arbeit geleistet. Die Nomenklatur der Höheren Pflanzen richtet sich nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998).

See 1

A) Der See liegt östlich des hier recht steil abfallenden Johannisberges unmittelbar neben einer die Werra überquerenden Eisenbahnbrücke und 20 m von der Werra entfernt. Er ist 1,052 ha groß, wird von Grünland umgeben und hat flache Ufer. Ein kleiner Röhrichtgürtel umgibt fast den gesamten See, der offiziell zum Angeln benutzt wird (Abb. 2).

Das Grundwassereinzugsgebiet ist sehr klein. Der See wird hauptsächlich von der Werra durch das Uferfiltrat gespeist, doch treten dann bergbürtige Grundwasserströme auf, wenn abströmendes Seewasser ersetzt werden muss. Außerdem unterliegt der See bei jedem Hochwasser der Überschwemmung, so dass nicht nur sein Salzgehalt, sondern auch sein Nährstoffhaushalt großen momentanen Schwankungen unterworfen ist (Tab.1). Dennoch bleiben im Durchschnitt die erhobenen Parameter zwischen 1986 und 1993 gleich, nur zwei Parameter stellen eine Ausnahme dar: Cl⁻-Ionen haben stark abgenommen, Ca⁺⁺-Kationen sind vermehrt aufgetreten: erste Anzeichen der Werrawasserveränderung.



Abb. 2: See 1: Blick nach Nordnordosten.

Mit zunehmender Tiefe verändern sich nur der pH-Wert (schwach) und der Sauerstoffgehalt (deutlich) (Abb. 3). Bei der sehr geringen Tiefe ist das sicher normal. Der Seegrund besteht aus Kies.

Wassertiefe in m

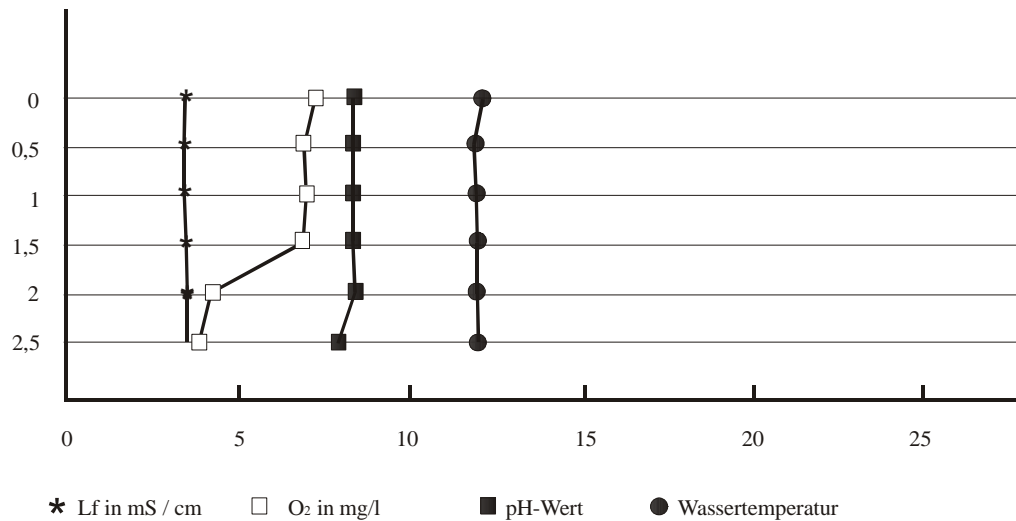


Abb. 3: See 1: Schichtungsverhältnisse im Herbst 1987
(nach WOLFF & SCHELLERT 1988).

KAHLERT (1993) klassifizierte auf Grund ihrer Befunde den See als eu-hypertroph und oligohalob.

B) An Höheren Pflanzen wurden in den letzten Jahren gefunden:

1) aquatisch

Phragmites australis
Persicaria amphibia

Potamogetum crispus
P. pectinatus

2) amphibisch

Bidens tripartita
Bolboschoenus maritimus
Eleocharis palustris s. str.
E. uniglumis
Epilobium hirsutum
Juncus compressus (Massenwuchs)
J. bufonius
J. ranarius
J. articulatus

Lycopus europaeus
Lythrum salicaria
Phalaris arundinacea
Puccinellia distans
Ranunculus sceleratus
Rorippa palustris
Rumex crispus

Tab. 1: See 1: Meßwerte der abiotischen Faktoren.

	Temp.	Sicht- tiefe	Lf	pH	O ₂	O ₂ Sät.	BSB5	SBV	Ortho- phosphat	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Na	K	Ca	SO ₄	Cl	Fe		
	°C	m	mS/cm		mg/l	%	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
1986 -	0,1 -	0,1 -	3,02 -	7,6 -	4,0 -	36 -	0 -	2,1 -	0 -	0 -	0 -	0 -			58 -	85 -	250 -	0 -	WOLFF & SCHELLERT (1988)	
1988	23,5	0,6	4,70	10,2	26,7	225	21,6	14,3	1	0,56	0,4	23,7			90	300	6592	0,25		
06.06.89	17,2		3,98	8,8	11,8															
06.09.89	18,0		4,31	8,9	11,7															
08.01.90	2,3		4,00	9,0	12,4															
03.03.90			3,50	(nach dem Frühjahrshochwasser)								21,9	218	20	77	177	591		KAHLERT (1993)	
30.05.90	18,1		3,82	8,2	17,1															
08.08.90	20,8		4,38	8,5																
15.09.92			3,80	8,7																SCHWEERS et al. (1997)
13.10.92	0,5 -	0,3 -	3,80	8,7																
16.11.92	28,6	1,5	3,63	8,2																
14.12.92			3,43	7,7																
09.02.93	3,0	Eis	3,42	8,7																
05.04.93	8,0	0,2	3,50	8,1																
07.06.93	24,4	0,2	3,60	8	12,6					0,53	0,083	0,14			49	201	820	0,10	eigene Erhebung (KRÜGER & LABENSKI)	
25.08.93	18,3	0,15	3,64	9	8,2	94	6,4	7,5	0,115	0,77	0,108	1,28			150	177	92	0,24		
20.10.93	9,0	0,6	3,53	7,8				10,0	0,031	1,33	0,042	1,15			70	129	96	0,14		
14.12.93	3,4	0,5	3,42	7,7	9,7	75	8,8	7,9	0,004	0,73	0,073	2,60			149		97	0,08		

3) terrestrisch (in unmittelbarer Nähe des Wassers)

Gehölze

<i>Populus</i> Hybride	<i>Acer campestre</i>
<i>P. nigra</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>A. incana</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Rosa canina</i>	<i>Cornus sanguinea</i>
<i>Lonicera ledebourii</i>	<i>Sambucus nigra</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Rubus fruticosus</i> aggr.
<i>Salix babylonica</i>	
<i>S. x stipularis</i>	
<i>S. pentandra</i>	
<i>S. alba</i>	
<i>S. caprea</i>	
<i>S. aurita</i>	

Krautige

<i>Carex hirta</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>
<i>C. disticha</i>	<i>Geranium pratense</i>
<i>C. muricata</i> aggr.	<i>Anthriscus sylvestris</i>
<i>Poa trivialis</i>	<i>Chaerophyllum temulum</i>
<i>P. annua</i>	<i>Ch. bulbosum</i>
<i>P. pratensis</i>	<i>Conium maculatum</i>
<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Angelica sylvestris</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Heracleum sphondylium</i>
<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Pastinaca sativa</i>
<i>Festuca pratensis</i>	<i>Galium album</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>G. aparine</i>
<i>Ranunculus repens</i>	<i>Calystegia sepium</i>
<i>R. acris</i>	<i>Myosotis arvensis</i>
<i>Urtica dioica</i>	<i>Symphytum officinale</i>
<i>Cerastium holosteoides</i>	<i>Scrophularia nodosa</i>
<i>Rumex crispus</i>	<i>Plantago major</i>
<i>R. acetosa</i>	<i>P. lanceolata</i>
<i>R. obtusifolius</i>	<i>Glechoma hederacea</i>
<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Lamium purpureum</i>
<i>Alliaria petiolata</i>	<i>Solidago gigantea</i>
<i>Barbarea vulgaris</i>	<i>Bellis perennis</i>
<i>Armoracia rusticana</i>	<i>Tanacetum vulgare</i>
<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Tripleurospermum perforatum</i>
<i>Geum urbanum</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>
<i>Potentilla anserina</i>	<i>Arctium spec.</i>
<i>P. reptans</i>	<i>Cirsium arvense</i>
<i>Medicago lupulina</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
<i>Trifolium repens</i>	
<i>T. pratensis</i>	

C) Diatomeenbefunde: Obwohl See 1 und Werra wassermäßig relativ eng verbunden sind, bleiben – wie weiter oben ausgeführt – die erhobenen physikalisch-chemischen Parameter im Jahresverlauf in verhältnismäßig geringen Amplituden. Während in der Werra die „natürlichen“ Dominanzwechsel der Diatomeenpopulation durch die hohen Schwankungen der Salzkonzentration im Laufe des Jahres gestützt oder gebremst werden, verlaufen die Populationsveränderungen im See störungsfreier, sind also (fast) rein jahreszeitlich bedingt (siehe Tab. 2). Infolgedessen ist auch die Diatomeenflora im See ganz anders zusammengesetzt als die in der Werra.

Vor allem fallen die Arten, die gegen die Schwankungen der Salinität eine hohe Resistenz entwickelt haben und die Dominanzstruktur der Diatomeen in der Werra mit bestimmen (z.B. *Navicula lanceolata*, *N. perminuta*, *Diatoma moniliformis* oder *Suriella brebissonii* var. *kützingii* [siehe KRÜGER 1994]) sehr stark zurück. – Lediglich in Hochwasserjahren treten die eben genannten Spezies mehr in den Vordergrund, „stören“ aber nur kurzfristig die autochthone Diatomeenbesiedlung (siehe auch See 6).

Mit 108 Taxa hat dieser See die geringste Anzahl der bestimmbaren Arten von allen sechs untersuchten Gewässern. An den einzelnen Beprobungstagen kamen unterschiedliche Fangergebnisse zusammen. Es waren aber gemeinsame Tendenzen in der Artenanzahl und ihrer Verteilung auf die Abundanzen zu erkennen. Für die Abb. 4 wurden die Artenanzahlen der besseren Vergleichbarkeit wegen im Hinblick auf die Diversität in Prozente umgerechnet. So stellen z.B. bei der Untersuchung der Probe von April 93 (1.2) 2% der gefundenen (einen) Art(en) 56% der gezählten Individuen, 13% (sieben Arten) 11,3% und 49% (26 Arten) nur 2,3%. Wenn sich auch für jede Probe ein anderes Diversitätsbild ergibt, so wird doch deutlich, dass die Populationsstrukturen eines Sees insgesamt ziemlich einheitlich sind: Dominanzen ganz weniger Arten steht eine Vielzahl anderer Arten in zunehmend geringerer Abundanz entgegen.

Vorherrschend ist *Nitzschia inconspicua*, mit Höhepunkten in der zweiten Jahreshälfte. Umgekehrt ist der Verlauf des Vorkommens von *Thalassiosira pseudonana*, die in den Proben im Februar die häufigste Diatomee, in den restlichen Proben jedoch nur noch in geringer Häufigkeit zu finden ist. Leider ließ der Zustand der Februar-Präparate keine Zählungen zu.

Tab. 2: See 1: Übersicht über die häufigsten Taxa in der Mischprobe

Pro- be ¹	<u>Abundanz (in %)</u>		
	massenhaft	sehr häufig	häufig
1	Wegen ungeeigneter Präparate keine Assoziationsanalyse (<i>Thalassiosira pseudonana</i> ist [geschätzt] die häufigste Art)		
2	<i>Gomphonema parvulum</i> 55,9		<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 6,9 <i>Nitzschia inconspicua</i> 6,3 <i>Denticula subtilis</i> 5,1 <i>Fragilaria fasciculata</i> 3,6 <i>Navicula gregaria</i> 3,6 - <i>capitata</i> var. <i>hungarica</i> 2,9 <i>Nitzschia paleacea</i> 2,1
3	<i>Nitzschia paleacea</i> 60,0		<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> 5,0 <i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> 4,8 - <i>gregaria</i> 3,4 <i>Nitzschia inconspicua</i> 3,4 - <i>frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 3,1
4		<i>Nitzschia inconspicua</i> 46, - <i>frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 0 11, 5	<i>Amphora pediculus</i> 8,8 <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 5,3 <i>Epithemia sorex</i> 3,4 <i>Cyclotella meneghiniana</i> 2,9 <i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i> 2,5 <i>Epithemia adnata</i> 2,2
5		<i>Nitzschia inconspicua</i> 26, 0	<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 8,1 <i>Amphora pediculus</i> 7,4 <i>Nitzschia supralitorea</i> 5,5 <i>Navicula gregaria</i> 5,0 <i>Nitzschia constricta</i> 4,6 <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 4,6 <i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i> 3,6 - <i>delicatula</i> var. <i>engelbrechtii</i> 3,5 <i>Nitzschia paleacea</i> 3,5 <i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i> 3,2 <i>Achnanthes delicatula</i> var. <i>delicatula</i> 2,8
		<i>Nitzschia inconspicua</i> 43,	<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 7,0

¹ Die Probenentnahmen erfolgten im Februar (1), April (2), Juni (3), August (4), Oktober (5) und Dezember (6) im Jahre 1993.

6	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	<i>Navicula gregaria</i>	6,0
			<i>Amphora pediculus</i>	5,9
		20,	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3,0
		0	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3,0

Tab. 3: See 1: Die zehn wichtigsten Taxa der Mischproben im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen)²

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Nitzschia inconspicua</i>	29,4 %	eut	mh
- <i>paleacea</i>	13,2 %	eut	tol
<i>Gomphonema parvulum</i>	12,0 %	tol	tol
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	7,5 %	eut	tol
<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	6,1 %	eut	mh
<i>Amphora pediculus</i>	4,8 %	tol	tol
<i>Navicula gregaria</i>	3,6 %	eut	tol
<i>Cyclotella meneghiniana</i> ³	1,9 %		
<i>Epithemia adnata</i>	1,3 %	am-eut	tol
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i>	1,3 %	tol	tol

Die Abkürzungen bedeuten (nach HOFMANN 1994, excl. Salinität)

ot	oligotraphent	ph	polyhalob
ol-bmt	oligo-β-mesotraphent	mh	mesohalob
ol-amt	oligo-α-mesotraphent	hp	halophil
am-eut	α - meso-eutraphent		
eut.	eutraphent		
tol	tolerant		

Auffallend ist die hohe Leitfähigkeit⁴ während des ganzen Jahres; 23 Taxa sind halobiont (21,3%).

² Die ökologischen Angaben sind für Trophie entnommen aus HOFMANN (1994), die für Salinität hat der Autor nach STRECKER (1997) und ZIEMANN (1991) zusammengestellt.

³ Bei litoral- und pelagial-planktonischen Formen sind keine Angaben über Trophie und Salinität gemacht worden, da in der Vergleichsliteratur unterschiedliche Angaben gemacht werden. Es werden jedoch in einem späteren Abschnitt dieser Arbeit einige Aussagen über diese Taxa und ihr Verhältnis zu ökologischen Präferenzen gemacht.

Die Einschätzung der Salinität durch KAHLERT (1993) erfolgte nach dem Venice-System, also nach rein abiotischen Faktoren. Die vom Verfasser durchgeführte Berechnung des Halobien-Indexes (HI) nach ZIEMANN (1982, 1991) zeitigte folgende Ergebnisse: 25,8 im April; 21,1 im Juni; 27,5 im August; 33,0 im Oktober und 28,9 im Dezember. Der Jahresdurchschnittswert lag bei 27,3 und damit im α -oligohaloben Bereich mit deutlicher Tendenz zum mesohaloben, da KAHLERT hier nicht auffächert, muss man ihre Einschätzung dennoch als richtig bezeichnen.

Neben *Nitzschia inconspicua* erreichten auch *Gomphonema parvulum*⁵ im April und *Nitzschia paleacea* im Juni (Tab. 2) hohe Abundanzwerte, beide „sorgten“ also dafür, dass der HI für April und Juni relativ niedrig ausfiel. – Interessant ist auch das Auffinden der als haloxen geltenden *Achnanthes coarctata* in einigen Exemplaren; im Übrigen kommt diese Art auch in fast allen anderen Seen in geringer Anzahl vor. Nach KAHLERT (1993) ist See 1 eu – hypertroph.

27 Taxa dieses Gewässers gelten nach HOFMANN (1994) als eutraphent und sechs als α -meso-eutraphent; alle kommen meist in höherer Häufigkeit vor. Dem gegenüber steht nur als oligo- β -mesotraphent ein Einzelfund (*Fragilaria virescens*). Auf den ersten Blick erscheint diese Bilanz nicht ausreichend für die Einstufung als eutrophes Gewässer. Abb. 5 zeigt, dass die Dominanzstrukturen für die Berechnung des Trophie-Indexes von großer Bedeutung sind. Bei der Berechnung des Halobien-Indexes ist das weniger der Fall; hier spielt die Anzahl der Halobionten die größere Rolle (siehe Tab. 3).

Tatsächlich weisen die Berechnungen, die der Verfasser nach HOFMANN (1994) durchgeführt hat, See 1 als eutroph aus; die o.a. Einschätzung KAHLERTS war also in etwa richtig.

Im Einzelnen gab es folgende Ergebnisse; TI = 4,25; 4,96; 4,90; 5,0; 4,86; \bar{x} 4,79.

Die in den anderen fünf Seen häufig bis massenhaft vorkommende *Achnanthes minutissima*⁶ erreichte in See 1 nur einen Anteil um 1%.

Erwähnenswert ist auch, dass im Gegensatz zu den anderen Seen bis auf je einen Einzelfund von *Pinnularia microstauron* und *Caloneis silicula* keine *Pinnularien* und *Caloneen* gefunden wurden.

Außer von teilweise leicht erhöhtem Vorkommen von *Cyclotella meneghiniana* und *Stephanodiscus hantzschii* war der Anteil der zentrischen Formen in See 1 gering.

⁴ Da nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) in den meisten Gewässertypen Elektrolytgehalt und Leitfähigkeit in brauchbarer Korrelation stehen, wird in dieser Arbeit der Begriff „Leitfähigkeit“ als Exponent der verschiedenen Salzfraktionen eines Gewässers gebraucht.

⁵ Da bei allen Untersuchungen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, nur die Forma *parvulum* gefunden wurde, wird hier dieses Taxon nur als *Gomphonema parvulum* geführt.

⁶ In den untersuchten Kieseeseen ist nur die Nominatvarietät gefunden worden.

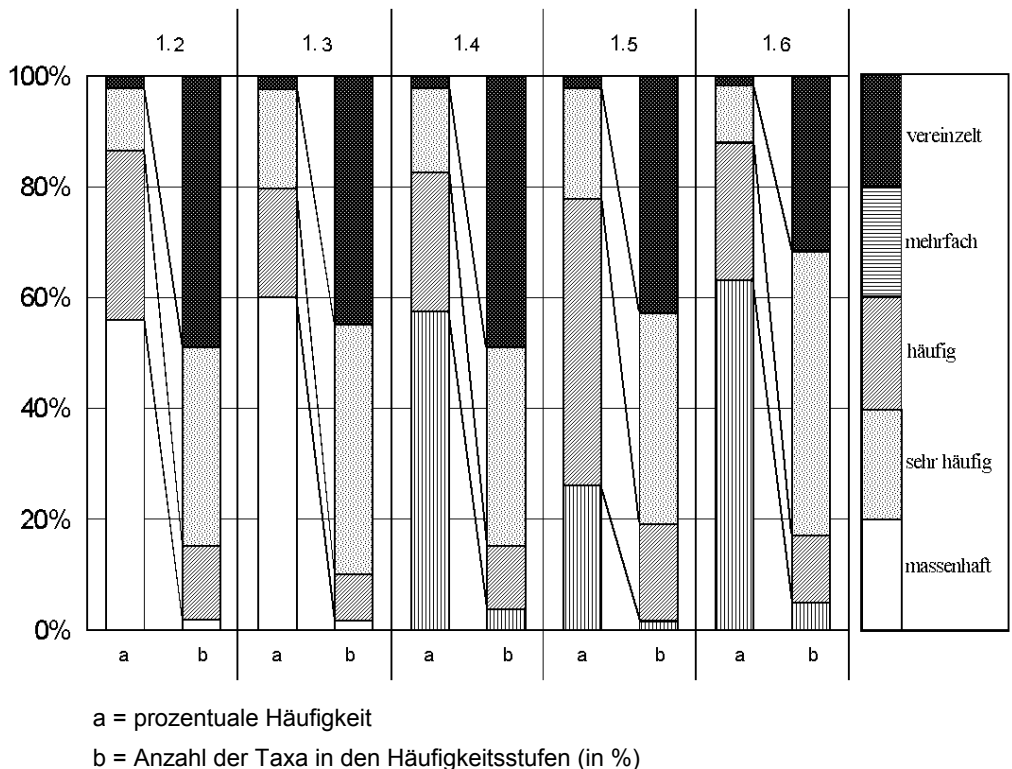
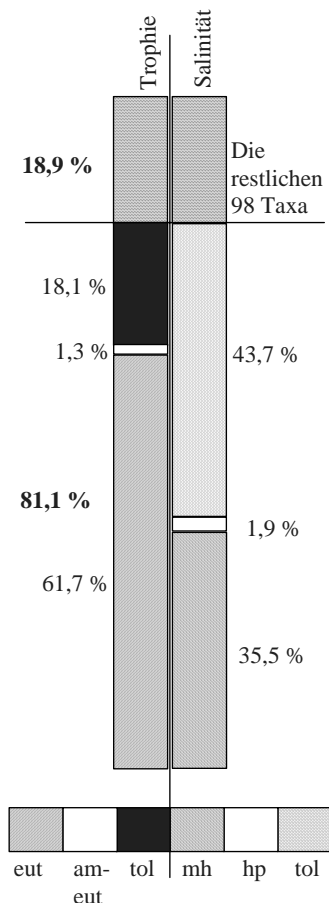


Abb. 4: See 1: Verteilung der prozentualen Häufigkeit auf die Anzahl der in Mischproben ausgezählten Taxa. (Bei Probe 1.1 konnte keine Assoziationsanalyse durchgeführt werden).

Abb. 5: See 1: Anteil der zehn häufigsten Taxa am Gesamtaufkommen aller Taxa aus den Mischproben in Bezug auf Trophie und Salinität (im Jahresdurchschnitt).



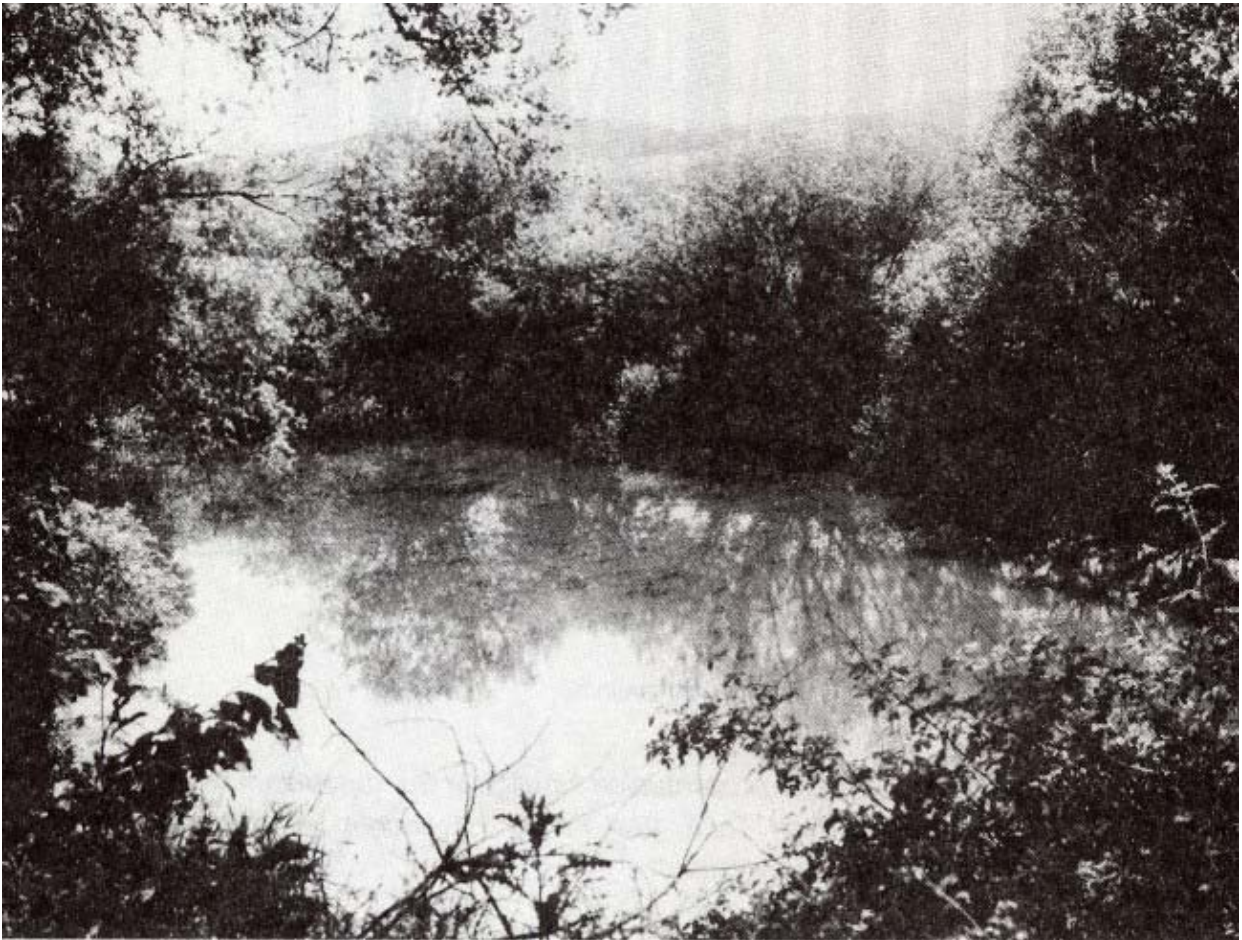


Abb. 6: See 2: Blick nach Norden.

See 2

A) Der kleine See (0,25 ha) liegt knapp 500 m westlich des Witzenhäuser Ortteils Ermschwerd und ist 50 m von der Werra entfernt. Er wird umschlossen von einem intensiv konventionell bewirtschafteten Acker und ist von hohen Pappeln dicht umwachsen und daher ganztägig im Schatten. Seine Ufer sind steil und fast ringsum mit dichtem Himbeer- und Brombeerunterholz bewachsen (Abb. 6). „Im Herbst kann der Laubfall ... den Sauerstoffhaushalt des Sees kurzfristig stark belasten und“ den „Kohlendioxidgehalt gleichzeitig emporschnellen“ lassen (SCHWEERS et al. 1997).

Der direkte Einfluss von Hochwasser ist trotz der geringen Entfernung von der Werra unwesentlich. „Der See befindet sich nämlich unterhalb der Stromschnellen bei Ermschwerd, wodurch sich der vertikale Abstand zwischen der Wasserspiegellhöhe im See und ... der im allgemeinen darunter fließenden Werra vergrößert“. Bei Hochwasser „bildet sich ein Zweigstrom, der die Werra unterhalb von Ermschwerd verlässt“ und See 2 in einer Senke „ca. 25 m südlich umströmt, um danach entweder in der Weite des flachen Feldes“ westlich von See 2 „zu versickern oder bei ausrei-

chend starkem Hochwasser noch“ See 4 zu überschwemmen „und sich schließlich ... wieder mit der Werra zu vereinigen“ (ebenda).

See 2 wird gelegentlich von Grundwässern angeströmt, die vom Heegen, einer südlich an die Werraau angrenzenden Muschelkalkformation, und den dahinterliegenden tonigen Mergeln des oberen Buntsandsteins kommen. Die erhobenen abiotischen Parameter (Tab. 4) unterscheiden sich teilweise erheblich von denen des Sees 1. Auffällig sind die hohen SO_4 -Werte und das relativ hohe Säurebindungsvermögen.

Die Schichtungsverhältnisse sind indifferenter als die von See 1, da See 2 (Abb. 7) flacher ist. – Der Grund besteht aus Feinsubstrat.

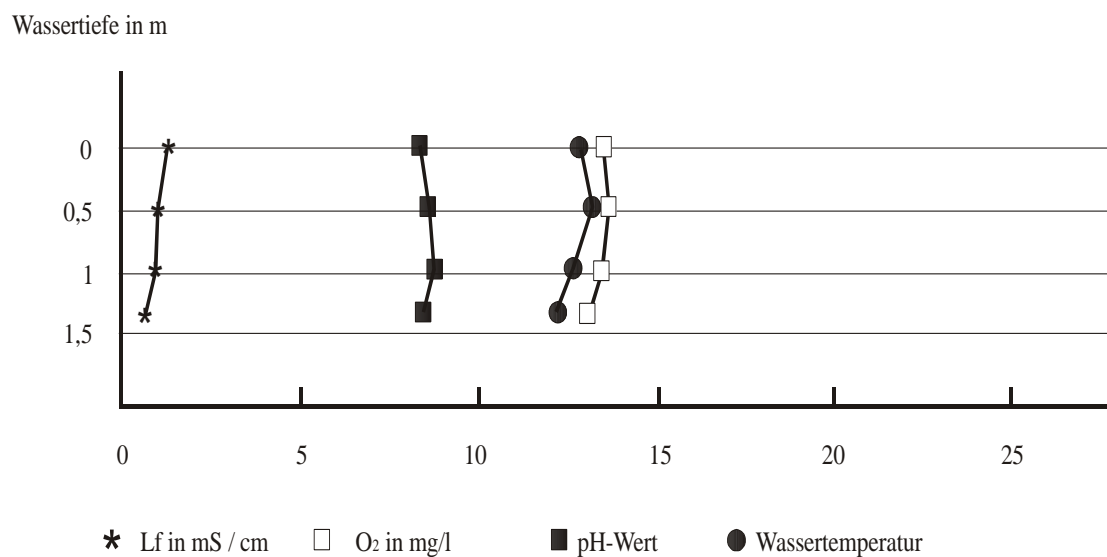


Abb. 7: See 2: Schichtungsverhältnisse im Herbst 1987 (nach WOLFF & SCHELLERT 1988).

Der See wird nach seiner Ausbeutung (Kies und Sand) nicht mehr genutzt.

B) An Höheren Pflanzen wurden in den letzten Jahren beobachtet:

1) aquatisch

Potamogeton natans

Glyceria maxima

Persicaria amphibia

2) amphibisch

Phalaris arundinacea

Lycopus europaeus

3) terrestrisch

Gehölze

Corylus avellana
Populus Hybride
Salix cinerea
S. fragilis
S. triandra
S. viminalis
Rosa canina

Rubus idaeus
- *fruticosus* agg.
Crataegus monogyna
Prunus avium
Ribes nigrum
Viburnum opulus

Krautige

Equisetum arvense
Carex hirta
C. muricata agg.
Bromus sterilis
Poa angustifolia
P. nemoralis
Dactylis glomerata
Elymus repens
Alopecurus pratensis
Ranunculus ficaria
R. repens
Urtica dioica
Silene dioica
Rumex obtusifolius
Viola hirta
V. tricolor
Alliaria petiolata
Barbarea vulgaris
Armoracia rusticana

Lysimachia nummularia
Geum urbanum
Potentilla reptans
Geranium robertianum
Epilobium hirsutum
Chaerophyllum bulbosum
Ch. temulum
Anthriscus sylvestris
Galium album
G. aparine
Dipsacus sativus
Calystegia sepium
Veronica hederifolia
Glechoma hederacea
Lamium maculatum
Mentha aquatica
Tussilago farfara
Artemisia vulgare

Tab. 4: See 2: Meßwerte der abiotischen Faktoren.

	Temp.	Sicht- tiefe	Lf	pH	O ₂	O ₂ Sät.	BSB5	SBV	Ortho- phosphat	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Na	K	Ca	SO ₄	Cl	Fe					
	°C	m	mS/cm		mg/l	%	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l				
1986 -	2,0 -	0 -	0,97 -	7,5 -	3,7 -	40 -	0 -	2,1 -	0 -	0,01 -	0 -	0 -			104 -	155 -	380 -	0 -					
1988	22,0	1,6	2,70	9,3	28,2	243	10,8	9,2	0,5	0,63	0,23	19,5			263	500	760	1,2	WOLFF & SCHELLERT (1988)				
06.06.89	23,5		1,21	8,1	8,0																		
06.09.89	13,8		1,24	7,7	4,4																		
08.01.90	1,0		2,51	7,9	15,2																		
03.03.90			1,8	(nach dem Frühjahrshochwasser)													19,1	49	5	155	162	194	KAHLERT (1993)
30.05.90	17,8		1,33	7,6	11,9																		
08.08.90	18,8		1,05	7,9	4,8																		
15.09.92			1,10	7,9																			
13.10.92	0,6	0,3 -	1,14	7,8																			
16.11.92	27,2	2,5	1,10	7,8																			
14.12.92			1,32	7,8																			
09.02.93	1	Eis	1,23	8,4																			
05.04.93	8	0,9	1,16	7,8																			
07.06.93	22,5	0,5	1,11	7,8	6,2					1,53	0,163				52	368	50	0,02	eigene Erhebung				
25.08.93	15	1,0	1,15	7,8	4,4	43	2,1	8,9	0,008	0,59	0,098			178	412	20	0,25	(KRÜGER & LABENSKI)					
20.10.93	6,2	0,8	1,09	7,4				10,4	0,004	0,27	0,030			132	417	19	0,06						
14.12.93	4,5	1,1	1,21	7,0	9,2	73	4,2	10,7	0,002	0,30	0,094			163	412	22	0,05						

Tab. 5: See 2: Die elf wichtigsten Taxa in Mischproben im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Achnanthes minutissima</i>	26,7 %	tol	tol
<i>Amphora pediculus</i>	16,7 %	tol	tol
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> ⁷	10,6 %		
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	5,0 %	tol	tol
<i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i>	4,2 %	eut	tol
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	4,0 %	eut	tol
<i>Amphora libyca</i>	3,4 %	tol	tol
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3,0 %		
<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	2,8 %	eut	mh
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1,6 %	tol	tol
<i>Navicula oblonga</i>	0,9 %	tol	tol

C) Diatomeenbefunde: Die auffälligste Art, wenn auch bei weitem nicht die häufigste, ist *Navicula oblonga*. Sie kommt nur in See 2 in allen Proben vor und fällt schon bei der Lebenddurchsicht wegen ihrer Größe auf. Im Übersichtsfeld (x 100) sind außerdem wegen ihrer Größe wichtig: *Amphora ovalis*, *Caloneis silicula* und *Stauroneis phoenicenteron*.

Dies gilt vor allem für die Probe 2 (5.4.93). Am häufigsten ist aber *Achnanthes minutissima*. Sie hat bei der zweiten Probeentnahme ein Massenaufkommen von 65% und ist auch bei den anderen Entnahmen fast immer über 10% aufgetreten (s. Tab. 6). Erwähnenswert sind noch folgende Arten, weil sie in allen Proben von See 2, wenn auch in geringer Abundanz, vorkommen: *Craticula cuspidata*, *Gomphonema acuminatum* und *G. augur* var. *augur*, *Melosira lineata* MT *orichalcea* und *Nitzschia sigmoides*; letztere ist allerdings auch in See 4 in allen Proben zu finden.

Das Verhältnis von Abundanz und Anzahl aller ausgezählten Taxa wird in Abbildung 8 dargestellt, den Anteil der wichtigsten Taxa am Gesamtaufkommen zeigt Abbildung 9.

Von den 136 bestimmten Arten sind 22 halobiont; unter den elf wichtigsten bzw. häufigsten Taxa befinden sich davon nur zwei (siehe Tab. 5).

⁷ Die Angaben in der Literatur schwanken sehr, so dass hier auf eine Festlegung verzichtet werden muss (siehe aber GEISSLER 1982).

Tab. 6: See 2: Übersicht über die häufigsten Taxa in Mischproben.

Pro- be	<u>Abundanz (in %)</u>		
	massenhaft	sehr häufig	häufig
1		<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 41,5 <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i> 24,0	<i>Cyclotella meneghiniana</i> 4,8 <i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> 4,6 <i>Melosira lin.</i> var. <i>orichalcea</i> 4,3 <i>Hantzschia amphioxys</i> 3,5
2	<i>Achnanthes minutissima</i> 65,0		<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 8,5 <i>Amphora pediculus</i> 6,3 <i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> 2,5 <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i> 2,1
3		<i>Achnanthes minutissima</i> 29,5 <i>Amphora pediculus</i> 17,0	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 9,0 <i>Amphora libyca</i> 5,6 <i>Cyclotella meneghiniana</i> 4,1 <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheria</i> 3,9 <i>Melosira lin.</i> var. <i>orichalcea</i> 2,6 <i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> 2,5
4		<i>Amphora pediculus</i> 32,2 <i>Achnanthes minutissima</i> 27,6	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 7,8 <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 5,8 <i>Stephanodiscus hantzschii</i> 3,2
5		<i>Amphora pediculus</i> 28,3 <i>Achnanthes minutissima</i> 15,7	<i>Amphora libyca</i> 5,6 <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 5,4 <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> 5,1 <i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> 4,9 <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheria</i> 3,6 <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 3,5 <i>Achnanthes conspicua</i> 3,3 <i>Cyclotella meneghiniana</i> 2,7
6		<i>Achnanthes minutissima</i> 19,0 <i>Amphora pediculus</i> 15,0	<i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> 8,7 <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 7,5 <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 5,6 <i>Amphora libyca</i> 5,1 <i>Navicula veneta</i> 4,9 <i>Nitzschia inconspicua</i> 4,4 <i>Cyclotella meneghiniana</i> 3,9

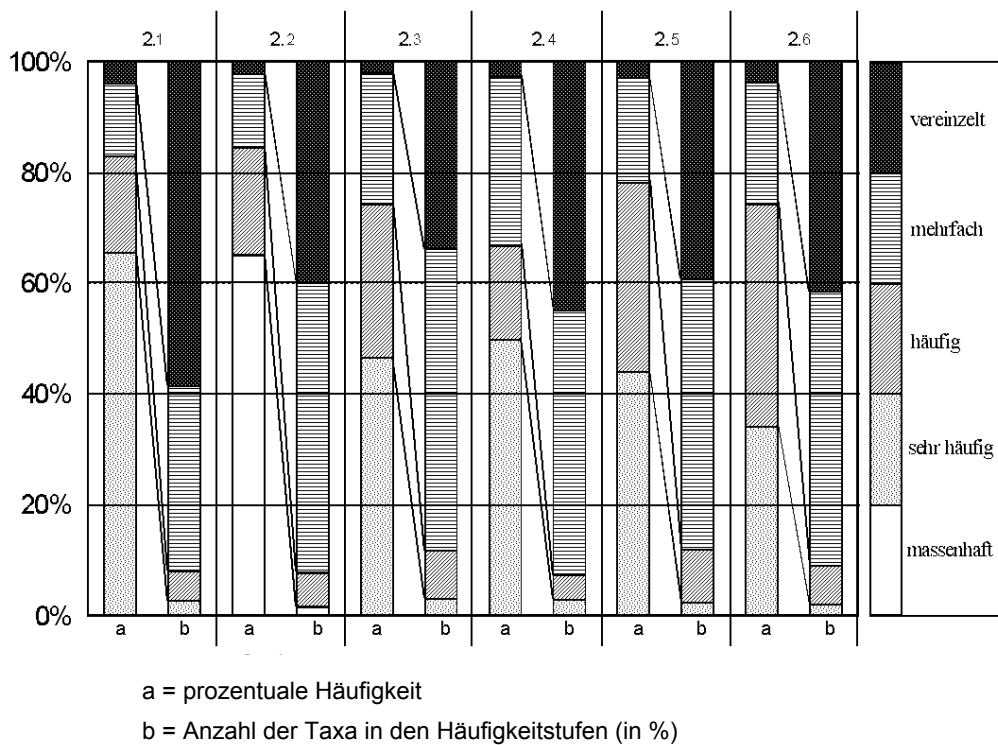
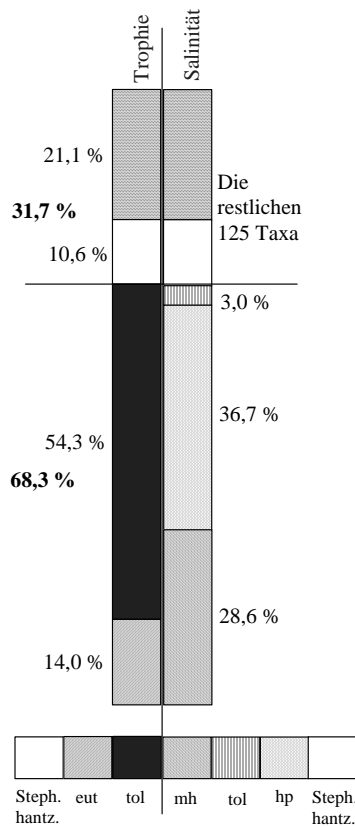


Abb. 8: See 2: Verteilung der prozentualen Häufigkeit in Mischproben auf die Anzahl der ausgezählten Taxa.

Die restlichen Halobionten⁸ kommen nur in geringer Abundanz vor. Dementsprechend fällt auch der HI der einzelnen Proben aus: 15,8 im Februar; 12,9 im April; 12,5 im Juni; 15,1 im August; 17,6 im Oktober und 15,5 deutlich im α -oligohaloben Bereich und entspricht den Angaben KAHLERTS. Die Berechnungen der Trophie-Indizes ergaben folgende Werte: 4,85 im Februar; 4,47 im April; 5,0 im Juni; 4,75 im August; 4,76 im Oktober und 4,85 im Dezember; der Jahresdurchschnittswert lag bei 4,78 und somit im eutrophen Bereich. Auch hier bestätigte sich KAHLERTS Einschätzung.

⁸ Unbefriedigend ist in diesem Zusammenhang, dass die Bewertung der Arten als Indikatoren nach ihrer relativen Häufigkeit gemessen wird. Größe oder Volumen bleiben unberücksichtigt. ZIEMANN'S (1982) Vorschlag ist kompliziert und recht ungenau. Die Vorschläge von TREMEL (1994) und TEUBNER (1994) weisen in die richtige Richtung, sind aber für den „Feld“-Diatomologen wie den Autor nicht durchführbar. Hier könnten durch Erweiterung der Diagnosen um die entsprechenden Größen in den Bestimmungswerken Möglichkeiten geschaffen werden, genauere Werte zu ermitteln.

Abb. 9: See 2: Anteil der elf wichtigsten Taxa am Gesamtaufkommen aller Taxa aus den Mischproben in Bezug auf Trophie und Salinität (im Jahresdurchschnitt).



See 4

A) Der See liegt 700 m westlich von See 2 und 190 m von der Werra entfernt. Er ist 0,895 ha groß und umgeben von intensiv bearbeiteten Feldern. Er wurde bis Anfang der 70er Jahre als Kiesgrube benutzt und anschließend als Angelsee an den Witzenhäuser Angelverein verpachtet. Im Jahre 1997 wurde die Kiesgewinnung in kleinerem Umfang wieder aufgenommen (Abb. 10).

See 4 wird auch von Hochwässern erreicht, jedoch nicht mit der gleichen Häufigkeit und Intensität wie See 1. „Bezeichnend für See 4“ ist „eine gute Durchlässigkeit des Substrats, die im Frühjahr mit einem verhältnismäßig raschen Absinken des Wasserstandes verbunden“ ist (SCHWEERS et al.1997). Der See ist kaum von Bäumen und größeren Büschen umstanden; dadurch halten sich Beschattung, Laubfall und die Bildung einer Faulschlammschicht in Grenzen. Das südliche Ufer ist ganz flach, die anderen Ufer sind ziemlich steil. Dieser südliche Teil steht im Winter oft unter Wasser. „Während dieser Zeit“ kann „es an der Stelle durch Wind und Wellenschlag offensichtlich zu einem Aufmischen des kiesig-sandigen Untergrundes und damit zu einer verstärkten Freisetzung von Kieselsäure“ kommen. „Vielleicht war auch aus diesem Grund der Aufwuchs benthischer Diatomeen im Jahre 1995 hier besonders ausgeprägt“ (ebenda).



Abb. 10: See 4: Blick nach Nordosten.

Der Zustrom kalkreicheren Grundwassers macht sich bei diesem See weniger bemerkbar als bei dem in der Nähe liegenden See 2 (Tab. 7). Die Durchschnittswerte von Cl (siehe ebenda) zeigen an, dass die Grundwasserströme, die von der Werra ausgehen, See 4 kaum erreichen. Das gelegentliche Ansteigen dieser und anderer Werte ist im Zusammenhang mit dem Hochwasser zu sehen.

Abb. 11 zeigt die Schichtungsverhältnisse dieses durchweg recht flachen Sees.

KAHLERT (1993) kennzeichnet See 4 als eutroph und oligohalob.

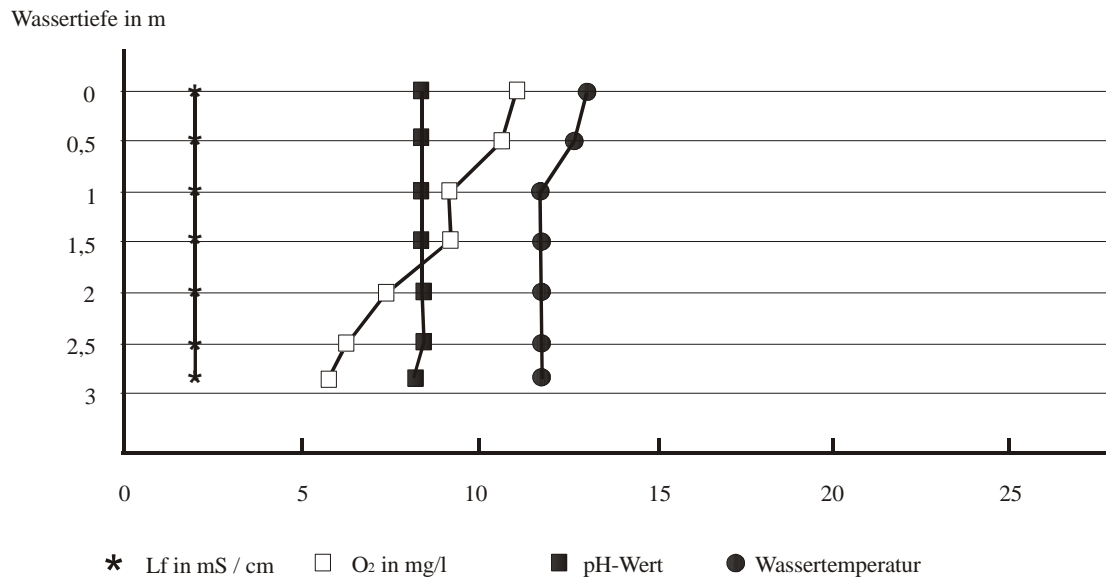


Abb. 11: See 4: Schichtungsverhältnisse im Herbst 1987 (nach WOLFF & SCHELLERT 1988).

B) An Höheren Pflanzen wurden in den letzten Jahren beobachtet:

1) aquatisch

Potamogeton natans

Persicaria amphibia

2) amphibisch

Alisma plantago-aquatica

Phalaris arundinacea

Eleocharis palustris s. str.

Typha latifolia

Agrostis capillaris

3) terrestrisch

Gehölze

Alnus glutinosa

Rubus caesius

A. incana

R. fruticosus

Malus sylvestris

Salix purpurea

Rosa canina

S. x stipularis

R. corymbifera

S. caprea

Tab. 7: See 4: Meßwerte der abiotischen Faktoren.

Temp.	Sicht- tiefe	Lf	pH	O ₂	O ₂ Sät.	BSB5	SBV	Ortho- phosphat	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Na	K	Ca	SO ₄	Cl	Fe
°C	m	mS/cm		mg/l	%	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1986 -	0 -	0,44 -	7,9 -	6,5 -	67 -	0 -	1,0 -	0 -	0 -	0 -	0 -			52 -	98 -	35 -	0 -
1988	0,90	3,14	9,9	22,3	193	13,3	8,90	0,15	0,35	0,35	15,50			164	250	1106	0,28
06.06.89	16,6	1,46	8,1	7,1													
06.09.89	15,8	1,32	8,4	13,0													
08.01.90	1,1	1,04	8,6	10,6													
03.03.90		1,00	(nach dem Frühjahrshochwasser)														
30.05.90	17,6	0,84	8,1	16,9							9,20	30	4	106	87	108	
08.08.90	20,4	0,78	8,2	10,8													
15.09.92		0,44	8,5														
13.10.92	0,6 -	0,55	8,4														
16.11.92	28,3	0,57	7,9														
14.12.92		0,53	7,9														
09.02.93	2,0	0,58	8,1														
05.04.93	8,5	0,61	8,2														
07.06.93	23,0	0,65	8,4						0,20	0,094	12,70			43	115	40	0,03
25.08.93	17,4	0,30	8,1	10,3	109	1,6	3,60	0,005	0,89	0,051	2,84			71	94	14	0,26
20.10.93	8,9	1,10	7,3				3,90	0,003	0,55	0,053	3,90			63	32	14	0,02
14.12.93	4,0	1,00	7,3	10,9	88	3,0	5,00	0,036	0,04	0,040	3,69			115	128	17	0,02

Krautige

<i>Aegopodium podagraria</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i>
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Lythrum salicaria</i>
<i>Alchemilla vulgaris</i>	<i>Medicago lupulina</i>
<i>Alliaria petiolata</i>	<i>Mentha aquatica</i>
<i>Armoracia rusticana</i>	<i>Origanum vulgare</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Pastinaca sativa</i>
<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Plantago major</i>
<i>Barbarea vulgaris</i>	<i>P. lanceolata</i>
<i>Bidens tripartita</i>	<i>Poa pratensis</i>
<i>Butomus umbellatus</i>	<i>Potentilla anserina</i>
<i>Calystegia sepium</i>	<i>P. reptans</i>
<i>Carex hirta</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Cerastium holosteoides</i>	<i>Rumex crispus</i>
<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	<i>R. obtusifolius</i>
<i>Cirsium arvense</i>	<i>R. acetosa</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Rorippa palustris</i>
<i>Dipsacus sativus</i>	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
<i>Epilobium angustifolium</i>	<i>Silene dioica</i>
<i>Equisetum arvense</i>	<i>Solidago gigantea</i>
<i>Euphorbia cyparissias</i>	<i>Tanacetum vulgare</i>
<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Trifolium hybridum</i>
<i>Galium aparine</i>	<i>T. repens</i>
<i>Geranium dissectum</i>	<i>T. pratense</i>
<i>G. robertianum</i>	<i>Tripleurospermum maritimum</i>
<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Lactuca serriola</i>	<i>Verbascum thapsus</i>
<i>Lamium argentatum</i>	<i>Veronica hederifolia</i>
<i>Lycopus europaeus</i>	<i>V. chamaedrys</i>

C) Diatomeenbefunde: Die Assoziationen der einzelnen Proben werden das ganze Jahr hindurch von *Achnanthes minutissima* mitbestimmt, sie erreicht im Juni mit 81,2% ein Massenaufkommen und im Dezember mit 9,5% ihre geringste Abundanz. Daneben treten aber in See 4 als einzigem der vier kleinen hier untersuchten Gewässer zwei Centrales in den Blickpunkt: *Cyclostephanos dubius* und *Cyclotella ocellata*⁹ (siehe Tab. 8 und 9). Beide kommen in fast in allen Proben auf hohe Abundanz und verdrängen *Achnanthes minutissima* in der zweiten Jahreshälfte vom Spitzenplatz. Dieser Aspektwechsel scheint jahreszeitlich bedingt zu sein, denn die abio-

⁹ *Cyclostephanos krammeri* Håkansson wird hier als Synonym zu *C. ocellata* Pantoczek gestellt. Der Autor folgt damit der Entscheidung von HEGEWALD & HINDÁKOWA (1997), die diese anhand ihrer Untersuchungen getroffen haben. Auch der Autor befand sich bei seinen Untersuchungen in dem gleichem Dilemma wie die beiden eben genannten und begrüßt ausdrücklich die Zusammenlegung der beiden Taxa.

tischen Parameter der Tab. 7 weisen keine signifikanten Unterschiede im Jahresverlauf auf.

Außer diesen drei Taxa sind drei weitere Arten erwähnenswert. *Amphora pediculus* liegt in allen Proben bei 5%, und *Navicula radiosa* kommt im Winter und im Frühjahr zu einer auffälligen Entfaltung. Als dritte Art bringt es eine *Fragilaria* im Februar und April zu beachtenswerter Entwicklung. Aufgrund seiner langen und schmalen Form und den nicht erkennbaren Streifen stellt der Autor diese Form zu *Fragilaria. nanana*; die ebenfalls in diesen Proben in geringerer Häufigkeit anzutreffende *F. ulna* var. *angustissima* hat deutlichere Streifen.

Einblick in die Häufigkeitsstrukturen der einzelnen Beprobungen und eine Gesamtschau der Abundanzen gibt Abb. 12.

Von den 152 verschiedenen Taxa dieses Sees sind 27 halobiont. Bei der Errechnung des HI ergaben sich folgende Werte: 16,5 im April; 10,7 im Juni; 17,7 im August; 19,5 im Oktober und 15,7 im Dezember. Daraus errechnet sich ein Jahresdurchschnittswert von 16,6. Der vermutlich höher liegende HI im Februar würde das Jahresergebnis zwar etwas nach oben schieben, doch an der Gesamtaussage nichts ändern. Diese weist noch deutlich den oligohaloben Bereich aus und entspricht damit den Angaben von KAHLERT (1993).

Signifikant niedriger sind die TI – Werte von See 4 gegenüber denen der anderen fünf Seen: 3,58 im April; 3,76 im Juni; 3,39 im August; 4,47 im Oktober und 4,17 im Dezember. Der Jahresdurchschnitt liegt damit bei 3,89, also im Meso-Eutrophen, und somit ist eine Diskrepanz zur Einstufung bei KAHLERT festzustellen.

Abb. 13 zeigt das Verhältnis der wichtigsten Taxa zum Gesamtaufkommen, vor allem im Hinblick auf Trophie und Salinität.

Tab. 8: See 4: Übersicht über die häufigsten Taxa in Mischproben.

Pro- be	<u>Abundanz (in %)</u>		
	massenhaft	sehr häufig	häufig
1	Wegen ungeeigneter Präparate keine Assoziationsanalyse		
2		<i>Achnanthes minu-</i> <i>tissima</i> 26,5 <i>Fragilaria nanana</i> 20,5 <i>Cyclotella ocellata</i> 17,4	<i>Navicula radiosa</i> 5,1 <i>Cyclostephanos dubius</i> 4,3 <i>Amphora pediculus</i> 4,3 <i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i> 2,8 <i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i> 2,3 <i>Epithemia sorex</i> 2,1
3	<i>Achnanthes</i> <i>minutissima</i> 81,2		<i>Cymbella caespitosa</i> 3,7 <i>Amphora pediculus</i> 3,4
4		<i>Cyclotella ocellata</i> 27,0 <i>Achnanthes minu-</i> <i>tissima</i> 24,1 <i>Cyclostephanos</i> <i>dubius</i> 18,0	<i>Amphora pediculus</i> 5,0 <i>Epithemia sorex</i> 3,0

5	<i>Cyclostephanos dubius</i>	40,0	<i>Cyclotella ocellata</i>	8,9
	<i>Achnanthes minutissima</i>	13,0	<i>Amphora pediculus</i>	7,0
			<i>Nitzschia inconspicua</i>	4,0
6	<i>Cyclostephanos dubius</i>	34,0	<i>Achnanthes minutissima</i>	9,5
			<i>Navicula radiosa</i>	8,9
			<i>Amphora pediculus</i>	6,7
			<i>Cyclotella ocellata</i>	5,7
			<i>Navicula capitatoradiata</i>	5,2
			<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i>	4,6
		<i>Nitzschia paleacea</i>	2,1	

Tab. 9: See 4: Die zehn wichtigsten Taxa in Mischproben im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Achnanthes minutissima</i>	30,9 %	tol	tol
<i>Cyclostephanos dubius</i>	19,3 %		hp
<i>Cyclotella ocellata</i>	11,8 %		
<i>Amphora pediculus</i>	5,3 %	tol	tol
<i>Fragilaria nanana</i>	4,3 %	ol-amt	tol
<i>Navicula radiosa</i>	3,0 %	tol	tol
- <i>reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i>	1,9 %	am-lut	tol
- <i>capitatoradiata</i>	1,6 %	eut	hp
<i>Epithemia sorex</i>	1,5 %	am-eut	tol
<i>Nitzschia inconspicua</i>	1,1 %	eut	mh

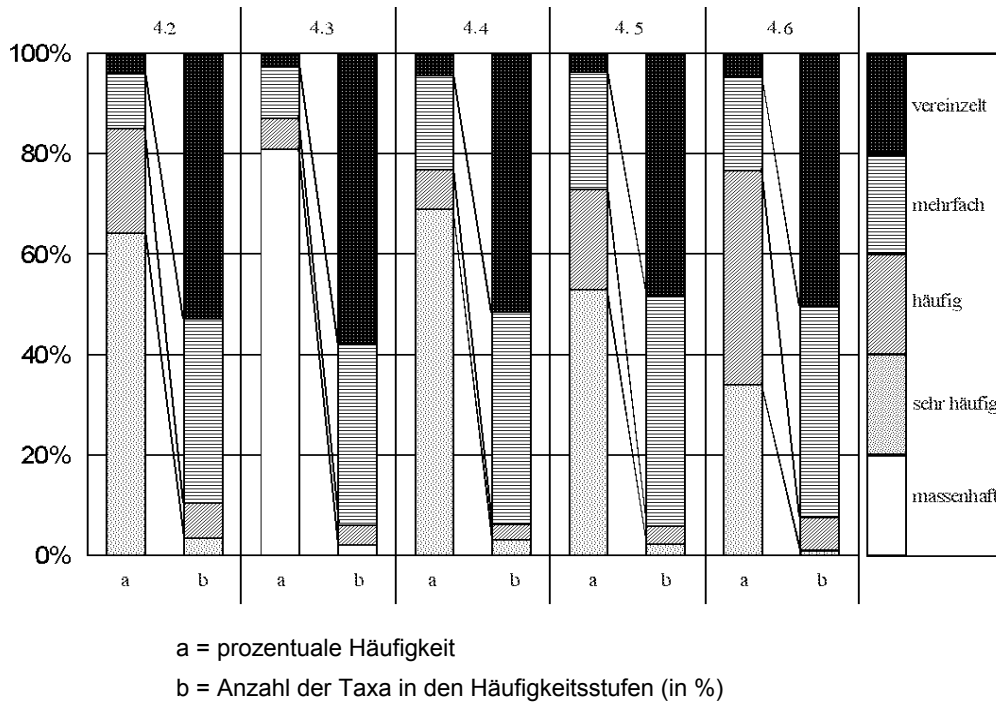
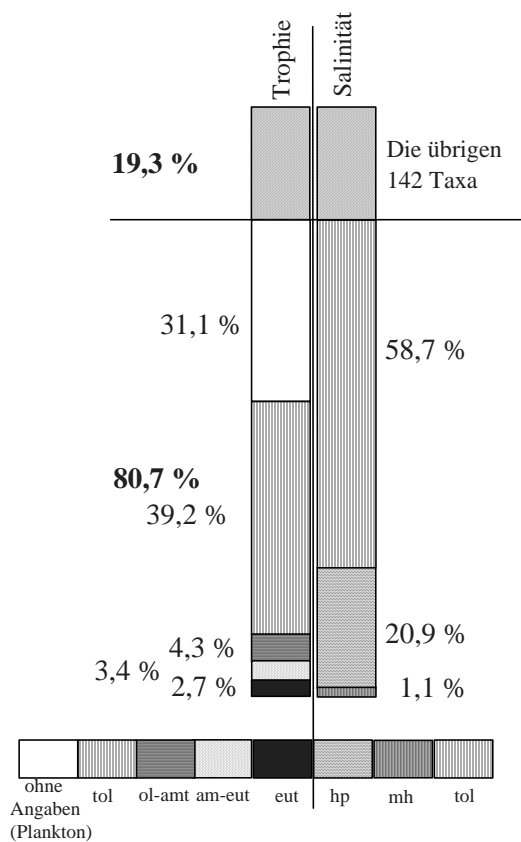


Abb. 12: See 4: Verteilung der prozentualen Häufigkeit in Mischproben auf die Anzahl der ausgezählten Taxa. (Bei Probe 4.1 konnte keine Assoziationsanalyse durchgeführt werden).

Abb. 13: See 4: Anteil der zehn häufigsten Taxa am Gesamtaufkommen aller Taxa aus den Mischproben im Jahresdurchschnitt im Zusammenhang mit Trophie und Salinität.



See 6

A) Die Ursprünge von See 6 gehen bis auf das Jahr 1936 zurück. Bis 1970 wurde hier – mit Unterbrechungen – Kies gewonnen. Dabei vergrößerte sich die durch Grundwasser nachlaufende Gewässerfläche von Westen nach Osten. Je nach Kiesvorkommen entstand sowohl ein sehr unregelmäßiger Uferverlauf als auch eine vielgestaltige Uferstruktur; auch erhoben sich zeitweise drei Inseln über die Wasserfläche. Die ältesten (westlichen) Teile wurden bald als Angelseen benutzt. Die allmähliche Vergrößerung der Wasserfläche und das Aufkommen einer ruderalen Vegetation ermöglichten es, dass sich eine Wasservogelfauna ansiedeln konnte, die in Frühjahr und Herbst durch Zugvögel vermehrt wurde, die hier ein gutes Rastplatz- und Nahrungsangebot fanden. Die Rekultivierungsmaßnahmen – als Auflage durch die Behörde – taten ein Übriges, so dass Tier- und Pflanzenarten, die mit den Auwäldern verschwanden, wieder zurückzukehren begannen (Abb. 14).

Leider kamen nun aber auch vermehrt „wilde“ Angler, Badelustige und Camper, die Wasser- und Uferbereiche in Besitz nahmen, mit für Fauna, Flora und Landschaft verheerenden Folgen. Ornithologen und Naturschützern gelang es in jahrelanger, teilweise zermürender Arbeit, die Behörden von Stadt, Kreis und Regierungsbezirk sowie die Landwirte davon zu überzeugen, dieses Gebiet – im Laufe der Zeit war östlich dieses ersten Sees ein weiterer Baggersee entstanden – 1980 unter Naturschutz zu stellen. Die Bevölkerung ließ nur zögernd von ihrem Freizeitverhalten ab, und der neue Kiessee (See 7) wurde bis in die 90er Jahre ausgebeutet und verbreitete Unruhe, dennoch zeigten die ergriffenen Maßnahmen Wirkung, und See 6 kam allmählich zur Ruhe. Eine von LÄTSCH & MAURER (1982) aufgestellte Vogelliste weist nach, dass schon bis 1982 eine Reihe von Durchzüglern und Gästen innerhalb und außerhalb der Zugzeit hier Aufenthalt nahmen:

Schellenente	Saatgans	Kormoran
Reiherente	Gänsesäger	Zwergtaucher
Pfeifente	Bekassine	Grünschenkel
Krickente	Flussuferläufer	Graureiher
Schnatterente	Kampfläufer	Rohrweihe
Löffelente	Temnickstrandläufer	Schwarzmilan
Tafelente		Habicht

An Brutvögeln mit Aufzuchterfolgen wurden folgende Vogelarten nachgewiesen:

Haubentaucher	Uferschwalbe	Teichrohrsänger
Teichhuhn	Schafstelze	Sumpfrohrsänger
Blässhuhn	Rohrammer	Flussregenpfeifer
Stockente		

Inzwischen hat sich die Lage weiterhin verbessert, und das Naturschutzgebiet Freudenthal um die Baggerseen 6 und 7 wird von Fauna und Flora gut angenommen und auch von der Bevölkerung voll akzeptiert.

See 6 ist heute 7,6 ha groß und liegt an einer Stelle nur 25 m von der Werra entfernt. Er wird bei jedem Hochwasser vom Fluss überschwemmt und bildet dann mit ihm und den überfluteten Äckern eine große zusammenhängende Wasserfläche. Dies geschieht im Durchschnitt alle drei bis vier Jahre. Die „Überflutungen führen in erster Linie zu einem sprunghaften Anstieg des Salzgehaltes“ und damit zu erhöhter elektrischer Leitfähigkeit (siehe Tab. 10).

„Besonders deutlich wird die Versalzung durch das Werrahochwasser, aber auch der Prozess der Wassererneuerung, bei der Betrachtung der Chlorid“-Werte. „Auch Natrium- und Kaliumgehalte ... von See 6 steigen während“ der Ereignisse oft „um 200%. Ca^{2+} - und SO_4^{2-} Gehalte hingegen verändern sich nicht, denn sie“ sind „in beiden Gewässern gleich hoch“ (SCHWEERS et al. 1997). Nach Hochwässern steigt auch der pH-Wert.



Abb. 14: See 6: Blick nach Süden.

Der Laubfall der ufernahen Gehölze trägt nicht unwesentlich zum Nährstoffgehalt des Sees bei. Darüber hinaus hat die „nicht vollständig umgesetzte Laubsubstanz ...“, neben anderen Depositionen wie Planktonorganismen und Calcit, seit dem Beginn des Kiesabbaus... sicher“ zur „fortschreitenden Abdichtung“ des Seegrundes „beigetragen. Die organische Substanz ... wird unter anaeroben Verhältnissen nicht komplett abgebaut. Dadurch wächst das Sediment am Seeboden langsam an und verdichtet

sich allmählich unter seiner eigenen Last. Es gibt aber auch Stellen, wo die Sedi-
mentauflage geringmächtig ist, z.B. dort, wo sich das Grundwasser seinen Weg
bahnt“. In manchen Wintern kann „man den Einfluss des Grundwassers in Form von
Eisblänken gut beobachten“ (ebenda).

Die Wassererneuerung des Sees wird hauptsächlich über diese Grundwasserströ-
mungen durchgeführt. Diese Strömungen werden sowohl mengenmäßig als auch
inhaltlich durch den Zufluss aus den angrenzenden Gesteinsformationen geprägt.
Daneben tritt in geringerem Maße Wasserzufuhr durch die Niederschläge auf, die im
Übrigen auch in unterschiedlicher Weise Menge und Zusammensetzung der Grund-
wasserströme beeinflussen.

Schließlich spielt auch das Hochwasser bei der Wassererneuerung eine wichtige –
wenn auch nur zeitweilige – Rolle. Die o.a. Selbstdichtung des Gewässers verhindert
weitgehend den Wasseraustausch zwischen Werra und See 6; „die Veränderung“
der „hydrochemischen Zusammensetzung durch salzbelastetes Uferfiltrat der Werra“
fällt daher „kaum ins Gewicht“ (SCHWEERS 1999), zumal weite Teile des Sees wegen
ihrer Entfernung zur Werra außerhalb des Einflussbereiches des Uferfiltrats liegen.

Die höchsten Sauerstoffgehalte des oberflächennahen Seewassers werden während
der im Frühjahr verstärkt einsetzenden Algenentwicklung gemessen. (Vermehrter
CO₂-Verbrauch bei gleichzeitig einsetzender verstärkter Photosynthese: Spaltung der
Wassermoleküle).

Die Diatomeenmassenentwicklung im Frühjahr zieht auch den Entzug von gelöstem
Silicium nach sich. Durch die Überschwemmungen wird der See reichlich mit gelös-
tem Siliciumoxid versorgt; die Kieselalgen brauchen diesen Pool innerhalb weniger
Wochen auf, da außerdem auch genügend Stickstoff und Phosphor durch diese Na-
turereignisse zu Verfügung stehen.

Wegen der Größe der Wasserfläche spielt die Beschattung durch die Gehölze für
das Plankton nur eine untergeordnete Rolle, das litorale Benthos ist davon naturge-
mäß wesentlich mehr betroffen.

Schichtungsphänomene sind in See 6 (und 7) in unterschiedlicher Weise aufgetreten.
Ihrer Erfassung dienten – parallel zur Diatomeenprobenentnahme – Messungen in
der Seemitte. In beiden „polymiktischen Flachseen der Freudenthaler Aue ist die
thermische Stratifikation selbst im Sommer nicht besonders ausgeprägt. Dennoch
haben die Temperaturunterschiede ausgereicht, um einen Austausch der Wasser-
massen zwischen den erwärmten und daher leichteren Wassermassen des Epilimni-
ons und den kälteren des Hypolimnions zu verhindern. Ansonsten wären quasi-
anoxische Verhältnisse im Hypolimnion von See Nr. 6 am 20.7.1995 durch die Zirku-
lation unterbunden worden ...“ Was den Sauerstoffhaushalt betraf, führten im Winter,
unter Eis, „inverse Schichtungsverhältnisse zu einem tendenziell ähnlichen Ergebnis.
Diesmal lag eine Schicht mit kälterem Wasser über dem Hypolimnion. Eine Vermis-
chung konnte wegen der Dichteanomalie des Wassers nicht stattfinden“
(SCHWEERS 1999). Auch weil beide Seen vom Eis bedeckt waren, das der Kraft des
Windes den Zugang zum Wasser verwehrte, konnten sich beide Schichten nicht
vermischen.

Tab. 10: See 6: Meßwerte der abiotischen Faktoren.

Temp.	Sicht- tiefe	Lf	pH	O ₂	O ₂ Sät.	BSB5	SBV	Ortho- phosphat	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Na	K	Ca	SO ₄	Cl	Fe	Si	
°C	m	mS/cm		mg/l	%	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
1986 -	1,5 -	0 -	0,93 -	7,6 -	4,0 -	42 -	0,1 -	2,2 -	0 -	0,01 -	0,0 -	0 -		64 -	90 -	72 -	0 -		
1988	22,4	0,80	4,120	9,6	21,4	190	14,8	8,30	0,180	0,630	17,00			180	222	1240	0,340	WOLFF & SCHELLERT (1988)	
06.06.89	18,8		0,940	9,7	13,3														
06.09.89	16,0		0,840	8,4	11,1														
08.01.90	1,9		0,800	8,2	11,4														
03.03.90			0,750	(nach dem Frühjahrshochwasser)							5,40	3,6	8	98	98	112			KAHLERT (1993)
30.05.90	19,8		0,680	8,2	10,5														
08.08.90	22,4		0,650	8,1	9,1														
15.09.92			0,530	8,7															
13.10.92	0,2 -	0,30 -	0,560	7,8															SCHWEERS et al. (1997)
16.11.92	27,4	1,70	0,550	8															
14.12.92			0,580	7,9															
09.02.93	2,5	Eis	0,610	8															
05.04.93	8,5	0,45	0,590	8,3															
07.06.93	24,4	0,20	0,570	8	21,6	250			0,050	0,087	2,55			42	139	46	0,010		eigene Erhebung
25.08.93	18,5	0,45	0,520	8,2	10,7	116	2,1	2,90	0,108	0,050	1,26			58	86	16	0,560		(KRUGER & LABENSKI)
20.10.93	9,2	0,80	0,570	7,5			4,30	0,040	1,030	0,010	2,86			46	124	15	0,121		
14.12.93	3,5	0,80	0,600	7,5	9,3	73	2,1	4,60	0,025	0,110	0,045	3,26		88	115	19	0,040		
18.07.94	24,4	0,56	1,250	7,4	9,4	115	4,7	2,45	0,580		1,000	1,00	21	31	63	347,6	0,614	0,900	SCHWEERS
01.02.95	3,6	0,56	1,730	7,8	13,7	106	2,1	2,10	0,041	0,060	0,110	7,25	29	54	137	391,2	0,146	5,038	(schriftliche Mitteilung
10.04.95	8,2	1,00	1,640	9	12,6	107	5,4	2,75	0,054	0,000	0,120	7,96	29	62	117	259,5	0,370	0,018	[1996])
20.07.95	23,3	0,68	1,200	8,7	11,5	135	4,4	2,55	0,003	0,000	0,000	1,09	122	16	47	119	252,9	0,042	0,641
26.10.95	10,8	1,07	1,013	7,7	6,2	56	1,3	2,80	0,037	0,614		90	13				0,089	0,621	
03.01.96	2,4	2,20	0,972	8,4	14,4	105			0,002			75	10	69			0,025	0,690	

„In Bezug auf das Silicium sind in den“ beiden „Flachseen Schichtungsphänomene kaum in Erscheinung getreten. Lediglich im Juli 1995 war der Si-Gehalt in der Tiefe“ von See 6 ungefähr „30% höher als im Epilimnion. Eine verstärkte Rücklösung bei höheren Temperaturen mag dies verursacht haben“ (ebenda).

Wassertiefe in m

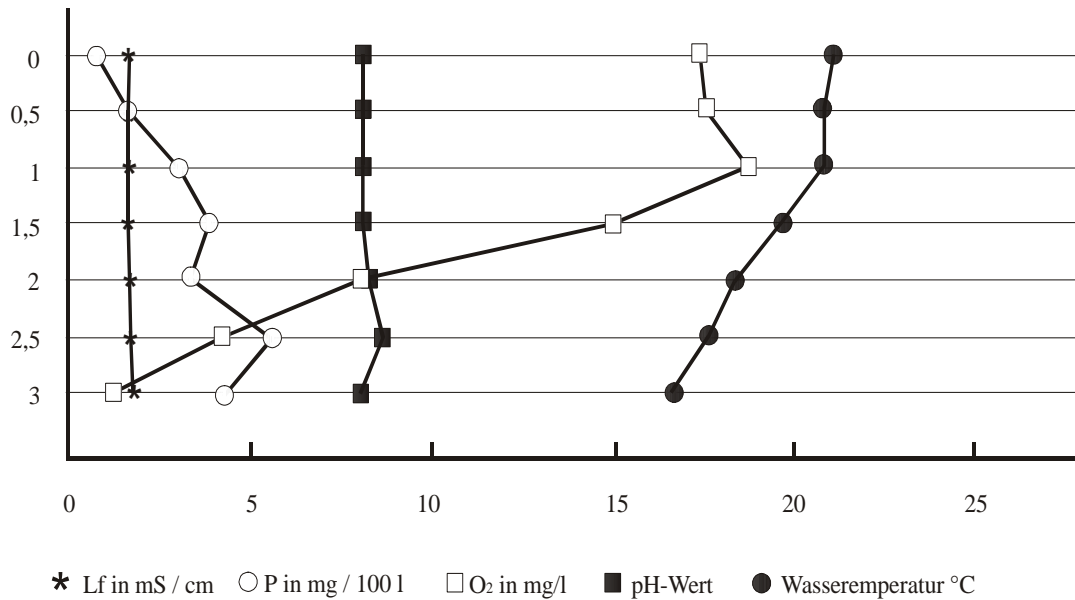


Abb. 15: See 6: Schichtungsverhältnisse im Fröhsommer 1988 (nach WOLFF & SCHELLERT 1988).

Wassertiefe in m

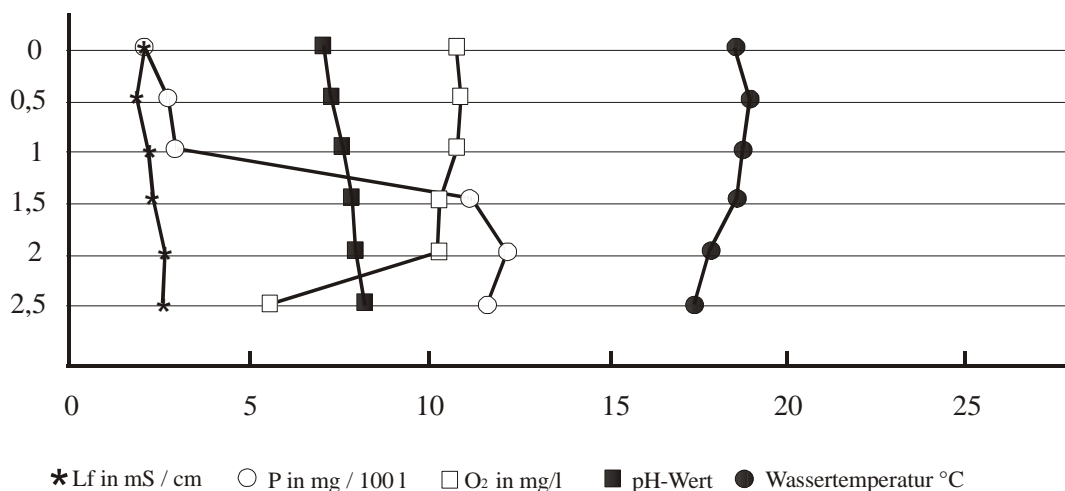


Abb. 16: See 7: Schichtungsverhältnisse im Herbst 1988 (nach WOLFF & SCHELLERT 1988) (siehe auch Abb. 17 bis 20).

Einen Einblick in die Schichtungsverhältnisse von See 6 und 7¹⁰ anhand der Erhebungen verschiedener abiotischer Faktoren zeigen die Abb. 15 bis 21 und die Tab. 13 und 18. Interessant ist dabei der Vergleich mit den Messungen vom Sommer 1988 mit denen der Jahre 1994-1996 und zusätzlich der Vergleich der Sichttiefen mit den Seetiefen in dem letztgenannten Zeitraum.

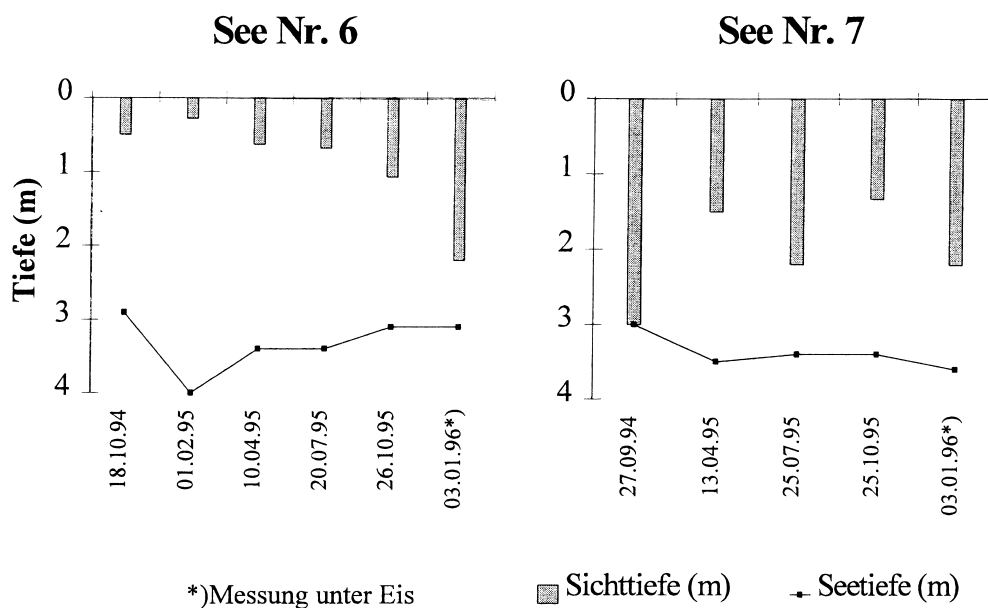


Abb. 17: Secchi-Tiefen und Seetiefen am Ort der Probenahme im Alten Kieselsee (Nr.6) und Neuen Kieselsee (Nr.7) – (Probenahme am 1.02.1995 koinzidierte mit der Überschwemmung von See Nr.6 während eines Hochwassers) (aus SCHWEERS 1999).

KAHLERT (1993) stuft See 6 als eutroph und oligohalob ein.

SCHWEERS (1999) gibt in seiner Arbeit nähere Auskünfte über die Trophie und Salinität bestimmenden Faktoren sowie anderer hydrochemischer Parameter der Seen 6 und 7 (S. 121 bis 160).

¹⁰ Da oft die gleichen Probleme in beiden Seen aufgetreten sind, werden in diesem Teilabschnitt beide Seen gemeinsam behandelt.

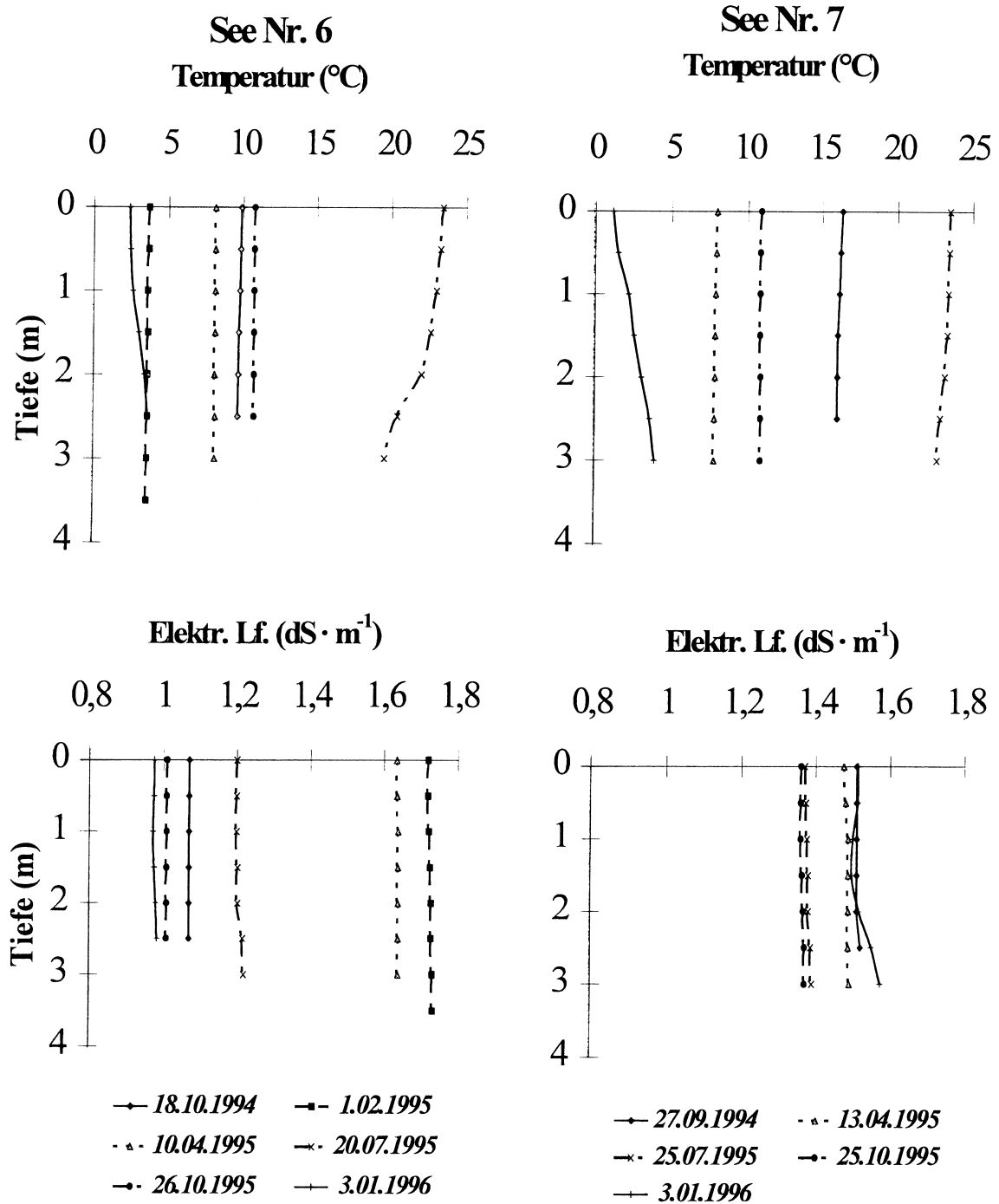


Abb. 18: Tiefengradienten der Wassertemperatur und der elektrischen Leitfähigkeit (aus SCHWEERS 1999).

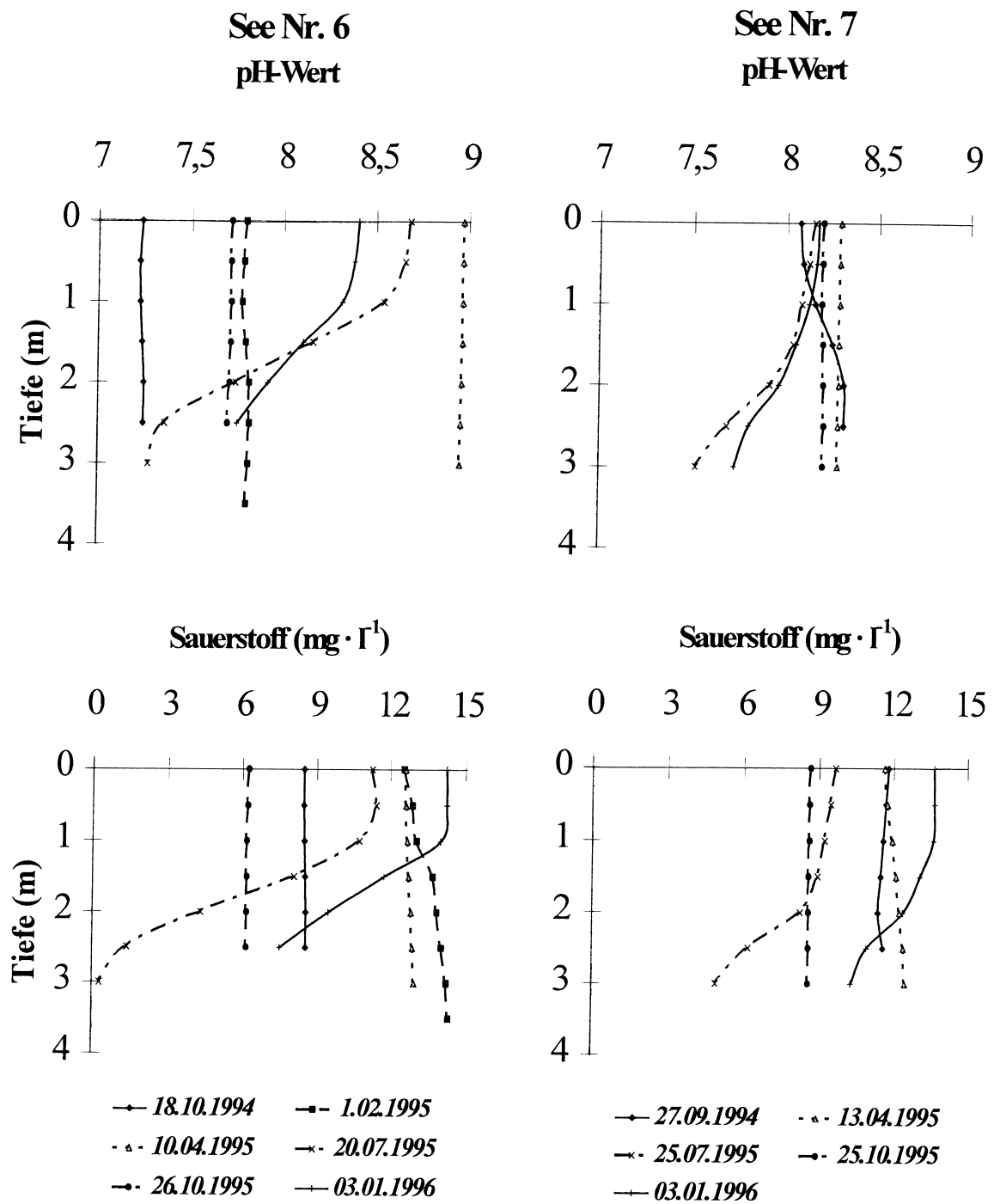


Abb. 19: Tiefengradienten des pH-Wertes und des Sauerstoffgehaltes (aus SCHWEERS 1999).

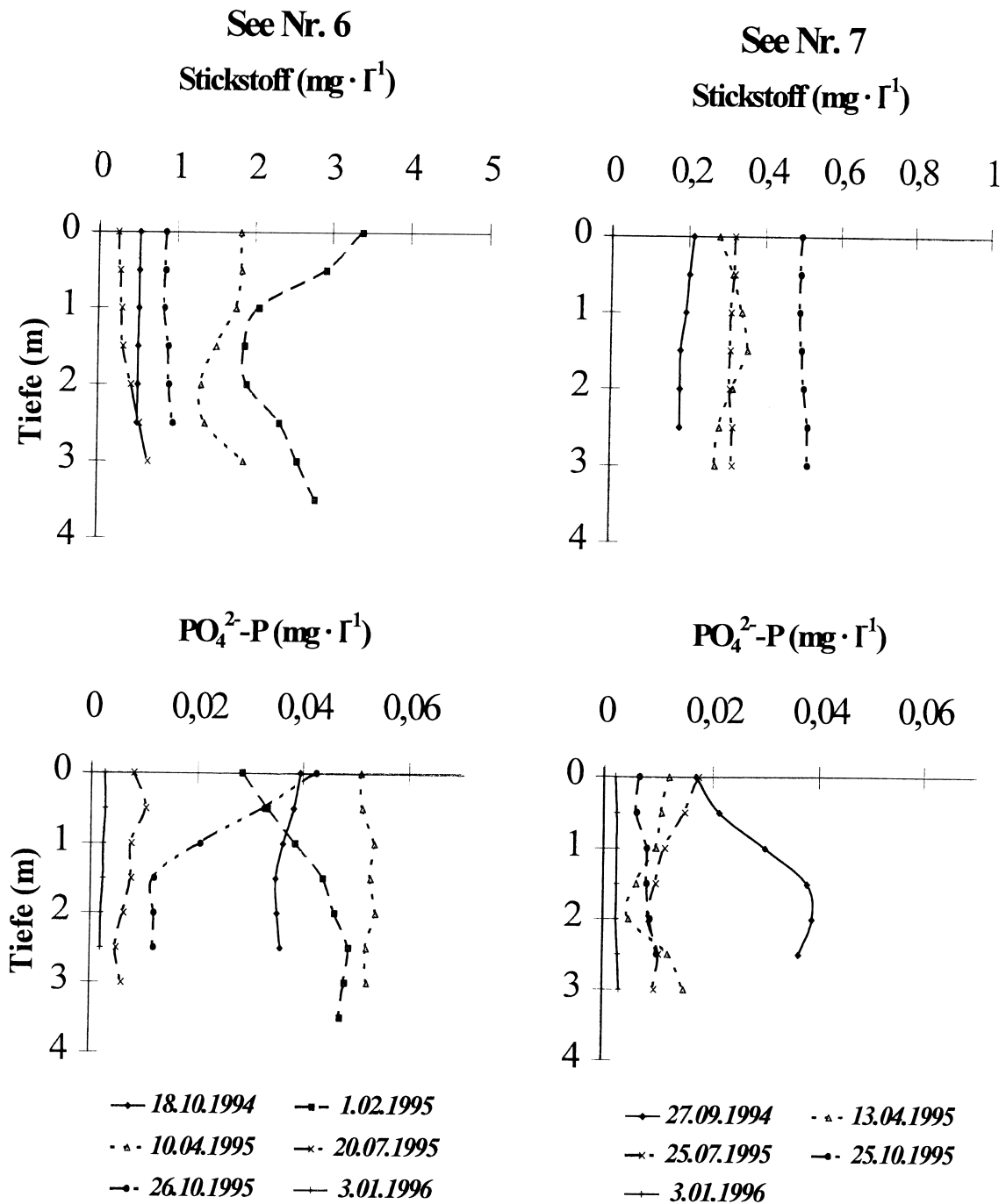


Abb. 20: Tiefengradienten von anorganischem Stickstoff (Gesamt-N) und Ortho-Phosphat-P (aus SCHWEERS 1999).

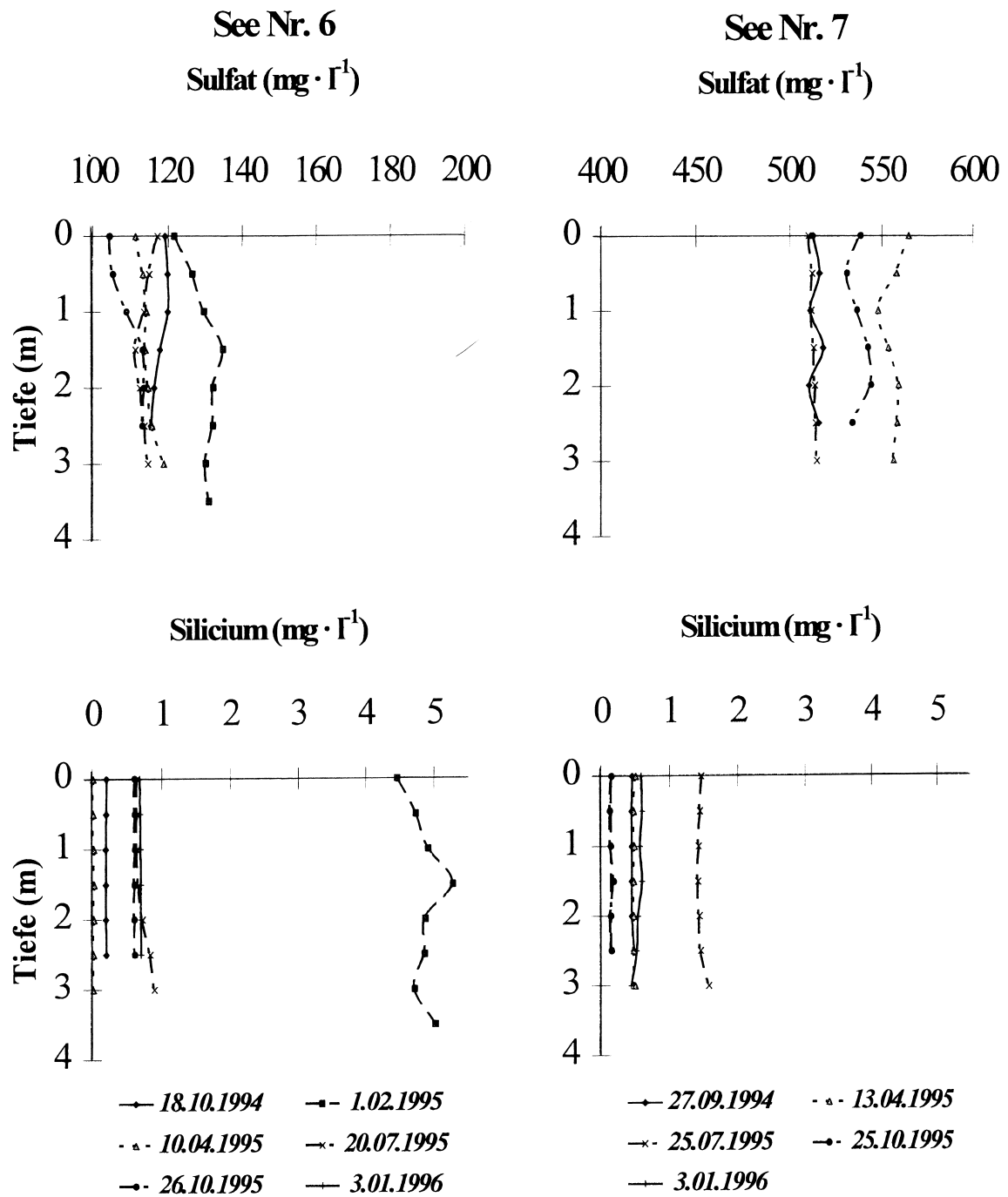


Abb. 21: Tiefengradienten von Sulfat und Silicium (aus SCHWEERS 1999).

B) An Höheren Pflanzen wurden in den letzten Jahren beobachtet:

1) aquatisch

Potamogeton pectinatus
P. crispus
Lemna minor
Nymphaea alba

Nuphar lutea
Ceratophyllum demersum
Persicaria amphibia
Myriophyllum spicatum

2) amphibisch

Alisma plantago-aquatica
A. lanceolatum
Bidens frondosa
B. triparita
Bolboschoenus maritimus
Butomus umbellatus
Carex disticha
C. otrubae
C. acuta
Eleocharis palustris s. str.
Epilobium hirsutum
E. parviflorum
E. tetragonum agg.
Glyceria maxima
Iris pseudacorus
Juncus articulatus
J. bufonius
J. compressus
J. conglomeratus
J. effusus
J. inflexus

Lycopus europaeus
Lysimachia nummularia
L. vulgaris
Lythrum salicaria
Mentha aquatica
M. longifolia
Phalaris arundinacea
Phragmites australis
Poa trivialis
P. palustris
Ranunculus sceleratus
Rorippa amphibia
Rumex conglomeratus
Schoenoplectus lacustris
S. tabernaemontani
Senecio sarracenicus
Sparganium erectus
Typha latifolia
T. angustifolia
Valeriana procurrens

3) terrestrisch

Gehölze (meist auf Rekultivierungsarbeiten zurückzuführen)

Acer pseudoplatanus
A. platanoides
A. campestre
Alnus glutinosa
A. incana
Betula pendula
Carpinus betulus
Clematis alba
Cornus mas
C. sanguinea
Corylus avellana
Crataegus monogyna
C. laevigata
Euonymus europaea

Frangula alnus
Fraxinus excelsior
Hippophae rhamnoides
Ligustrum vulgare
Populus alba
P. x canadensis
P. x canescens
P. nigra
P. tremula
Prunus spinosa
P. avium
P. padus
Quercus robur
Rosa rubiginosa

R. canina
Rubus caesius
Salix fragilis
S. alba
S. daphnoides
S. caprea

S. cinerea
S. x smithiana
S. triandra
S. viminalis
Sambucus nigra
Sorbus aucuparia

Krautige

Achillea ptarmica
Aegopodium podagraria
Elymus repens
Agrostis stolonifera agg.
Angelica sylvestris
Artemisia vulgaris
Aster salignus
A. parviflorus
Atriplex sagittata
A. prostrata
Carduus nutans
C. crispus
Carex hirta
Chaerophyllum bulbosum
Conium maculatum

Dipsacus fullonum
Festuca arundinacea
Geranium palustris
Hypericum perforatum
Impatiens glandulifera
Melilotus albus
M. altissimus
Mentha x verticillata
Myosotis scorpioides
Myosoton aquaticum
Odontitis vulgaris
Persicaria amphibia
Solidago gigantea
Stachys palustris

C) Diatomeenbefunde: Die Untersuchungen wurden bei See 6 (wie auch bei See 7) sowohl von Proben aus dem litoral-benthischen Bereich wie aus dem pelagial-planktonischen Bereich durchgeführt. Bei ersteren handelt es sich – wie schon eingangs erwähnt und wie bei allen Proben aus See 1, 2, 4 und 8 – um Mischproben aus Probenentnahmen im Jahre 1993 mit dem Planktonnetz und Abkratzungen von Steinen und diversen Wasserpflanzen bzw. deren Resten vom Ufer aus. Die Probenentnahmen aus dem Pelagial erfolgten durch SCHWEERS 1994-96 mit dem Ruttner-Schöpfer in Verbindung mit dem Planktonnetz. Eine genaue Messung der entnommenen Wassermengen fand nicht statt; der Ruttner-Schöpfer wurde eingesetzt, um gezielt Wasser aus bestimmten Tiefen zu entnehmen.

In allen 24 Proben war *Cyclostephanos dubius* in den obersten Häufigkeitsstufen vorhanden. Wenn auch nicht immer die Dominanzstrukturen anführend, rutschte sie nie unter die dritte Position. Sie war mit 34,6% im Litoral und mit 48,9% in Pelagial im Durchschnitt aller Proben aus See 6 die weitaus häufigste Diatomee (siehe Tab. 11 bis 14). Im Litoral nahm daneben die Aufwuchsdiatomee *Achnanthes minutissima* eine herausgehobene Position ein, während sie im Plankton zwar fast immer, jedoch nur vereinzelt vertreten war.

Interessant ist in der Februarbeprobung 1993 das Vorkommen einer sehr kleinen zentrischen Diatomee, die eine relative Häufigkeit von 32,5% erreicht und damit das

die Assoziation bestimmende Taxon ist. Die Bestimmung als *Stephanodiscus parvus* erscheint dem Autor nicht sicher genug, und er ließ Herrn Wolfram Scheffler (Neuglobsow) die entsprechenden Präparate und einiges Rohmaterial überprüfen. Dieser bestätigte das Taxon und fertigte einige EM-Aufnahmen an (siehe Taf. 32, Fig. 7 u. 8). – Im Pelagial wurde die Art nicht gefunden.

Tab. 11 : See 6 (Litoral, Mischprobe): Übersicht über die häufigsten Taxa

Pro- be	<u>Abundanz (in %)</u>		
	massenhaft	sehr häufig	häufig
1		<i>Stephanodiscus parvus</i> 32,	<i>Nitzschia perminuta</i> 7,1
		<i>Cyclostephanos dubius</i> 5	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> 5,4
		<i>Achnanthes minutissima</i> 13,	<i>Gomphonema parvulum</i> 5,1
		9	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheria</i> 4,9
		10,	<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i> 4,5
		4	- <i>gregaria</i> 3,9
			<i>Gomphonema micropus</i> 3,0
	2		<i>Cyclostephanos dubius</i> 26,
		<i>Achnanthes minutissima</i> 3	<i>Nitzschia dissispata</i> var. <i>dissipata</i> 7,2
		20,	<i>Navicula tripunctata</i> 5,9
		7	<i>Asterionella formosa</i> 4,7
			<i>Achnanthes clevei</i> var. <i>clevei</i> 3,8
			<i>Navicula gregaria</i> 3,7
			<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i> 2,2
			- <i>palea</i> 2,1
3	<i>Achnanthes minutissima</i> 74,9	<i>Cyclostephanos dubius</i> 10,	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> 4,3
		6	<i>Nitzschia perminuta</i> 2,1
4		<i>Cyclostephanos dubius</i> 30,	<i>Epithemia sorex</i> 7,4
		<i>Achnanthes minutissima</i> 4	<i>Cyclotella radiosa</i> 5,7
		<i>Amphora pediculus</i> 13,	<i>Nitzschia perminuta</i> 5,4
		9	<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i> 4,5
		10,	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 3,9
			<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> 3,9

		0	<i>Navicula tripunctata</i>	3,2
			<i>Cocconeis placentula</i> <i>var. lineata</i>	3,1
5	<i>Cyclostephanos dubius</i> 73,8		<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	7,9
			<i>Navicula tripunctata</i>	2,4
			<i>Cyclotella radiosa</i>	2,1
6	<i>Cyclostephanos dubius</i> 52,9	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 12,5	<i>Navicula tripunctata</i>	6,6
			<i>Amphora pediculus</i>	3,0
			<i>Achnanthes minutissima</i>	3,0
			<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2,6

Von den zehn jeweiligen Spitzenwerten von Litoral und Pelagial kommen in beiden Bereichen nur vier Taxa gemeinsam vor. Neben *Cyclostephanos dubius* sind dies *Stephanodiscus hantzschii* (L: 3,4%; P: 3,8%), *Cyclotella radiosa* (L: 1,6%; P: 6,4%) und *Cocconeis placentula var. lineata* (L: 1,6%; P: 1,0%). Während *Stephanodiscus hantzschii* und *Cocconeis placentula var. lineata* in beiden Bereichen annähernd gleiche Lebensbedingungen zu finden scheinen, zieht *Cyclotella radiosa* offensichtlich das Pelagial vor.

Tab. 12: See 6 (Litoral): Die zehn wichtigsten Taxa im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Cyclostephanos dubius</i>	34,6		hp
<i>Achnanthes minutissima</i>	22,4	tol	tol
<i>Stephanodiscus parvus</i>	5,4		
<i>Amphora pediculus</i>	3,7	tol	tol
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3,4		
<i>Navicula tripunctata</i>	3,2	eut	tol
<i>Nitzschia perminuta</i>	2,9	tol	tol
<i>Navicula reichardtiana var. reichardtiana</i>	2,2	am-eut	tol
<i>Cyclotella radiosa</i>	1,6		
<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	1,6	tol	tol

Im Januar 1995 führte die Werra Hochwasser, das auch See 6 erreichte. Die Funde, teilweise von höherer Abundanz von *Achnanthes bahusiensis*, *Diatoma vulgare* MT *vulgare*, *Melosira nummuloides*, *Navicula lanceolata*, *N. perminuta*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Stauroneis constricta*, *Surirella brebissonii* var. *brebissonii* und var. *kützingii*, *S. crumena* und *Thalassiosira weißflogii* sind sicher auf diese Überschwemmung zurückzuführen. Die unterstrichenen Taxa kommen nur in See 6 vor und halten sich auch – in verminderter Abundanz – dort länger, während die Taxa ohne Unterstreichung auch gelegentlich in den anderen Seen vorkommen, in See 6 aber und besonders in der Probe, die kurz nach der Überschwemmung genommen wurde, höhere Häufigkeiten vorweisen. „Das Hochwasser nimmt“ also „in Form des Eintrags von Algen direkt Einfluss auf die Populationsstruktur. Allerdings sind diese durch Einschleppung bedingten Veränderungen auf den Zeitraum begrenzt, innerhalb dessen die ökologischen Verhältnisse denen im Einwanderungsbiotop (hier: Werra) noch einigermaßen entsprechen. Ist dies nicht“ mehr „der Fall, zerfallen die Gemeinschaften ...“ (SCHWEERS 1999).

Ein gutes Beispiel dafür bieten die beiden Arten *Rhoicosphenia abbreviata* und *Navicula lanceolata*, die direkt nach der Überschwemmung die Assoziation in See 6 dominieren und die sonst die Population beherrschende *Cyclostephanos dubius* verdrängen (siehe Tab. 13).

Neben dieser Art formen *Diatoma tenuis* und *Cyclotella radiosa* im Pelagial die Dominanzstrukturen. Beide kommen im Litoral fast aller untersuchten Seen nur in geringer Anzahl vor; in den wesentlich größeren Seen 6 und 7 finden sie aber im Pelagial wahrscheinlich ihr Existenzoptimum.

Tab. 13 : See 6 (Pelagial) : Gegenüberstellung der Dominanzverhältnisse in den einzelnen Tiefenstufen aller Probenstage.

Proben	1.	%	2.	%	3.	%	4.	%	5.	%	6.	%	7.	%	8.	%
S 611	Cyclist. dubius	86,0	Amph. pedicul.	2,35	Cycl. meneghiniana	2,30	Cocc. plac. var. lin.	1,10	Nav. radiosa	0,80	Nav. reich. var. reich	0,60	Epith. adnata	0,45	Frag. una var. ang.	0,45
S 612	Cyclist. dubius	93	Cycl. ocellata	2,10	Cycl. meneghiniana	1,75	Gyr. attenuatum	0,60	Cocc. plac. var. lin.	0,30	Frag. una var. acus	0,30	Gyr. acuminatum	0,30	Rhoi. abbreviatum	0,30
S 613	Steph. hantzschii	50	Cyclist. dubius	28,5	Cycl. meneghiniana	2,15	Frag. un var. angust	2,05	Rhoi. abbreviata	1,65	Aster. formosa	1,60	Cycl. ocellata	1,55	Thal. weißflogii	1,55
S 631	Rhoi. abbreviata	19,7	Nav. lanceolata	10,5	Cyclist. dubius	6,50	Cycl. meneghiniana	5,50	Cocc. plac. var. lin.	4,10	Cocc. pediculus	2,80	Sur. breb. var. kütz.	2,80	Mel. lin. var. orich.	2,65
S 632	Rhoi. abbreviata	17,5	Nav. lanceolata	11,0	Cyclist. dubius	10,8	Cycl. meneghiniana	5,30	Sur. breb. var. kütz.	3,90	Mel. nummuloides	3,40	Cocc. plac. var. lin.	2,50	Achn. minutissim.	1,95
S 633	Rhoi. abbreviata	18,25	Nav. lanceolata	13,5	Cyclist. dubius	8,50	Cycl. meneghiniana	6,0	Mel. nummuloides	4,30	Diat. vulgaris	2,50	Thal. weißflogii	2,50	Steph. hantzschii	2,00
S 641	Diat. tenuis	61,9	Cyclist. dubius	21,05	Sur. breb. var. kütz.	1,70	Steph. hantzschii	1,45	Rhoi. abbreviata	1,15	Cycl. meneghiniana	0,85	Nav. gregaria	0,85	Nitz. lin. var. subtil.	0,75
S 642	Diat. tenuis	62,5	Cyclist. dubius	24,7	Sur. breb. var. kütz.	2,20	Nav. tripunctata	0,75	Nitz. recta	0,75	Cycl. meneghiniana	0,60	Gyr. attenuatum	0,60	Nav. gregaria	0,60
S 643	Diat. tenuis	54,0	Cyclist. dubius	24,5	Sur. breb. var. kütz.	1,80	Steph. hantzschii	1,50	Rhoi. abbreviata	1,10	Nav. lanceolata	1,00	Cycl. meneghiniana	0,95	Achn. clevei var. cl.	0,65
S 651	Cyclist. dubius	45,5	Cycl. radiosa	43,5	Cocc. plac. var. lin.	0,60	Amph. pediculus	0,45	Diat. tenuis	0,45	Rhoi. abbreviata	0,45	Cocc. pediculus	0,30	Epith. adnata	0,30
S 652	Cyclist. dubius	46,5	Cycl. radiosa	41,0	Steph. neoastraea	1,75	Diat. tenuis	0,80	Amph. pediculus	0,60	Cocc. plac. var. lin.	0,60	Cycl. meneghiniana	0,60	Frag. cap. var. mes.	0,50
S 653	Cyclist. dubius	49,5	Cycl. radiosa	13,5	Diat. tenuis	6,50	Steph. hantzschii	5,50	Steph. neoastraea	1,50	Sur. breb. var. kütz.	0,90	Aster. formosa	0,80	Cycl. ocellata	0,75
S 661	Cyclist. dubius	79,3	Cycl. radiosa	6,25	Cycl. ocellata	1,10	Cocc. pediculus	0,85	Nav. lanceolata	0,85	Gyr. attenuatum	0,58	Rhoi. abbreviatum	0,58	Cycl. atomus	0,58
S 662	Cyclist. dubius	75,6	Cycl. radiosa	2,20	Diat. tenuis	1,40	Steph. hantzschii	1,10	Frag. cap. var. mes.	1,00	Sur. breb. var. kütz.	0,95	Rhoi. abbreviatum	0,85	Cocc. plac. var. lin.	0,80
S 663	Cyclist. dubius	64,9	Cycl. radiosa	3,35	Nitz. frust. var. frust.	2,00	Achn. minutissima	1,85	Nitz. paleacea	1,85	Steph. hantzschii	1,65	Cycl. ocellata	1,50	Cocc. plac. var. lin.	1,40
S 671	Cyclist. dubius	72,7	Cycl. atomus	3,10	Achn. elev. var. elev.	2,35	Cycl. ocellata	2,30	Amph. pediculus	1,90	Diat. tenuis	1,55	Cycl. meneghiniana	1,15	Amph. libyca	1,00
S 672	Cyclist. dubius	74,25	Cycl. ocellata	2,55	Cycl. meneghiniana	2,25	Cycl. atomus	1,90	Cycl. radiosa	1,50	Steph. hantzschii	1,05	Diat. tenuis	0,75	Nav. lanceolata	0,60
S 673	Cyclist. dubius	64,5	Cycl. ocellata	3,25	Steph. hantzschii	2,95	Rhoi. abbreviata	2,30	Diat. tenuis	2,30	Cycl. atomus	2,10	Cycl. radiosa	1,60	Sur. breb. var. kütz.	1,05

Erklärung zur Probenbezeichnung : S = Probenname und Präparateherstellung erfolgten durch SCHWEERS.
(Bestimmung der Diatomeen führte der Verfasser durch.)

1. Ziffer nach dem S = See-Nr.; 2. Ziffer = chronologischer Beprobungstermin; 3. Ziffer = Tiefenstufe
(weitere Erläuterungen siehe Fortsetzung nächste Seite)

Tab. 13 Fortsetzung der Legende.

Beprobungstermine	Tiefenstufen
1 = 18.07.1994	1= 1,0 m 2= 2,0 m 3= 3,0 m
(2 = 18.10. 1994) Proben fanden keine Berücksichtigung, da für quantitative Auswertung nicht geeignet.	
3 = 01.02.1995	1= 0,5 m 2= 2,0 m 3= 3,5 m
4 = 10.04.1995	1= 0,5 m 2= 2,0 m 3= 3,5 m
5 = 20.07.1995	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 3,5 m
6 = 26.10.1995	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 2,5 m
7 = 03.01.1996	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 2,5 m

Jahreszeitliche Entwicklungsmaxima der häufigsten Taxa lassen sich nicht feststellen. So liegen z.B. die prozentualen Häufigkeiten von *Cyclostephanos dubius* im Pegalial im Juli 1994 bei etwa 70%, im Juli 1995 jedoch nur bei ca. 47%. Möglicherweise ist die Dominanz von *Diatoma tenuis* im April 1995 auf das Existenzmaximum dieser Art im Frühjahr zurückzuführen. Belegen lässt sich dieses Faktum aus der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht.

Unterschiede in der Häufigkeits- und Artenverteilung zwischen den einzelnen Tiefenstufen konnten ebenfalls nicht festgestellt werden, bis auf eine Ausnahme. Diese findet sich im ersten Beprobungstermin im Juli 1994. Während in den Tiefenstufen 1 und 2 *Cyclostephanos dubius* mit jeweils um die 90% vertreten ist, fällt sie in der 3. Stufe auf 28,5% zurück, und *Stephanodiscus hantzschii* liegt mit 50% auf dem ersten Rang. „Denkbar wäre es, dass sich diese Art in bestimmten Situationen durch Kohlenstoffheterotrophie (CHOLNOKY 1968) einen Konkurrenzvorteil verschafft. Im Hypolimnion des geschichteten Sees Nr. 6 war, zumindest im Juli“ 1994 „kaum noch Sauerstoff für eine Freisetzung anorganischer Kohlenstoffreaktionen durch aerobe Abbauprozesse vorhanden. Atmosphärisches CO₂ konnte entgegen dem Diffusionsgradienten bei gleichzeitigem Mangel im Epilimnion nicht nachgeliefert werden. Die in der Tiefe noch vorhandenen Restlichtmengen nutzte *Stephanodiscus hantzschii* daher möglicherweise durch Aufnahme und Oxidation organischer Kohlenstoffverbindungen“ (SCHWEERS 1999). Das eben beschriebene Phänomen wiederholte sich im Juli des folgenden Jahres nicht (siehe Tab. 13). Vorsichtig verallgemeinernd, ergibt sich aus dem Vergleich der drei Tiefenstufen – wenigstens im aussagekräftigsten

ersten Häufigkeitsrang (ebenda) –, dass in der 3. Stufe die Abundanzwerte am niedrigsten sind.

Tab. 14: See 6 (Pelagial): Die zehn wichtigsten Taxa im Jahresdurchschnitt (mit ökologischem Schwerpunkt).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Cyclostephanos dubius</i>	48,9		hp
<i>Diatoma tenuis</i>	10,8	am-eut	tol
<i>Cyclotella radiosa</i>	6,4		
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3,8		
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	3,7	eut	tol
<i>Navicula lanceolata</i>	2,4	eut	tol
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1,8		
- ocellata	1,0		
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kützingii</i>	1,0	eut	tol
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1,0	tol	tol

In See 6 wurden im Litoral 144 und im Pelagial 236 Taxa gezählt, davon kamen 129 in beiden Bereichen gemeinsam vor. Das ist im Verhältnis zum Litoral eine hohe Präsenz. See 6 ist ein langgestrecktes Gewässer mit einem sehr unregelmäßigen, teilweise halbinselähnlichen Uferverlauf. Freies Pelagial kommt eigentlich nur an zwei Stellen vor. Die Grenzen zwischen beiden Bereichen, die ohnehin im Allgemeinen fließend sind, scheinen sich hier noch stärker zu verwischen. Dass dennoch das Pelagial eine wesentlich höhere Artenzahl aufweist, ist auf die Überschwemmungen der Werra im Frühjahr 1995 zurückzuführen.

Über Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit von Diatomeen-Indizes auf Planktonassoziationen in Bezug auf Trophie und Salinität haben SCHWEERS & KRÜGER (1997) berichtet und darüber diskutiert. Auf Grund dieser Ergebnisse werden in der vorliegenden Arbeit nur die Berechnungen der entsprechenden Indizes aus dem Litoral mitgeteilt: TI = 4,62 (Febr.); 4,50 (April); 5,0 (Juni); 4,55 (Aug.); 4,57 (Okt.) und 4,72 (Dez.). Dies ergibt einen Jahresdurchschnitt von 4,66; und die Einschätzung von KAHLERT (1993) hat sich auch hier bestätigt. Für den HI gelten zu den genannten Terminen folgende Werte: 11,2; 16,3; 9,49; 20,34; 11,11 und 14,54; \bar{O} = 13,8, und damit haben sich die Aussagen KAHLERTS über die Berechnung des Diatomeen-Indexes als richtig erwiesen. – Auch SCHWEERS (1999) kommt auf Grund seiner Untersuchungen und Literaturvergleiche zu denselben Ergebnissen.

Die Abundanz- und Artenzahlverhältnisse im Litoral zeigen die Abbildungen 22 und 23.

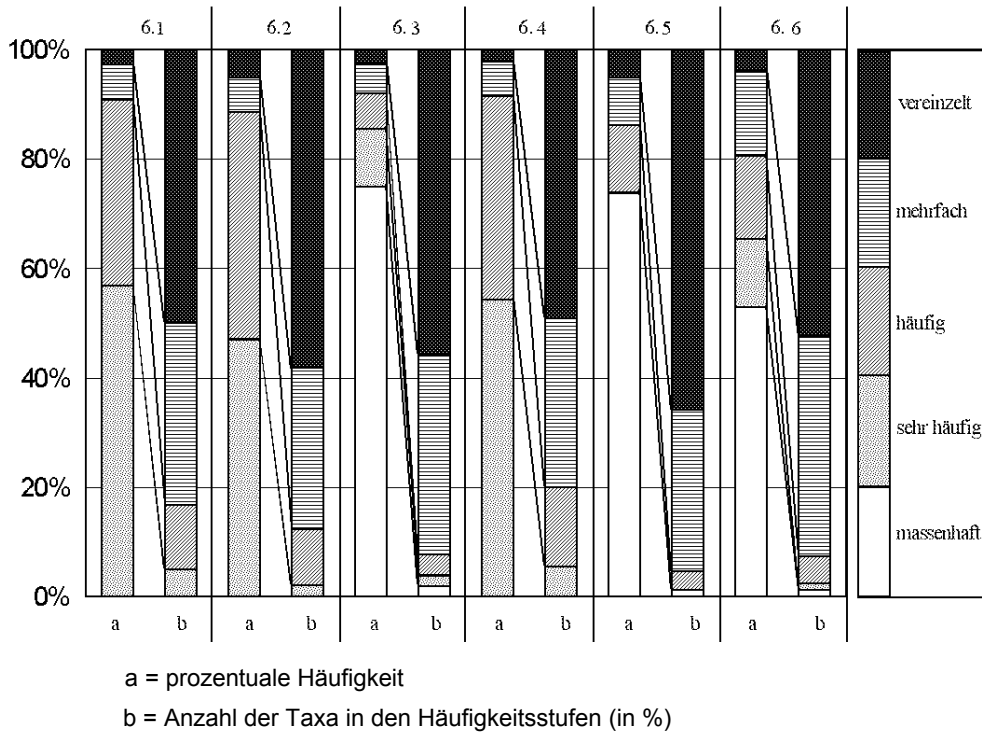
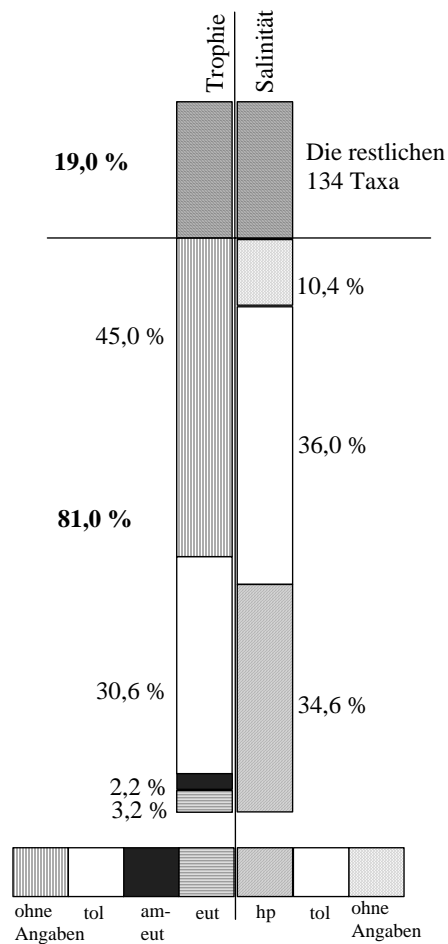


Abb. 22: See 6 (Litoral): Verteilung der prozentualen Häufigkeit der Mischproben auf die Anzahl der ausgezählten Taxa.

Abb. 23: See 6 (Mischprobe): Anteil der zehn häufigsten Taxa am Gesamtaufkommen aller Taxa in Bezug auf Trophie und Salinität (im Jahresdurchschnitt).



See 7

A) Am See 7, ebenfalls im Naturschutzgebiet Freudenthal liegend, wurden nach einer längeren Pause in den 80er und 90er Jahren 1997 noch einmal Kiesabbauarbeiten durchgeführt, die jetzt aber endgültig abgeschlossen sind.

Der See (Abb. 24) ist mit etwa 12 ha das größte der hier untersuchten Gewässer und flacher als See 6. Das oberirdische Einzugsgebiet beträgt 0,87 km², allerdings führen nur sehr starke Regenfälle zu einem Oberflächeneintrag. Der größte Teil der Niederschläge versickert im hängigen Einzugsgebiet, das durch einen hohen Bahndamm und eine Bundesstraße durchschnitten wird. Die räumliche Nähe der beiden Muschelkalkberge Badenstein und Mittelberg bringt es mit sich, dass der dort eingedrungene Niederschlag u.a. mit CaCO₃ und CaSO₄ angereichert wird, ehe er in den See abfließt. So kann man sich die teilweise recht hohen Calcium- und Sulfatgehalte von See 7 erklären (siehe Tab.15), wenngleich wohl „der interne Metabolismus“ (SCHWEERS et al. 1997) für die hohe Sulfatkurve im Sommer verantwortlich ist. Für Frühjahr und Sommer 1995 ist jedoch das Hochwasser für die hohen Parameter verantwortlich.



Abb. 24: See 7: Blick nach Süden

Trotz seiner Nähe zur Werra (39 m) wird wegen der geomorphologischen Gegebenheiten (u.a. Stromschnellen) der See nur höchst selten vom Hochwasser überschwemmt. Wenn dennoch gelegentlich höhere Salz- und andere Werte gemessen werden, so liegt das neben den eben angegebenen Ursachen vor allem an der Existenz eines Rohres, das den See und die Werra an der schmalsten Stelle verbindet, um den Wasserstand des Sees während der Kiesabbauarbeiten abzusenken. Obwohl durch besondere Konstruktion des Schließescharniers das Wasser nur werrawärts fließen sollte und konnte, ist – wahrscheinlich von Menschenhand verursacht – verschiedentlich auch Werrawasser durch das Rohr in See 7 eingedrungen. – Für die autochthone Entwicklung eines Gewässers, besonders in einem Naturschutzgebiet, ist die Anbindung von (ehemaligen) Baggerseen an Fließsysteme sicher nicht zu empfehlen.

Da die angeordneten Rekultivierungs- und Bepflanzungsarbeiten noch nicht abgeschlossen sind, gibt es kaum Laubeintrag, und auch die Beschattung ist außerordentlich gering. Im See 7 wurde die höchste Wassertemperatur (28,8°C) aller hier besprochenen Gewässer im Untersuchungszeitraum gemessen, wenngleich der Temperaturmittelwert bei 12,6°C von den stärker beschatteten Seen 1 (13,0°C) und 6 (12,8°C) übertroffen wurden. Die besondere Größe des Wassereinzugsgebietes mag dafür verantwortlich sein. – Die Schichtungsverhältnisse wurden schon im Zusammenhang mit denen von See 6 besprochen.

Die geographischen Gegebenheiten (Flussverlauf der Werra, Steilabhänge des benachbarten Badensteins, Bahnstrecke und Bundesstraße) bringen es mit sich, dass See 7 fast von keinen landwirtschaftlich genutzten Flächen eingeschlossen ist. Für die weitere Entwicklung von Flora und Fauna wäre es wünschenswert, wenn die gegenwärtige Uferstruktur mit Flach- und Steilufern und auch die Sandbänke und Kiesinseln erhalten blieben.

Tab. 15: See 7: Meßwerte der abiotischen Faktoren.

Temp.	Sicht- tiefe	Lf	pH	O ₂	O ₂ Sät.	BSB5	SBV	Ortho- phosphat	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Na	K	Ca	SO ₄	Cl	Fe	Si		
°C	m	mS/cm		mg/l	%	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		
1986 -	1,3 - 0 -	2,15 -	6,8*	6,7 -	69 -	0 -	1,7 -	0 -	0 -	0 -	0 -			120 -	238 -	220 -	0 -			
1988	22,5	1,3	9,8	20,3	174	11,8	11,2	0,06	0,15	0,14	10,34			336	520	1300	0,290	WOLFF & SCHELLERT (1988)		
06.06.89	18,1		8,3	11,1																
06.09.89	15,8		8,1	11,9																
08.01.90	1,6		8,0	10,2																
03.03.90			(nach dem Frühjahrshochwasser)																	
30.05.90	20,5		7,8	15,2							0,2	68	8	205	419	216			KAHLERT (1993)	
08.08.90	22,6		8,2	8,0																
15.09.92			8,9																	
13.10.92	0,3 -	2,12	8,7																	
16.11.92	28,8	3,00	8,0																SCHWEERS et al. (1997)	
14.12.92		2,41	7,6																	
09.02.93	6,0	2,00	7,8																	
05.04.93	9,0	0,50	8,2																	
07.06.93	22,7	1,20	8,3	9,5	118					0,12	0,057			46	354		0,050		eigene Erhebung	
25.08.93	18,3	0,75	8,6	9,5	99	4,2	9,3	0,003	0,93	0,053	0,44			185	406	67	0,570		(KRÜGER & LABENSKI)	
20.10.93	9,0	1,50	7,4				10,7	0,020	0,40	0,017	4,07			111	279	60	0,090			
14.12.93	3,3	1,80	7,5	10,8	84	1,3	12,1	0,035	0,06	0,029	0,22			101	440	56	0,050			
13.04.95	8,0	1,50	8,3	11,8	99	2,8	2,45	0,017	0,00	0,030	1,08	69	10	115	538	130,4	0,030	0,48	SCHWEERS	
25.07.95	23,5	2,20	8,1	9,6	113	2,1	2,05	0,017	0,00	0,040	1,42	62	9	181	545	103,6	0,060	1,45	(schriftliche Mitteilung	
25.10.95	10,9	1,33	8,2	8,7	79	1,5	2,10	0,007	0,18			54	10				0,026	0,14		[1996])
03.01.96	1,8	2,20	8,2	13,8	98			0,002						190			0,021	0,59		

* aus : SCHWEERS et al. (1997)

B) An Höheren Pflanzen wurden beobachtet:

1) aquatisch

Ceratophyllum demersum
Lemna minor
Myriophyllum spicatum
Nuphar lutea
Nymphaea alba
Nymphoides peltata

Persicaria amphibia
Potamogeton pectinatus
P. crispus
P. pusillus
Zannichellia palustris

2) amphibisch

Alisma plantago-aquatica
A. lanceolatum
Alopecurus aequalis
Bidens frondosa
B. tripartita
Butomus umbellatus
Bolboschoenus maritimus
Chenopodium glaucum
Ch. rubrum
Ch. album
Eleocharis uniglumis
E. palustris s. str.
Epilobium tetragonum agg.
Filipendula ulmaria
Gnaphalium uliginosum
Iris pseudacorus
Juncus inflexus
J. compressus
J. bufonius

J. ranarius
J. ranarius
J. articulatus
Lycopus europaeus
Lysimachia nummularia
L. vulgaris
Lythrum salicaria
Phalaris arundinacea
Phragmites australis
Ranunculus sceleratus
Rorippa palustris
R. amphibia
Rumex conglomeratus
Sparganium erectum
Typha latifolia
T. angustifolia
Valeriana officinalis
Veronica anagallis-aquatica

3) terrestrisch:

Gehölze: (nicht aufgenommen, siehe Textabschnitt A, aber auch Gehölze See 6)

Krautige:

Achillea millefolium
Agrimonia eupatoriua
Elymus repens
Agrostis stolonifera
Angelica sylvestris
Artemisia vulgaris
Aster x salignus

Atriplex sagittata
A. prostrata agg.
Calamagrostis epigejos
Calystegia sepium
Carex acuta
C. hirta
Centaurium erythraea

<i>Chaenorhium minus</i>	<i>Origanum vulgare</i>
<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	<i>Pastinaca sativa</i>
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Persicaria amphibia</i>
<i>Conyza canadensis</i>	<i>P. lapathifolia</i>
<i>Crepis biennis</i>	<i>P. lapathifolia ssp. pallida</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>Poa trivialis</i>
<i>Dipsacus fullonum</i>	<i>P. annua</i>
<i>Epilobium tetragonum ssp. lamyi</i>	<i>P. pratensis</i>
<i>E. angustifolium</i>	<i>P. aviculare</i>
<i>E. hirsutum</i>	<i>Reseda lutea</i>
<i>Equisetum arvense</i>	<i>R. luteola</i>
<i>Erigeron acris</i>	<i>Fallopia japonica</i>
<i>E. annuus</i>	<i>Sagina procumbens</i>
<i>Euphorbia cyparissias</i>	<i>Senecio erucifolius</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Sisymbrium officinale</i>
<i>Glechoma hederacea</i>	<i>Solidago gigantea</i>
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	<i>S. canadensis</i>
<i>Heracleum sphondylium</i>	<i>Stellaria aquatica</i>
<i>Inula conyza</i>	<i>Torilis japonica</i>
<i>Lactuca serriola</i>	<i>Trifolium hybridum</i>
<i>Lapsana communis</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Medicago lupulina</i>	<i>T. resupinatum</i>
<i>Melilotus albus</i>	<i>T. rubens</i>
<i>M. altissimus</i>	<i>Verbascum thapsus</i>
<i>Mentha aquatica</i>	<i>Vicia cracca</i>
<i>Odontitis vulgaris</i>	<i>V. hirsuta</i>
<i>Oenothera biennis</i>	

C) Diatomeenbefunde: Im Gegensatz zu See 6 sind Litoral und Pelagial von See 7 in ihrer Artenzusammensetzung deutlich zu unterscheiden. Die im Pelagial vorherrschende *Cyclotella ocellata*¹¹ kommt im Litoral (Tab. 16) so gut wie gar nicht vor. Mit dieser Artengruppe aber und fast allen anderen in Tab. 18 aufgeführten Arten hat sich im freien Wasser von See 7 ein regelrechtes Euplankton gebildet, während im Litoral freigespülter Aufwuchs die Zusammensetzung der Assoziation bestimmt. Hier ist auch der Anteil der Centrales-Arten außerordentlich gering (Tab. 17); im Pelagial (Tab. 19) dominieren eindeutig diese Arten. Auffällig ist allerdings in diesem Zusammenhang, dass in den Proben vom 13.4.1995 (S721-S723) überhaupt keine Exemplare aus dem Formenkreis von *Cyclotella ocellata* zu finden waren.

Trotz der im vorigen Absatz dargestellten hohen Planktonpräsenz im Pelagial ist dort aber auch eine nicht unerhebliche Anzahl von Aufwuchsformen vertreten. Der relativ klare See 7 bietet den Makrophyten die Gelegenheit zum Besiedeln auch tiefergele-

¹¹ In den Tabellen von See 7 sind *Cyclotella ocellata* und *C. krammeri* gesondert aufgeführt, in den Artenlisten erscheinen sie als eine Art. Die gesonderte Aufführung der beiden *Cyclotella*-Formen soll deutlich machen, welche unterschiedliche Höhepunkte beide Entwicklungsstadien haben.

gener Seegrundbereiche und damit dessen Diatomeenaufwuchs auch Möglichkeiten, bis in die Seemitte vorzudringen. Wegen der guten Lichtverhältnisse finden also auch Assoziationen des Epilithons, des Epipelons und des Epipsammons Möglichkeiten, sich weit vom Ufer entfernt zu entwickeln. Auch Wind und Wellen sorgen gelegentlich für den Transport von Aufwuchs ins freie Wasser.

Cyclotella ocellata gibt offensichtlich wegen ihrer unterschiedlichen Ausprägung während ihres Entwicklungsganges Auskunft über den Zeitraum ihrer generativen Fortpflanzung. Die Formen, die man bisher zu *C. krammeri* zuordnete, sind direkte Abkömmlinge aus den sexuellen Fortpflanzungsvorgängen. Es scheinen nur die kleinen – meist *ocellata*-artigen – Zellen zur Sexualität fähig, aber offensichtlich nicht alle (HEGEWALD & HINDÁKOWÁ 1997)

Die Auxosporen bzw. Erstlingszellen (Taf. 11; Abb. 1 und 2) hatten bei den Untersuchungen des Verfassers einen Durchmesser um 20 µm und kamen in See 7 nur im Oktober vor. Die *krammeri*-Übergangsformen dominieren bis in den ausgehenden Winter die *ocellata*-Formen (Tab. 18). In den übrigen Zeiten könnten die im Verhältnis zu den *ocellata*-Formen in geringerer Anzahl vorhandenen *krammeri*-Formen aus den Halbzellen und ihren Komplettierungsvalven der vegetativen Teilungen stammen. Sie treten dementsprechend in abnehmender Menge auf. Alle *ocellata*-artigen Formen scheinen also aus der vegetativen Fortpflanzung hervorzugehen. Zu den in den Proben S751-S753 der Tab. 18 aufgeführten *Cyclotella spec.* und *C. comensis* wird in der Artendiskussion Stellung genommen.

Tab. 16: See 7 (Litoral, Mischproben): Übersicht über die häufigsten Taxa.

Probe	Abundanz (in %)				
	massenhaft	sehr häufig		häufig	
1		<i>Nitzschia paleacea</i>	28,1	<i>Fragilaria fasciculata</i>	4,3
		<i>Achnanthes minutis-</i> <i>sima</i>	19,6	- <i>pulchella</i>	4,1
		<i>Navicula gregaria</i>	11,1	<i>Gomphonema olivac. var. oliva-</i> <i>ceum</i>	3,6
				<i>Nitzschia linearis var. subtilis</i>	3,6
				<i>Navicula radiosa</i>	3,3
				<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3,3
				<i>Craticula halophila</i>	2,9
				<i>Cymbella minuta</i>	2,8
				<i>Surinella brebissonii var. kützingii</i>	2,7
				<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	2,6
2		<i>Navicula gregaria</i>	19,1	<i>Navicula reichardtiana</i> <i>var. reichardtiana</i>	4,6
		<i>Achnanthes minutis-</i> <i>sima</i>	16,1	<i>Fragilaria pulchella</i>	4,1
		<i>Cocconeis placentula</i> <i>var. lineata</i>	16,1	<i>Nitzschia paleacea</i>	2,9
				- <i>linearis var. subtilis</i>	2,8
				<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	2,5
				<i>Navicula menisculus var. grunowii</i>	2,3
			- <i>slesvicensis</i>	2,3	

			- <i>radiosa</i>	2,3
			<i>Fragilaria fasciculata</i>	2,2
			<i>Craticula halophila</i>	2,2
3		<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Diatoma tenuis</i>	6,7
		<i>var. lineata</i> 17,2	<i>Navicula gregaria</i>	6,0
		<i>Fragilaria capucina</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>	5,7
		<i>var. mesolepta</i> 15,7	<i>Navicula reichardtiana</i>	
		<i>Achnanthes minutissima</i> 10,2	<i>var. reichardtiana</i>	3,7
			<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	3,7
			<i>Amphora pediculus</i>	3,7
			<i>Nitzschia paleacea</i>	3,7
			- <i>supralitorea</i>	2,6
			<i>Fragilaria fasciculata</i>	2,5
			<i>Nitzschia microcephala</i>	2,4
			- <i>linearis var. subtilis</i>	2,3
4	<i>Cocconeis placentula var. lineata</i> 54,9	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 18,4	<i>Achnanthes minutissima</i>	6,4
			<i>Epithemia adnata</i>	3,6
			<i>Nitzschia inconspicua</i>	3,0
			<i>Navicula gregaria</i>	2,3
5		<i>Cocconeis placentula var. lineata</i> 40,6	<i>Amphora pediculus</i>	8,1
		<i>Achnanthes delicatula var. delicatula</i> 12,6	<i>Fragilaria pinnata var. pinnata</i>	5,6
			- <i>fasciculata</i>	4,6
			<i>Navicula cryptotenella</i>	4,1
			<i>Epithemia adnata</i>	4,1
			<i>Fragilaria capucina var. mesolepta</i>	2,6
			<i>Achnanthes delicatula var. engelbrechtii</i>	2,6
			- <i>minutissima</i>	2,1
6		<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 18,8	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	5,8
		<i>Cocconeis placentula var. lineata</i> 15,3	<i>Fragilaria pulchella</i>	4,3
		<i>Epithemia adnata</i> 10,8	- <i>pinnata var. pinnata</i>	4,3
			<i>Amphora pediculus</i>	4,2
			<i>Achnanthes minutissima</i>	3,8
			<i>Cyclostephanos dubius</i>	3,8
			<i>Epithemia sorex</i>	3,8
			<i>Cocconeis pediculus</i>	3,6
			<i>Achnanthes delicatula var. delicatula</i>	3,2
			<i>Fragilaria capucina var. mesolepta</i>	2,8
			<i>Achnanthes delicatula var. engelbrechtii</i>	2,1

Tab. 17: See 7 (Litoral, Mischproben): Die zehn häufigsten Taxa im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	24,4 %	tol	tol
<i>Achnanthes minutissima</i>	9,7 %	tol	tol
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	7,3 %	eut	tol
<i>Navicula gregaria</i>	6,8 %	eut	tol
<i>Nitzschia paleacea</i>	5,9 %	eut	tol
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	3,6 %	am-eut	
- <i>fasciculata</i>	2,6 %	eut	mh
- <i>pulchella</i>	2,4 %	eut	mh
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	2,1 %		
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i>	1,5 %	eut	tol

In den einzelnen Tiefenstufen der jeweiligen Probenentnahmen zeigt sich keine deutlich unterscheidbare Zusammensetzung des Artenspektrums, zumindest bei den Hauptarten. Auch bei den anderen aufgeführten Arten lassen sich keine irgendwie gearteten Auffälligkeiten feststellen. Wie auch in See 6 gibt es allerdings eine Ausnahme: der rapide Präsenzverlust von *Fragilaria ulna* var. *angustissima* in der 3. Stufe vom 13.4.1994 (siehe Tab. 18 S721-S723).

Ob die Vertreter dieses Taxons besonders lichtbedürftig sind, kann man aus der vorliegenden Untersuchung nicht schließen, da keine Vergleiche aus vorherigen bzw. nachfolgenden Jahren vorliegen.

Im Litoral ist *Cocconeis placentula* var. *lineata* das vorherrschende Taxon (Tab. 17). Es erreicht mit fast 55% Anteil an der Assoziation im Hochsommer seine höchste Präsenz und bleibt auch im Herbst mit 40,6% in der Spitzenposition (siehe Tab. 16); im Spätwinter sinkt ihr prozentualer Anteil auf 2,6%. – Auch *Achnanthes minutissima* bleibt mit einem Durchschnitt von 9,7% das ganze Jahr über hochpräsent, mit einem Gipfel im Februar und einem Tief im Oktober.

Tab. 18: See 7 (Pelagial): Gegenüberstellung der Dominanzverhältnisse in den einzelnen Tiefenstufen aller Probenanteile.

Proben	1.	%	2.	%	3.	%	4.	%	5.	%	6.	%	7.	%	8.	%
S 721	Frag. uln. var. ang.	20,5	Diat. tenuis	18,5	Steph. hantzschii	10,5	Achn. minutissima	4	Cocc. plac. var. lin.	3,5	Cyclst. dubius	3,5	Frag. cap. var. meso.	3	Amph. pediculus	2,5
S 722	Frag. uln. var. ang.	41,6	Diat. tenuis	4,60	Nav. radiosa	4,3	Cocc. plac. var. lin.	3,6	Gyr. acuminatum	3,45	Cyclst. dubius	3,25	Cycl. radiosa	3,15	Frag. cap. var. meso.	3,1
S 723	Gyr. acuminat.	9,55	Cocc. pl. var. lin.	7,60	Nav. radiosa	7	Amph. pediculus	6,45	Frag. cap. var. mes.	6,35	Frag. ulna var. ang.	5	Steph. hantzschii	4,8	Amph. libyca	3
S 731	Cycl. ocellata	84,5	Cycl. krammeri	5,10	Cycl. radiosa	1,8	Cyclst. dubius	0,65	Achn. minutissima	0,3	Nav. radiosa	0,3	Diat. tenuis	0,15	Cocc. plac. var. lin.	0,15
S 732	Cycl. ocellata	85,1	Cycl. krammeri	3,00	Cycl. radiosa	1,1	Cocc. plac. var. lin.	0,8	Gyr. acuminatum	0,65	Cycl. dubius	0,6	Nav. radiosa	0,3	Sur. breb. var. kütz	0,3
S 733	Cycl. ocellata	69,0	Cycl. krammeri	14,0	Cocc. pediculus	1,85	Cycl. radiosa	1,45	Crat. cuspidata	0,8	Gyr. acuminatum	0,7	Gyr. attenuatum	0,7	Nav. radiosa	0,4
S 741	Cycl. ocellata	49,8	Cycl. atomus	15,7	Cycl. krammeri	9,6	Nitz. lin. var. subbt.	3,6	Cocc. plac. var. lin.	3,1	Gyr. acuminatum	2,8	Amph. pediculus	1,65	Nitz. recta	1,1
S 742	Cycl. ocellata	49,0	Cycl. atomus	12,2	Cycl. krammeri	9,55	Amph. pediculus	3,6	Gyr. acuminatum	3,25	Frag. brevistriata	1,95	Cycl. comensis	1,8	Cocc. plac. var. lin.	1,5
S 743	Cycl. ocellata	59,0	Cycl. krammeri	9,20	Nitz. lin. var. subbt.	5,1	Cycl. atomus	4	Frag. brevistriata	3,6	Cocc. plac. var. lin.	1,95	Nav. radiosa	1,85	Amph. pediculus	1,8
S 751	Cycl. krammeri	23,9	Cycl. ocellata	14,75	Cycl. spec.	13,55	Cyclst. dubius	12,3	Cycl. comensis	7,65	Diat. tenuis	5,7	Cycl. atomus	1,75	Cycl. meneghiniana	1,6
S 752	Cycl. krammeri	34,4	Cycl. ocellata	16,05	Cycl. spec	8,45	Cycl. comensis	8,1	Cyclst. dubius	5,4	Diat. tenuis	5,3	Cycl. meneghiniana	1,75	Cycl. atomus	1,45
S 753	Cycl. krammeri	34,25	Cycl. ocellata	14,65	Cycl. comensis	8,2	Cycl. spec.	6,95	Cyclst. dubius	3,85	Diat. tenuis	1,85	Cycl. atomus	1,55	Achn. minutissima	1,3

Erklärung zur Probenbezeichnung : S = Probennahme und Präparateherstellung erfolgten durch SCHWEERS.

(Bestimmung der Diatomeen führte der Verfasser durch.)

Die Überschwemmung im Frühjahr 1995 ist in dieser Aufstellung nicht berücksichtigt.

1. Ziffer nach dem S = See-Nr.; 2. Ziffer = chronologischer Beprobungstermin; 3. Ziffer = Tiefenstufe
(weitere Erläuterungen siehe Fortsetzung nächste Seite)

Tab. 18: Fortsetzung der Legende.

Beprobungstermine	Tiefenstufen
(1 = 27.9.1994) Proben fanden keine Berücksichtigung, da für quantitative Auswertung nicht geeignet.	
2 = 13.04.1995	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 3,0 m
3 = 25.07.1995	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 2,5 m
4 = 25.10.1995	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 3,0 m
5 = 03.01.1995	1= 0,5 m 2= 1,5 m 3= 3,0 m

Auffällig ist auch das relativ hohe Vorkommen der halophilen *Fragilaria fasciculata* und *F. pulchella* (siehe Tab. 16), sowie von *Craticula halophila*, letztere nur im Februar und April.

Tab. 19: See 7 (Pelagial): Die neun häufigsten Taxa im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Cyclotella ocellata</i>	36,9 %		
(- <i>krammeri</i>)	10,3 %		
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>angustissima</i>	5,7 %	eut	tol
<i>Diatoma tenuis</i>	4,6 %	am-eut	
<i>Cyclotella atomus</i>	3,1 %		
- aff. <i>comensis</i>	2,8 %		
<i>Cyclostephanos dubius</i>	2,7 %		hp
<i>Cyclotella</i> spec.	2,4 %		
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	2,0 %	tol	tol
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	1,9 %	eut	tol

Mit 156 Taxa im Litoral und 157 im Pelagial gehört See 7 zu den artenreichsten der untersuchten Seen. In Litoral und Pelagial kamen 114 Taxa gemeinsam vor. Man

kann daraus schließen, dass etwa $\frac{1}{8}$ der gefundenen Arten für den jeweiligen Bereich besondere Präferenzen entwickelt hat.

Halophile Diatomeen wurden im Litoral 34 Taxa gezählt, davon kamen 24 auch im Pelagial vor, plus einem, das nicht im Litoral gefunden wurde (*Navicula recens*). Die HI-Berechnung für das Litoral ergab folgende Ergebnisse: Februar 23,1; April 28,5; Juni 21,6; August 22,5; Oktober 25,0; Dezember 22,3; $\bar{O} = 23,8$. Damit liegt der Wert, wie auch der des Sees 1, signifikant über den übrigen, erreicht allerdings nicht den mesohaloben Bereich. Die Untersuchungsergebnisse von KAHLERT (1993) werden auch hier bestätigt. Das Gleiche gilt für die Trophiebewertung. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen und Berechnungen des Autors ergeben nämlich folgende Werte: Februar 4,86; April 4,82; Juni 4,55; August 4,54; Oktober 4,80; Dezember 4,54; $\bar{O} = 4,69$, also eutroph.

Die Abb. 25 und 26 zeigen die Abundanz- und Artenzahlverhältnisse im Litoral.

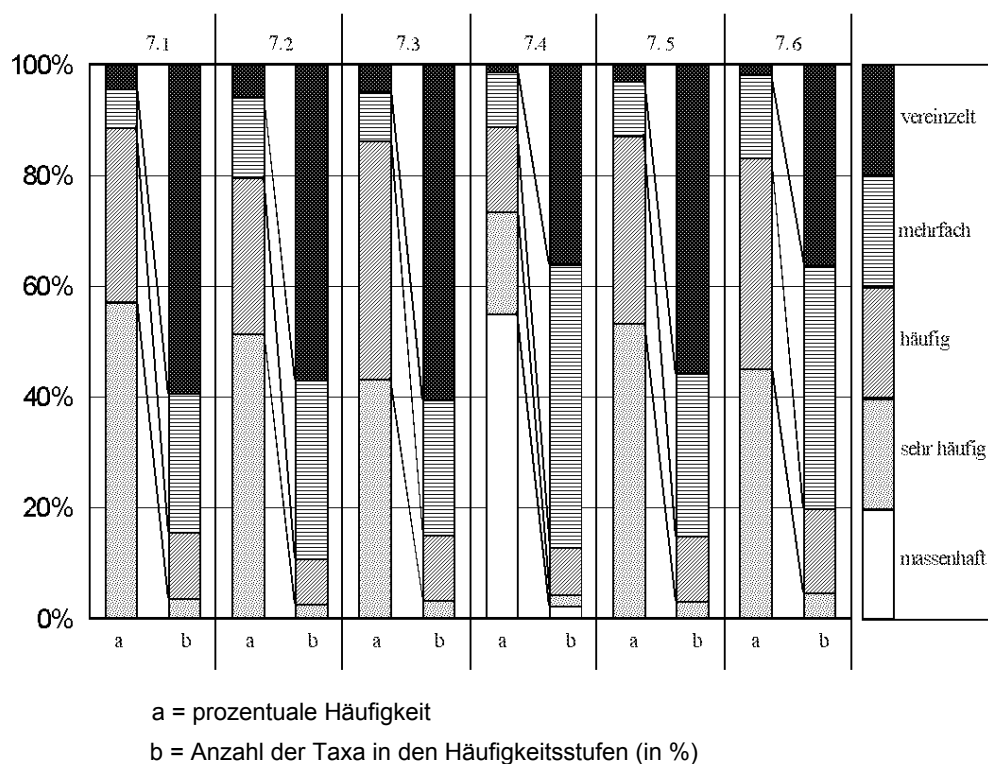
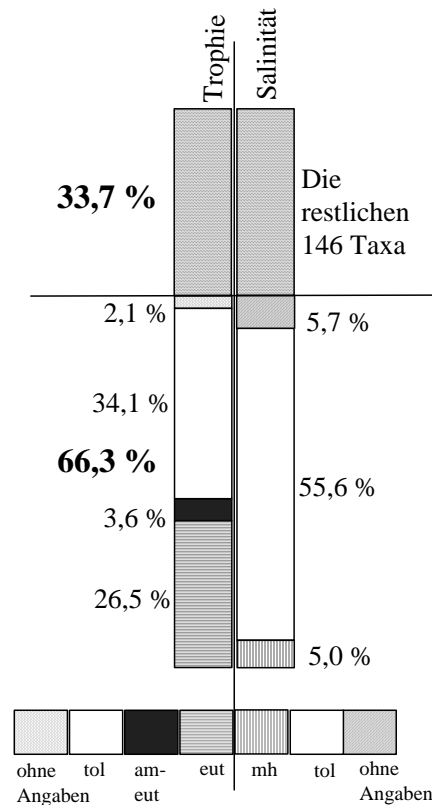


Abb. 25: See 7 (Litoral): Verteilung der prozentualen Häufigkeit auf die Anzahl der ausgezählten Taxa.

Abb. 26: See 7 (Litoral): Anteil der zehn häufigsten Taxa am Gesamtaufkommen aller Taxa in Bezug auf Trophie und Salinität (im Jahresdurchschnitt).



See 8

A) Der See ist mit 800 m das am weitesten von der Werra entfernte Gewässer von den hier untersuchten. Es ist auch als einziges kein Kiessee, sondern durch den Abbau von Ton entstanden. Es liegt auf einem diluvialen Sockel ganz am Rande der Werraue und „befindet sich offensichtlich nicht im Austausch mit dem Schotterkörper der Aue“ (SCHWEERS et al. 1997). Der Seegrund wird von buntem Mergel des oberen Buntsandstein gebildet. „Insofern unterscheidet sich dieser nur $\frac{1}{8}$ ha kleine See von den anderen ..., die sämtlich, zumindest in der Tiefe, in kiesiges Substrat eingebettet sind“ (ebenda). Die Ufer sind ziemlich steil, und man kommt nur in trockenen Perioden im Sommer oder bei Eisbildung direkt an den See, da die umliegende Wiese fast immer sehr sumpfig ist. Von Herbst bis zum Frühjahr ist sie meist überschwemmt, und oft bleibt nach dem Zurückgehen des Wassers ein zweiter kleiner See südöstlich des eigentlichen erhalten. Die ebengenannte Wiese – in einer flachen Senke gelegen – und der in ihr eingebettete See 8 wird von allen Seiten von intensiv bearbeiteten Weiden und Äckern umgeben (Abb. 27).

Diese Wiese selbst bietet vielen Sumpfpflanzen (siehe Teil B) Lebensraum, der auch von Amphibien und Insekten reichhaltig besiedelt wird. So ist z.B. der Bestand an Libellen in Menge und Artenzahl für so ein vergleichsweise kleinen Biotop beeindruckend.

Im Südwesten liegt der 230 m hohe Heegen, eine kleine Kalkformation, hufeisenförmig umgeben von Buntsandstein. Er fällt teilweise sehr steil zur Aue hin ab, und im unteren flachen Teil befinden sich Streuobstwiesen, die häufig als Schafweiden be-

nutzt werden. Im Nordosten wird die Senke durch ein Auwäldchen und einen landwirtschaftlich stark benutzten und befestigten Feldweg von den Äckern getrennt. Der See ist wenig beschattet. – Er „beherbergt Fische, z.B. Karpfen, die sich bei den“ relativ „hohen Temperaturen im Sommer noch recht wohl fühlen. Am 23.8.1995 wurde ein etwa 1,20 m langer Wels im Wasser tot aufgefunden“ (SCHWEERS et al. 1997).

See 8 ist wenig nährstoffbelastet (siehe Tab. 20); sein Nitratgehalt ist mit durchschnittlich 2 mg/l von allen Seen der niedrigste. See 8 scheint sich wegen seiner Lage am Rande der Werraue nicht in Austausch mit dem Schotterkörper der Aue zu befinden. Weder der niedrige Nährstoff- noch der keineswegs hohe Calciumeintrag sind sonst nicht erklärbar.

Über Tiefe und Schichtung gibt Abb. 28 Auskunft – Wegen der schweren Begehrbarkeit wird das Gewässer so gut wie nicht mehr zum Angeln benutzt.



Abb. 27: See 8: Blick nach Süden.

Wassertiefe in m

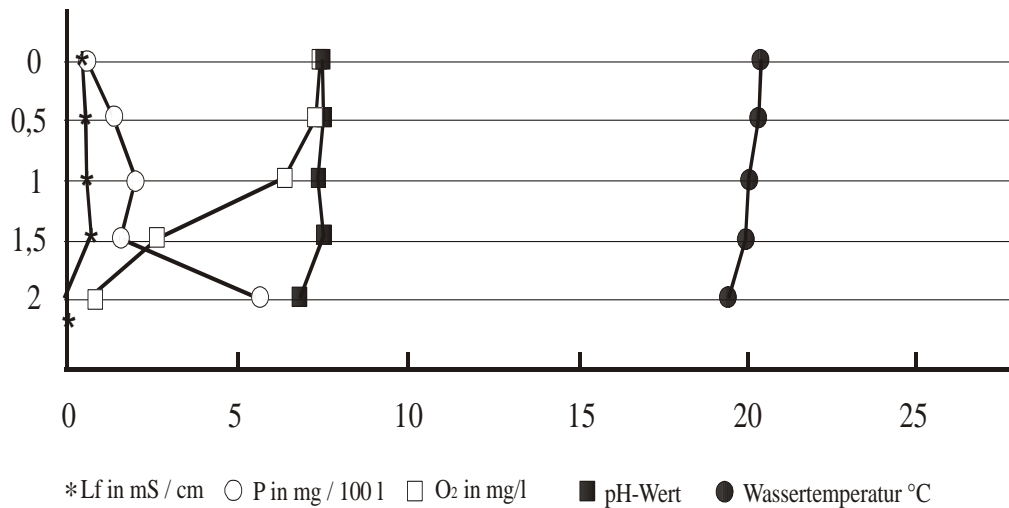


Abb. 28: See 8: Schichtungsverhältnisse im Herbst 1987 (nach WOLFF & SCHELLERT 1988).

B) An Höheren Pflanzen wurden in den letzten Jahren beobachtet:

1) aquatisch:

Lemna minor

Persicaria amphibia

Nymphaea alba

2) amphibisch:

Equisetum arvense

Typha latifolia

Alisma plantago-aquatica

T. angustifolia

A. lanceolatum

Lysimachia nummularia

Butomus umbellatum

L. vulgaris

Iris pseudacorus

Potentilla anserina

Eleocharis palustris s. str.

Lythrum salicaria

Carex disticha

Epilobium hirsutum

C. otrubae

Scutellaria galericulata

C. acuta

Mentha aquatica

C. vesicaria

Bidens frondosa

Glyceria maxima

Cirsium arvense

Phalaris arundinacea

C. oleraceum

Sparganium erectum

C. palustre

3) terrestrisch

Gehölze:

Quercus rubra

S. x mollissima

Q. robur

Crataegus monogyna

Salix cinerea

Prunus spinosa

S. caprea

Fraxinus excelsior

Tab. 20: See 8: Meßwerte der abiotischen Faktoren.

Temp.	Sicht- tiefe	Lf	pH	O ₂	O ₂ Sät.	BSB5	SBV	Ortho- phosphat	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Na	K	Ca	SO ₄	Cl	Fe
°C	m	mS/cm		mg/l	%	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1986 -	1,6 -	0 -	7,5 -	5,1 -	52 -	0 -	3,4 -	0 -	0 -	0 -	0 -			64 -	14 -	14 -	0 -
1988	21,8	1,20	8,6	14,0	114	8,1	7,5	0,08	0,370	0,070	8,80			142	100	60	0,370
06.06.89	16,0		7,9	5,2													
06.09.89	14,8		8,6	11,8													
08.01.90	2,4		8,3	5,1													
03.03.90			(nach dem Frühjahrshochwasser)														
30.05.90	19,5		8,2	10,7							1,00	2	2	47	33	30	
08.08.90	20,4		8,0	11,2													
15.09.92			8,1														
13.10.92	0,3 -	0,30 -	8,4														
16.11.92	26,2	2,00	7,8														
14.12.92			7,7														
09.02.93	1,5	Eis	7,8														
05.04.93	8,0	0,45	8,0														
07.06.93	22,5	0,25	8,3						0,050	0,056	5,72			47	157	25	0,030
25.08.93	16,0	0,20	8,0	8,8	90	2,3	4,3	0,005	0,770	0,075	1,93			85	77	9	0,670
20.10.93	6,2	0,50	7,5				4,3	0,003	0,310	0,008	2,88			78	42	11	0,050
14.12.93	3,6	0,70	7,4	11,1	87	4,2	3,6	0,036	0,060	0,026	2,08			140	85	11	0,020

Krautige:

Carex hirta

C. acutiformis

Poa trivialis

Deschampsia cespitosa

Alopecurus pratensis

Ranunculus ficaria

R. repens

Silene flos-cuculi

Filipendula ulmaria

Vicia hirsuta

V. cracca

Angelica sylvestris

Pastinaca sativa

Heracleum sphondylium

Galium aparine

G. mollugo

Symphytum officinale

Glechoma hederacea

Lamium album

L. maculatum

Stachys palustris

C) Diatomeenbefunde: Auffälligstes Taxon, und als Charakterart für See 8 zu bezeichnen, ist *Amphipleura pellucida*, die in allen Proben vorkommt und zwar viermal häufig, im Juni und Oktober vereinzelt bzw. mehrfach. Diese Art kommt sonst nur noch – wenn auch nicht in allen Proben – in See 4 mit viel niedrigerer Abundanz vor. Damit nimmt sie eine ähnlich herausragende Stellung wie *Navicula oblonga* in See 2 ein, nur dass ersteres Taxon räumlich noch enger begrenzt ist und die Häufigkeit auf einem weit höheren Niveau steht.

Dennoch steht *Amphipleura pellucida* im Jahresdurchschnitt nur an achter Stelle (siehe Tab. 22). Sie wird bei weitem übertroffen von dem unscheinbaren „Star“ dieser Untersuchung: *Achnanthes minutissima*. Diese erreicht in See 8 im Juni ein Massenaufkommen von 81,7% und in den anderen Proben liegt sie zwischen 35,3% und 5,9%. Auch *Epithemia adnata* erreicht in See 8 einen hohen Jahresdurchschnitt von 12,6% und ist in allen Proben mit zum Teil hohen Abundanzen vertreten (siehe Tab. 21). Nur im Litoral von See 7 kommt sie in allen Proben, allerdings auf einem etwas niedrigerem Häufigkeitsniveau, vor. Hervorzuheben sind außerdem *Nitzschia linearis* var. *subtilis*, *Amphora pediculus*, *Caloneis bacillum* und *Nitzschia dissipata* var. *dissipata*, die in allen Proben mit teilweise auffälligen Häufigkeiten zu finden sind.

Zentrische Arten treten kaum auf, eine Ausnahme bildet *Stephanodiscus hantzschii*, die in allen Proben mit mittlerer Abundanz vorkommt.

Von den 122 Taxa dieses Gewässers sind nur 15 halobiont. Der Durchschnittshalobienindex liegt deshalb mit 10,3 auch sehr niedrig. Im Einzelnen wurden errechnet: 10,8 im Februar; 4,9 im April; 10,0 im Juni; 11,2 im August; 11,4 im Oktober und

13,3 im Dezember. Damit bestätigt sich die Einschätzung von KAHLERT (1993): Es handelt sich um Süßwasser¹².

Tab. 21 : See 8 : Übersicht über die häufigsten Taxa in Mischproben.

Probe	Abundanz (in %)		
	massenhaft	sehr häufig	häufig
1			<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 9,9
			<i>Amphipleura pellucida</i> 8,9
			<i>Nitzschia paleacea</i> 7,9
			- <i>acicularis</i> 6,9
			- <i>linearis</i> var. <i>subtilis</i> 6,9
			<i>Achnanthes minutissima</i> 5,9
			<i>Gomphonema parvulum</i> 5,9
			<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i> 5,9
			<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheria</i> 4,9
			<i>Nitzschia supralitorea</i> 4,9
			- <i>drapeillensis</i> 4,9
			- <i>perminuta</i> 3,4
			<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> 2,4
			<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i> 2,4
		<i>Cyclostephanos dubius</i> 2,0	
2		<i>Achnanthes minutissima</i> 35,3	<i>Caloneis bacillum</i> 7,3
		<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> 14,8	<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i> 5,8
			<i>Amphora pediculus</i> 5,8
			<i>Gomphonema parvulum</i> 4,3
			<i>Epithemia adnata</i> 4,3
			<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i> 3,8
			<i>Amphipleura pellucida</i> 2,8
			<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> 2,8
3	<i>Achnanthes minutissima</i> 81,7		<i>Caloneis bacillum</i> 2,9
			<i>Gomphonema parvulum</i> 2,7
			<i>Nitzschia paleacea</i> 2,7
		<i>Epithemia adnata</i> 27,4	<i>Amphora pediculus</i> 5,4
		<i>Achnanthes minutissima</i> 10,9	<i>Caloneis bacillum</i> 5,4
			<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 5,4
			<i>Navicula capitatoradiata</i> 4,4
			<i>Amphipleura pellucida</i> 4,1
			<i>Nitzschia permiuta</i> 3,9
			<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> 3,4

¹² KAHLERT (1993) differenziert bei ihrer Abstufung der Salinität zwischen oligohalob und Süßwasser. Da die durch den Autor errechneten einzelnen Werte des HI im Grenzgebiet zwischen α -oligohalob und β -oligohalob liegen, hat dieser sich entschieden, sich der Ansicht von KAHLERT anzuschließen.

4			<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i>	2,9	
			<i>Cymbella lanceolata</i>	2,7	
			<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i>	2,4	
			<i>Achnanthes lanceolata</i> ssp. <i>frequentissima</i> var. <i>frequentissima</i>	2,3	
			<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	2,2	
			<i>Cyclostephanos dubius</i>	2,2	
5		<i>Epithemia adnata</i>	10,0	<i>Achnanthes minutissima</i>	9,5
		<i>Navicula capitato-radiata</i>	10,0	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	9,5
				<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i>	7,5
				- <i>supralitorea</i>	5,5
				<i>Caloneis bacillum</i>	5,5
				<i>Nitzschia perminuta</i>	5,5
				- <i>dissipata</i> var. <i>media</i>	5,0
				<i>Cyclostephanos dubius</i>	4,0
				<i>Amphora pediculus</i>	3,5
			<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i>	3,5	
6		<i>Epithemia adnata</i>	31,9	<i>Achnanthes minutissima</i>	8,4
		<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i>	15,9	<i>Amphora pediculus</i>	7,4
				<i>Amphipleura pellucida</i>	4,4
				<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i>	3,9
				<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	2,9
				<i>Nitzschia perminuta</i>	2,9
				- <i>acicularis</i>	2,4
			- <i>supralitorea</i>	2,4	

Tab. 22: See 8: Die zehn wichtigsten Taxa in Mischproben im Jahresdurchschnitt (mit ökologischen Präferenzen).

Taxon	relative Häufigkeit	Trophie	Salinität
<i>Achnanthes minutissima</i>	26,1 %	tol	tol
<i>Epithemia adnata</i>	12,6 %	am-eut	tol
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i>	6,1 %	eut	tol
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	4,5 %		
<i>Amphora pediculus</i>	3,9 %	tol	tol
<i>Caloneis bacillum</i>	3,5 %	am-lut	tol
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	3,4 %	am-lut	tol
<i>Amphipleura pellucida</i>	3,4 %	tol	tol
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i>	3,3 %	tol	tol
- <i>perminuta</i>	2,5 %	eut	tol

Die Berechnung des Trophie-Indexes zeigte folgende Ergebnisse: 4,36 im Februar; 4,42 im April; 3,71 im Juni; 4,34 im August, 4,47 im Oktober und 4,54 im Dezember. Der Durchschnitts-TI lag bei 4,3 und somit deutlich im eutrophen Bereich, während KAHLERT (1993) das Gewässer als mesotroph einstuft.

Die Abundanz- und Artenzahlverhältnisse werden in Abb. 28 und 29 dargestellt.

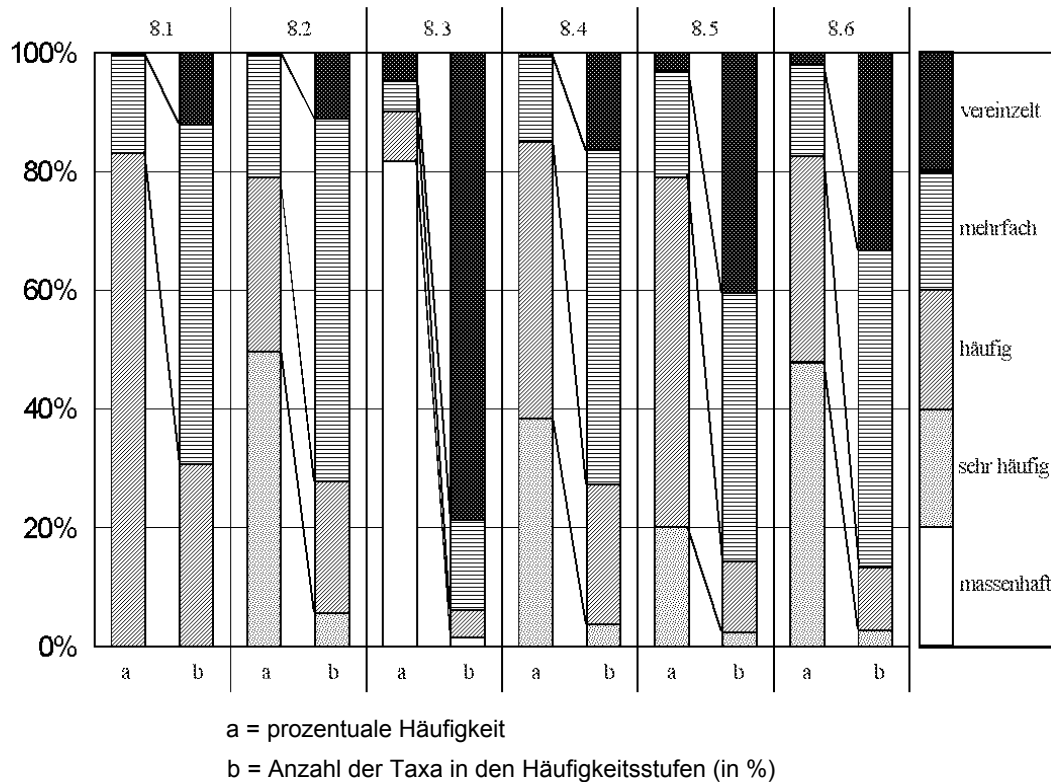
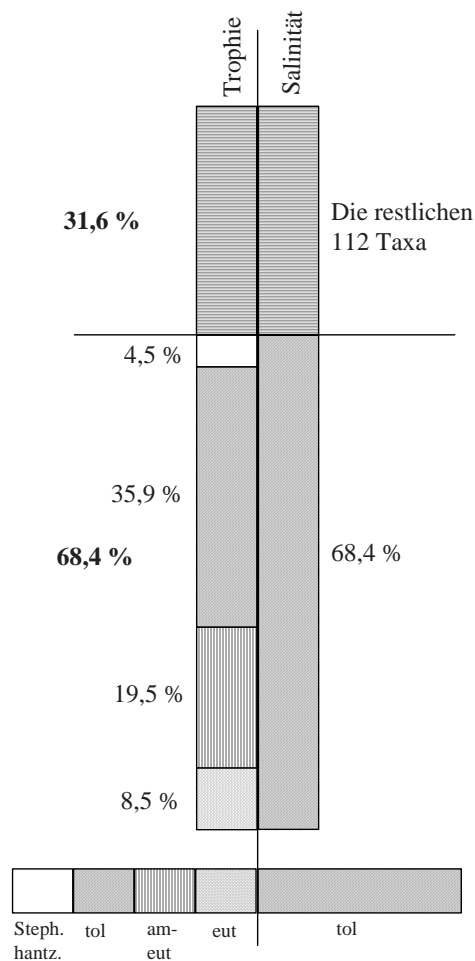


Abb. 29: See 8: Verteilung der prozentualen Häufigkeit in Mischproben auf die Anzahl der ausgezählten Taxa.

Abb. 30: See 8: Anteil der zehn häufigsten Taxa am Gesamtaufkommen aller Taxa in Mischproben in Bezug auf Trophie und Salinität (im Jahresdurchschnitt).



5 Zusammenfassung und Diskussion

Jeder der in dieser Arbeit beschriebenen Seen stellt einen eigenen Wasserkörper dar. Das ist vor allem als biozönotische Reaktion auf chemische und physikalische Faktoren zurückzuführen. Diese wiederum werden in der Hauptsache von den geologischen Verhältnissen und der Nutzung der die Seen umgebenden Landflächen beeinflusst. Auch die Nähe der Werra spielt bei einigen von ihnen eine gewisse Rolle, was sowohl die Grundwasserströme als auch das Hochwasser anbetrifft. Am stärksten und dauerhaftesten ist davon See 1 betroffen, See 6 nur ephemer stärker und See 8 überhaupt nicht.

Deshalb ist es also auch nicht verwunderlich, dass die teilweise eng beieinander liegenden Gewässer je eine eigene Diatomeenassoziation aufweisen. Die stichprobenartigen Bestandsaufnahmen weisen signifikant das unterschiedliche Vorhandensein

bestimmter Populationsstrukturen und die Häufigkeitsverteilung der aufgetretenen Taxa aus (siehe Tab. 24¹³). Allerdings sind aus dieser Tabelle nicht unbedingt Trophie- oder Salinitätsstufe ersichtlich, vielleicht mit Ausnahme des Sees 1. Zur Feststellung dieser beiden Qualitäten waren deshalb auch die Berechnungen nach HOFMANN (1994) und ZIEMANN (1982, 1991) nötig.

Trotz aller Unterschiede gibt es aber auch bemerkenswerte Gemeinsamkeiten. Alle Gewässer sind eutroph (See 4 meso-eutroph) und oligohalob (See 8 an der Grenze zum reinen Süßwasser). Bei der Salinitätsberechnung ergeben sich größere Unterschiede bei den einzelnen Seen (siehe Tab. 23). See 1 liegt im oberen Bereich, und auch See 7 erreicht höhere Werte. Tab. 25 zeigt die Anzahl der Halophyten und die der insgesamt gefundenen Arten jeden Gewässers.

Tab. 23 : Trophie- und Salinitätsindizes, Leitfähigkeits- und pH-Werte der sechs Seen im Vergleich (im Jahresdurchschnitt).

See-Nr.	TI	HI	Lf [µS/cm]	pH
1	4,79	27,3	3510	8,2
2	4,78	15,5	1150	7,7
4	3,89	16,6	560	7,9
6*	4,66	13,8	580	7,9
7*	4,69	23,8	1910	8,0
8	4,30	10,3	560	7,8

* nur Litoral

¹³ Dargestellt sind jeweils die fünf häufigsten Taxa. Sie vermitteln einen deutlichen Eindruck der Assoziationszusammensetzungen und der seeübergreifenden Gemeinsamkeiten. Für See 6 und 7 sind die Hauptarten des Litorals und des Pelagials gesondert dargestellt.

Tab. 24: Vergleichende Aufstellung der fünf häufigsten Taxa für jeden See (im Jahresdurchschnitt). Obere Aufstellung: Mischproben, untere Aufstellung Pelagial.

See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8	
1. <i>Nitzschia inconspicua</i>	% <i>Achnanthes minutissima</i> 29,4	% <i>Achnanthes minutissima</i> 26,7	% <i>Cyclostephanos dubius</i> 30,9	% <i>Cocconeis plac. var. lineata</i> 48,9	% <i>Achnanthes minutissima</i> 24,4	% 26,1
2. <i>Nitzschia paleacea</i>	<i>Amphora pediculus</i> 13,2	16,7	<i>Diatoma tenuis</i> 19,3	<i>Achnanthes minutissima</i> 10,8	<i>Epithemia adnata</i> 9,7	12,6
3. <i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 12,0	10,6	<i>Cyclotella radiosa</i> 11,8	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> 6,8	<i>Nitzscha lineata var. subtilis</i> 7,3	6,1
4. <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Fragilaria ulna var. acus</i> 7,5	5,0	<i>Amphora pediculus</i> 5,3	<i>Navicula gregaria</i> 3,7	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 6,8	4,5
5. <i>Nitzschia frustulum var. frustulum</i>	<i>Navicula capitata var. capitata</i> 6,1	4,2	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 4,3	<i>Nitzschia paleacea</i> 3,4	<i>Amphora pediculus</i> 5,9	3,9

1. <i>Cyclostephanos dubius</i>	48,9	<i>Cyclotella ocellata</i>	47,2
2. <i>Diatoma tenuis</i>	10,8	<i>Fragilaria ulna var. angustissim</i>	5,2
3. <i>Cyclotella radiosa</i>	6,4	<i>Diatoma tenuis</i>	3,1
4. <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3,8	<i>Cyclotella atomus</i>	3,0
5. <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	3,7	<i>Cyclotella aff. comensis</i>	2,8

Tab. 25: Übersicht über die Anzahl der Taxa je See und die Anzahl der jeweiligen Halophyten

See -Nr. Nr.	Anzahl aller Taxa	Halophyten	
		absolut	%
1	108	23	21,3
2	136	22	16,2
4	152	26	17,1
6*	144	21	14,6
7*	156	34	21,7
8	122	15	12,3

* nur Mischproben

48 Taxa mit Halophyten-Charakter wurden insgesamt gefunden. Es sind dies (Funde nur im Pelagial stehen in Klammern):

<i>Achnanthes delicatula</i> agg.	<i>Navicula repens</i>
- <i>bahusiensis</i>	- <i>rhyndotella</i>
(<i>Amphipleura rutilans</i>)	- <i>salinarum</i>
<i>Amphora coffeaeformis</i>	- <i>slesvicensis</i>
(<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>)	<i>Nitzschia calida</i>
<i>Bacillaria paradoxa</i>	- <i>capitellata</i>
<i>Caloneis amphisbaena</i>	- <i>constricta</i>
<i>Craticula halophila</i>	(- <i>filiformis</i>)
<i>Cyclostephanos dubius</i>	- <i>frustulum</i> var. <i>bulheimiana</i>
<i>Diatoma problematica</i>	- - var. <i>frustulum</i>
<i>Entomoneis paludosa</i> var. <i>paludosa</i>	- <i>hungarica</i>
- - var. <i>subsalina</i>	- <i>inconspicua</i>
<i>Fragilaria famelica</i>	- <i>levidensis</i> var. <i>salinarum</i>
- <i>fasciculata</i>	- <i>microcephala</i>
- <i>pulchella</i>	- <i>pusilla</i>
(<i>Frustulia creuzburgensis</i>)	- <i>sigma</i>
<i>Melosira nummuloides</i>	- <i>thermaloides</i>
<i>Navicula capitatoradiata</i>	- <i>tryblionella</i>
- <i>cincta</i>	- <i>tubicola</i>
(- <i>crucicula</i>)	<i>Surirella crumena</i>
(- <i>integra</i>)	(- <i>ovalis</i>)
- <i>perminuta</i>	(- <i>striatula</i>)
- <i>protracta</i>	<i>Thalassiosira pseudonana</i>
- <i>pygmaea</i>	- <i>weißflogii</i>

Die in dieser Aufstellung fehlenden *Cyclotella meneghiniana*, *Diatoma moniliformis*, *D. tenuis*, *Navicula veneta* sowie *Surirella brebissonii* var. *brebissonii* und var. *kützingii* haben nach Meinung des Verfassers auch im Süßwasser gute Lebensmöglichkeiten (siehe KRÜGER 1994). Ob die in vorstehender Liste aufgenommene *Cyclostepha-*

nos dubius geeignet ist, zur Berechnung des Halobien-Indexes herangezogen zu werden, könnte nach der vorliegenden Untersuchung bezweifelt werden.

Die erhöhten Werte des HI bei den Seen 1 und 7 korrelieren signifikant mit denen der Leitfähigkeit (siehe Tab. 1, 15 u. 24). Ebenso ist eine deutliche Korrelation zwischen beiden Werten bei den übrigen Seen auf einem niedrigen Niveau festzustellen. Die Anwendbarkeit des Ziemannschen HI-Berechnungsschema hat sich also auch bei dieser Untersuchung an Stillgewässern gezeigt. Überdies stimmen die Ergebnisse von KAHLERT (1993) mit denen des Verfassers überein. Die von SCHWEERS (1999) konstatierte beschränkte Anwendbarkeit des HI und die Suche nach „anderen Möglichkeiten der biologischen Indikation des Salzgehaltes“ (ebenda), trifft wohl nur für das von ihm untersuchte Pelagial der beiden Seen 6 und 7 zu. Auf die Schwierigkeiten bei der Anwendung von Diatomeen-Indizes auf Planktonassoziationen haben schon SCHWEERS und der Autor 1997 hingewiesen. Auch die Veränderung des von ZIEMANN (1982, 1991) entwickelten Halobien-Indexes durch STRECKER (1997) ist für die hier untersuchten oligohaloben Baggerseen im unteren Werratal nicht nötig gewesen.

Die Berechnung des Trophie-Indexes nach HOFMANN (1994) durch den Verfasser könnte als problematisch angesehen werden, weil zur Untersuchung nicht nur fest-sitzender Aufwuchs, sondern auch Fangproben aus dem Wasser des Litorals mit dem Planktonnetz herangezogen wurden. Aufwuchsdiatomeen werden aber durch mannigfaltige Ursachen freigespült und geraten somit auch in die Fangproben. Auch bei HOFMANN (1994) werden viele Taxa trophisch nicht bewertet, sie gehen aber in die Berechnungen in den Faktor HI ein und sind damit Bestandteil der TI-Einstufung. - Der Autor hält also die von ihm an seinem Mischmaterial durchgeführten Berechnungen im Sinne von HOFMANN für korrekt.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen stimmen weitgehend mit denen von KAHLERT (1993) überein. Für die ermittelten Werte für See 4 (meso-eutroph) finden sich jedoch in den chemisch-physikalischen Parametern keine Anhaltswerte. Die die Trophie beeinflussenden Phosphor- und Stickstoffverbindungen weichen bei See 4 nicht signifikant in ihren Werten von denen der anderen Gewässern ab. „Das gesamte Wirkungsgefüge eines Biotops lässt sich mit vertretbarem Aufwand kaum erfassen und bewerten“ (SCHWEERS 1999). Deshalb ist anzunehmen, dass hier nicht erfasste Faktoren eine Rolle spielen bzw. Wirkungszusammenhänge auftreten, die noch nicht näher untersucht worden sind. Das Ganze ist eben mehr als die Summe seiner Teile. Ziel der hier vorgelegten Untersuchungsergebnisse war es auch, Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten in den Assoziationszusammensetzungen von Litoral und Pelagial von Gewässern (hier Nr. 6 und 7) herauszuarbeiten und nach Ursachen hierfür zu suchen. Zwar wurde schon bei der Besprechung dieser beiden Seen auf die eben angeführten Sachverhalte eingegangen, doch soll hier in einer Zusammenschau noch einmal darauf eingegangen werden.

Auffallend ist zunächst, dass beide Seen im Litoral annähernd die gleich hohe Artenanzahl (144 zu 156) aufweisen, im Pelagial jedoch außerordentlich unterschiedlich sind (236 zu 157). Nun ist darauf hinzuweisen, dass die Proben aus dem Litoral aus dem Jahr 1993 stammen, die des Pelagials aber aus 1994/96. Und hier ist auch die Erklärung für die Unterschiede zu finden. Am 22. Januar 1995 stieg nämlich die Werra rasch an und trat über die Ufer. Schon am 23. Januar erreichte sie ihren Höchststand und blieb bis zum 2. Februar etwa gleich hoch. Innerhalb von 24 Stunden wa-

ren See 6 und 7 vollkommen überschwemmt und bildeten mit der Werra und den dazwischen liegenden Wiesen und Äckern eine einzige Wasserfläche.

Während der Überschwemmungsphase wurden die Seen permanent vom Werrawasser mit all seiner Fracht durchströmt. SCHWEERS hat unter erheblichen Schwierigkeiten und großem Risiko am 1.2.1995 etwa über dem eigentlichen See 6 in drei Tiefenstufen (0,5 m; 2,0 m; 3,5 m) Proben entnommen. Zahlenmäßig ergaben sie folgende Artenanzahlen: Stufe 1 = 80 Taxa; Stufe 2 = 131 Taxa; Stufe 3 = 126 Taxa; mit insgesamt 165 verschiedenen Taxa war es die höchste Anzahl, die je bei der gesamten Untersuchung an einem Probeentnahmetag gewonnen wurde. Fast die ganze Breite der eben angeführten Diatomeenhalobien war vertreten. Aber auch andere, für die Werra typische Diatomeenarten traten signifikant häufig auf, u.a. *Navicula lanceolata*, *Rhoicosphenia abbreviata* und *Surirella brebissonii* var. *kützingii*.

Die Proben vom 1.2.1995 wurden nur dem See 6 zugerechnet, obwohl zwischen See 6 und 7 wassermäßig kein Unterschied bestand (s.o.). Eigentlich müsste auch See 7 in der Probenzählung mitgerechnet werden (siehe Legende zu Tab. 13), die gefundenen Arten dann auch für See 7 mitgezählt, und somit das Zahlenverhältnis 236 zu 157 für See 7 dementsprechend höher angesetzt werden, nämlich 236 zu 209 Taxa insgesamt in jedem Gewässer.

Nach dem Abfließen des Hochwassers blieb die Wasserqualität beider Seen zunächst gleich. Anfang März wurde die Salinität mit $0,994 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ zu $0,997 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ bestimmt (SCHWEERS 1999). Erst dann begannen beide Gewässer, die Rückstände der Werrafracht auf ihre typische Art abzubauen und ihre eigenständige Normalität herzustellen. Die Diatomeenpopulationen spiegelten sich in diesem Prozess wider (siehe Tab. 13 und 18).

Aufgrund der deutlich unterschiedlichen HI-Werte beider Gewässer (siehe Tab. 24) ist auch die Zusammensetzung der Assoziationen ganz anders, obwohl die Trophie-Werte eng beieinander liegen. Beim Vergleich der häufigsten Taxa von Litoral und Pelagial zeigt sich, dass alle vier „Biotope“ ein jeweils eigenes Erscheinungsbild haben. Zwar gibt es in See 6 einige Übereinstimmungen zwischen Litoral und Pelagial (vier Hauptarten kommen in jedem Bereich vor), doch bildet See 6 kein eigentliches Plankton aus. Dagegen haben in See 7 beide Bereiche, wie schon im vorigen Kapitel dargelegt, vollständig eigene Assoziationen, nur ein Taxon (*Cocconeis placentula* var. *lineta*) von je zehn Hauptarten kommt in beiden vor, und das Pelagial verfügt über ein ausgeprägtes Plankton. *C. placentula* var. *lineata* ist auch das einzige Taxon von den zehn Spitzenreitern, das in allen vier Bereichen vorkommt. Die Hauptart von See 6, *Cyclostephanos dubius*, spielt in See 7 nur eine untergeordnete Rolle, die Nummer 1 im Pelagial von See 7, *Cyclotella ocellata*, hat in See 6 nur geringe Bedeutung. Das Fehlen eines Planktons in See 6 liegt sicher daran, dass durch die außerordentlich zerklüftete Ufergestaltung sich ein echtes Pelagial nicht bilden konnte. In Bezug auf die Tiefenstufen jedes Beprobungstages zeigen die Populationsstrukturen beider Gewässer eine hohe Einheitlichkeit, wenigstens was die Dominanzarten anbetrifft. In beiden polymiktischen Flachseen ist selbst im Sommer eine Stratifikation nicht besonders ausgeprägt (siehe Abb. 15 u. 16).

Zum Schluss dieses Kapitels sollen einige Ausführungen über die wichtigsten Arten aller sechs Seen im Vergleich gemacht werden.

Es wurden insgesamt 66 Beprobungen ausgewertet. Es gab kein Taxon, das in allen Proben vertreten war. In den acht untersuchten Bereichen – das Litoral der sechs

Seen und das Pelagial von See 6 und 7 – kamen durchgehend 44 Taxa vor (mit pauschalen Abundanzen):

<i>Achnanthes lanceolata</i> ssp.		<i>Fragilaria capucina</i>	
<i>frequentissima</i> var. <i>frequentissima</i>	m und v	var. <i>vaucheria</i>	h bis v
- <i>minutissima</i>	mh bis v	- <i>fasciculata</i>	h bis v
<i>Amphora libyca</i>	h bis v	- <i>pinnata</i> var. <i>pinnata</i>	h bis v
- <i>pediculus</i>	sh bis v	- <i>ulna</i> var. <i>acus</i>	sh bis v
<i>Cocconeis placentula</i>		- var. <i>ulna</i>	m und v
var. <i>euglypta</i>	h bis v	<i>Gomphonema clavatum</i>	m und v
- var. <i>lineata</i>	sh bis v	- <i>olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	h bis v
<i>Cyclostephanos dubius</i>	mh bis v	- <i>truncatum</i>	m und v
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	h bis v	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	h bis v
- <i>ocellata</i>	mh bis v	- <i>attenuatum</i>	m bis v
<i>Cymbella minuta</i>	h bis v	<i>Hantzschia amphioxys</i>	h bis v
<i>Epithemia adnata</i>	sh bis v	<i>Navicula capitata</i> var.	
<i>Navicula capitatoradiata</i>	h bis v	<i>capitata</i>	h bis v
- <i>cryptotenella</i>	h bis v	<i>Nitzschia hungarica</i>	m und v
- <i>gregaria</i>	sh bis v	- <i>inconspicua</i>	sh bis v
- <i>lanceolata</i>	sh bis v	- <i>linearis</i> var. <i>subtilis</i>	h bis v
- <i>radiosa</i>	h bis v	- <i>palea</i>	m und v
- <i>reichardtiana</i> var.		- <i>paleacea</i>	sh bis v
<i>reichardtiana</i>	h bis v	- <i>sigmoidea</i>	m und v
- <i>tripunctata</i>	h bis v	- <i>supralitorea</i>	h bis v
- <i>veneta</i>	h bis v	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	sh bis v
<i>Nitzschia amphibia</i>		<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	h bis v
f. <i>amphibia</i>	m und v	<i>Surirella brebissonii</i>	
- <i>dissipata</i> var. <i>media</i>	h bis v	var. <i>kützingii</i>	h bis v
- <i>frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	h bis v		

Fünf Taxa seien hier besonders hervorgehoben: *Achnanthes minutissima* tritt im Litoral von fünf Gewässern mit sehr hohen Populationsanteilen auf, nur in See 1 und im Pelagial von See 6 und 7 ist der Anteil sehr gering. *Cyclostephanos dubius* kommt in hohen Prozentzahlen im Litoral von See 4 und 6, sowie im Pelagial von See 6 vor. *Cyclotella ocellata* hat nur im Litoral von See 4 und im Pelagial von See 7 seinen prozentualen Höhepunkt; auffällig ist das fast völlige Fehlen dieses Taxons in See 1. *Navicula lanceolata* verdankt seine hohe Präsenz im Pelagial von See 6 dem Werra-hochwasser, ansonsten ist sein Anteil gering, während *Rhoicosphenia abbreviata* nicht nur während der Überschwemmung 1995 in See 6 hochpräsent ist, sondern auch in fast allen anderen Bereichen häufig vorkommt.

Andererseits fällt auf, dass einige Taxa nur in einem Gewässer bzw. einem Bereich fehlen, während sie in den anderen vorhanden sind. Es sind dies:

Achnanthes lanceolata ssp.

Gomphonema acuminatum

1

<i>lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	8	<i>Navicula menisculus</i>	
<i>Caloneis bacillum</i>	1	var. <i>grunowii</i>	1
- <i>silicula</i>	1	<i>Nitzschia constricta</i>	8
<i>Cocconeis pediculus</i>	1	- <i>linearis</i> var. <i>linearis</i>	1
<i>Cymbella cistula</i>	1	- <i>tryblionella</i>	1
<i>Epithemia sorex</i>	8	- <i>vermicularis</i>	2
<i>Fragilaria capucina</i>			
var. <i>mesolepta</i>	4		

Bei einigen dieser Arten ist das Fehlen in dem angegebenen Bereich sicher zufällig (z.B. *Cocc. pediculus* oder *Nitz. tryblionella*), bei anderen (*Cal. bacillum*, *C. silicula*, *Cymb. cistula*, *Epith. sorex* und *Nitz. constricta*) liegt in etwa eine Übereinstimmung mit den Angaben aus der Literatur vor. *Gomph. acuminatum* bevorzugt vielleicht doch Gewässer mit geringerer Leitfähigkeit. (Siehe hierzu KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, Seite 365).

Schließlich seien an dieser Stelle noch einige Taxa genannt, die bisher wenig bekannt, bzw. im Gebiet seltener gefunden oder eigentlich biotopfremd sind:

<i>Achnanthes coarctata</i>	<i>Gyrosigma parkerii</i>
- <i>deliculata</i> ssp. <i>septentrionalis</i>	<i>Navicula contenta</i>
<i>Actinocyclus normanii</i>	- <i>pusilla</i> var. <i>incognita</i>
<i>Amphora veneta</i>	- <i>trophicatrix</i>
<i>Campylodiscus hibernicus</i>	<i>Peronia fibula</i>
<i>Denticula subtilis</i>	<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>scalaris</i>
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>dilatata</i>	<i>Stauroneis smithii</i> var. <i>smithii</i>
<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>Surirella capronii</i>
<i>Frustulia creuzburgensis</i>	- <i>crumena</i>

Kritisch sollen nun einige Schwachstellen der vorgelegten Erhebungen besprochen werden. Das Litoral der sechs Gewässer wurde sechsmal im Jahr 1993 beprobt, eine Kontrolluntersuchung in einem folgenden Jahr fand jedoch nicht statt. Die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse ist damit sicher etwas eingeschränkt.

Das Pelagial der Seen 6 und 7 ist zwar in einem größeren Zeitraum (vom 18.7.1994 bis 30.1.1996) beprobt worden, doch wurden einige Probeentnahmen so durchgeführt, dass verwertbare Ergebnisse nicht ermittelt werden konnten. Infolge dessen standen nur zeitlich unterschiedlich brauchbare Proben zur Verfügung. Außerdem ist der Vergleich zwischen Litoral und Pelagial beider Gewässer unter Vorbehalt zu betrachten, da die Beprobung der beiden Bereiche in verschiedenen Jahren durchgeführt wurde. Dennoch glaubt der Verfasser, dass aussagekräftige Ergebnisse mitgeteilt werden konnten.

Der Versuch, Trophie und Salinität der Gewässer mittels anerkannter Diatomeen-Indizes zu ermitteln und die Klassifizierungen mit denen von KAHLERT (1993) zu vergleichen, ist gelungen. Es konnte weitgehende Übereinstimmung festgestellt werden. Bei der Bestandsaufnahme der Diatomeenflora benachbarter Stillseen im unteren Werratal wurden insgesamt 321 Taxa bestimmt. Einige Diatomeen ließen sich nicht bestimmen, oder die Identifizierung war so unsicher, dass auf eine Benennung verzichtet wurde.

Ein weiteres Ergebnis der Untersuchungen ist, dass die Haupterscheinungsformen von *Cyclotella ocellata* zahlenmäßig erfasst, jahreszeitlich unterschieden und Übergänge zwischen einzelnen Ausprägungen teilweise auch fotografisch nachgewiesen werden konnten.

Schließlich ist deutlich geworden, dass jedes Gewässer ein eigenständiger, charakteristischer Wasserkörper ist. Dies wird sowohl durch die je unterschiedliche Begleitflora der Höheren Pflanzen als auch durch die voneinander signifikant abweichende Zusammensetzung der Diatomeenflora dokumentiert.

6 Anmerkungen zu den häufigsten, wichtigsten oder bemerkenswertesten Taxa

Achnanthes bahusiensis (Grunow) Lange-Bertalot (Taf. 1, Fig. 1 u. 2). Dieses Taxon ist seit einiger Zeit in der Werra nachgewiesen worden (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986). Infolge von Hochwasser ist es auch in See 6 geschwemmt und dort in geringer Abundanz gefunden worden. Nach HOFMANN (1994) ist die Art auch eutraphent. Wegen der zarten Verkieselung seiner Schalen gelangen kaum verwertbare fotografische Nachweise. Die Bild-Dokumentation durch die o.a. Autoren zeigt nur Formen aus der Ostsee.

Achnanthes clevei Grunow var. **clevei** (Taf. 1, Fig. 3-5) lebt – außer in See 2 – in allen untersuchten Gewässern. Der Schwerpunkt liegt in See 6, in dem die Varietät sowohl im Litoral als auch im Plankton teilweise recht häufig vorkommt. Ihr Vorkommen in den eutrophen Gewässern dieser Untersuchung stimmt mit den Beobachtungen einiger Autoren überein (DENYS 1991, HOFMANN 1994, LANGE-BERTALOT 1994), von anderen weicht es ab (ROTT 1997, SLADEČEK 1986)¹⁴. Das Formenspektrum und die Größenvariationen halten sich in allen Gewässern in sehr engen Grenzen.

Achnanthes coarctata (Brébisson) Grunow (Taf. 1, Fig. 6 u.7) ist in den Seen 1, 4 und 7 im Uferbereich, in See 6 nur im Pelagial gefunden worden. Nach HUSTEDT (1930) und KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) könnte man annehmen, dass die Art nur an wechsellückigen Wuchsorten zu finden ist; sie scheint aber auch in ständig liquidem Medium vital zu sein. Irgendwelche jahreszeitlichen Präferenzen sind nicht festzustellen. Die von ZIEMANN (1982) vorgenommene Charakterisierung des Taxons als halophob scheint sich auf Grund der vorliegenden Funde nicht zu bestätigen. Vielmehr ist die Fähigkeit, sich den stark wechselnden osmotischen Druckschwankungen anzupassen, bei dieser Art offenbar ausgeprägt und daher charakteristisch. – Eine Verwechslung mit anderen *Achnanthes*-Formen ist wegen der besonderen Gestaltung von Form und Oberflächenstruktur wohl nicht möglich.

¹⁴ Die in diesem Abschnitt zitierten Autoren wurden übernommen aus den „Informationsberichten Heft 4/98: Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern“ des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Originalarbeiten der hier genannten Autoren wurden nicht eingesehen und sind in der Literaturliste dieser Arbeit nicht aufgeführt, sofern sie nicht in anderen Abschnitten zitiert wurden.

Achnanthes conspicua Mayer (Taf. 1, Fig. 8-10). Diese Spezies ist – abgesehen von einem Einzelfund in See 1 – nur in See 2 von Frühjahr bis Herbst, mit Schwerpunkt im Oktober, aufgetreten. Aus den Parametern der in Kapitel 4 beigefügten Tabellen der physikalisch-chemischen Wasseranalysen lässt sich keine Begründung für die alleinige Anwesenheit in See 2 finden.

Achnanthes delicatula (Kützing) Grunow **ssp. delicatula** (Taf. 1, Fig. 11-14). Von den beiden Sippen dieser Subspezies (Neotypus und Typus mit vorgezogenen Polen) kommt die letztere – wie auch KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) mitteilen – häufiger vor. Der Schwerpunkt liegt bei beiden Sippen im Litoral; beide sind in den elektrolytreichen Seen 1 und 7 am häufigsten.

Achnanthes delicatula ssp. engelbrechtii (Cholnoky) Lange-Bertalot (Taf. 1, Fig. 17). Diese kleine Subspezies kommt im Uferbereich aller Seen (außer 8) vor. Am häufigsten ist sie in See 1 und 7, den salzhaltigsten.

Achnanthes delicatula ssp. septentrionalis (Østrup) Lange-Bertalot (Taf. 1, Fig. 15 u. 16) ist nur im Plankton von See 6 gefunden worden. Sie unterscheidet sich von *ssp. delicatula* (Neotypus) vor allem durch die breiteren und weiter gestellten Streifen auf beiden Schalenhälften und die breitere Form. Der Fund ist bemerkenswert, weil diese Form bisher (?) nur im Brackwasser der Meeresküsten gefunden wurde. *A. delicatula ssp. septentrionalis* wurde sicher mit dem Hochwasser im Januar 1995 aus der Werra eingeschwemmt.

Achnanthes hungarica (Grunow) Grunow (Taf. 1, Fig. 18 u. 19) kommt in nur geringer Abundanz in See 6 und 7 vor, planktonisch und litoral. Erwähnt wird sie hier, weil – wie KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) schreiben – ihr Vorhandensein oft an *Lemna* gebunden ist, und *L. minor* ist für beide See typisch, während die Wasserlinse in den anderen untersuchten Seen (außer 8) fehlt.

Achnanthes lanceolata (Brébisson) Grunow **ssp. lanceolata var. boyei** (Østrup) Lange-Bertalot (Taf. 1, Fig. 20). Dieses Taxon wird hier mit Vorbehalt aufgeführt, ist es doch nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) in Mitteleuropa noch nicht sicher nachgewiesen. Das abgebildete Exemplar ist ein Einzelfund (im Plankton von See 6).

Achnanthes lanceolata ssp. lanceolata var. lanceolata und **ssp. frequentissima** Lange-Bertalot **var. frequentissima** (Taf. 1, Fig. 21-25). Die Nominatvarietäten beider Subspezies kommen miteinander etwa gleich häufig vor, wenn auch auf niedrigem Niveau. Dennoch sind Unterschiede festzustellen: *var. lanceolata* fehlt in See 8 und bis auf Ausnahmen auch in See 7; sie hat ihren Schwerpunkt in See 1. *ssp. frequentissima* verteilt sich gleichmäßig auf mittleren bis niedrigem Niveau auf alle Seen und ist nur im Litoral von See 7 etwas häufiger vertreten. Die weite ökologische Amplitude – wie von KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) festgestellt – kann vom Verfasser bestätigt werden, fand er doch *A. lanceolata* im Teufelsmoor in Berlin-Spandau bei pH 4,5 (selten) bzw. 6,4 (häufig) (KRÜGER 1962).

Achnanthes lanceolata ssp. rostrata (Østrup) Lange-Bertalot (Taf. 1, Fig. 26 u. 27). Diese Subspezies kommt mehrfach bis vereinzelt in See 2 und im Litoral und Plankton von See 6 vor. VAN DAM et al. (1994) bewerten diese ssp. als eutraphent.

Achnanthes minutissima Kützing var. **minutissima** (Taf. 2, Fig. 1-3) ist die in den untersuchten Gewässern am meisten gefundene Diatomee. Überall häufig bis massenhaft vorkommend, erreicht sie nur in See 1 eine geringe Abundanz; auch im Pelagial von See 6 und 7 kommt sie nur in kleineren Anzahlen vor. Ihren Jahreshöhepunkt findet sie von April bis Juni. Trotz der Fülle der gefundenen Individuen lassen sich keine signifikanten Unterschiede im äußeren Erscheinungsbild erkennen. Es scheint sich hier – auch seeübergreifend – um eine sehr einheitliche Population zu handeln, zumal die ökologische Spannbreite der Gewässer nicht sehr groß ist, bei aller Verschiedenheit einzelner Faktoren. Nur in See 1 findet diese Population keine optimalen Bedingungen. Ob die höhere Leitfähigkeit dafür verantwortlich ist, müsste noch geklärt werden.

Achnanthes ploenensis Hustedt var. **gessneri** (Hustedt) Lange-Bertalot (Taf. 2, Fig. 4 u. 5) wird mehrfach bis vereinzelt außer in See 1 in allen anderen untersuchten Gewässern gefunden. Die Bestimmung fällt bei diesem Taxon besonders schwer, ist doch der hyaline Randstreifen auf der raphenlosen Schale oft nur unzureichend zu erkennen, die fotografische Dokumentation daher entsprechend.

Actinocyclus normanii (Gregory) Hustedt (Taf. 2, Fig. 6 u. 7). Von dieser großen Diatomee, die nur im Plankton von See 6 und 7 vorkommt, werden nur Bruchstücke gefunden. Eine Unterscheidung der beiden Morphotypen kann daher nicht vorgenommen werden.

Amphipleura pellucida (Kützing) Kützing (Taf. 2, Fig. 8) findet sich nur in den Seen 4 und 8; im ersten mehrfach bis vereinzelt, im zweiten dagegen häufig bis sehr häufig. Beide Gewässer sind in den Parametern der physikalisch-chemischen Analysen recht ähnlich, doch liegt im langjährigen Mittel die Leitfähigkeit und der pH-Wert von See 8 niedriger als in See 4.

Amphora coffeaeformis (Agardh) Kützing (Taf. 4, Fig. 8) kommt in den Seen 1, 2, 6 und 7 vereinzelt bis mehrfach vor, in See 2 und 6 sicher als Überschwemmungsrelikt.

Amphora libyca Ehrenberg (Taf. 3, Fig. 4) wird in allen sechs Gewässern litoral und in See 6 und 7 pelagisch in mittlerer Häufigkeit gefunden, in See 2 jedoch mit deutlich erhöhter Abundanz.

Amphora ovalis (Kützing) Kützing (Taf. 3, Fig. 1-3) fehlt in See 1 und kommt in den anderen Gewässern gegenüber der vorerwähnten Art in verminderter Häufigkeit vor; in See 6 und 7 auch im Plankton.

Amphora pediculus (Kützing) Grunow (Taf. 4, Fig. 1-3). Diese kleine Art ist das häufigste der hier gefundenen *Amphora*-Taxa. Sie ist in allen Gewässern mehrfach bis häufig (auch im Plankton); in See 2 ist sie sehr häufig.

Amphora veneta Kützing (Taf. 4, Fig. 4-7) kommt in See 1 in allen Proben mehrfach vor, in See 2 fehlt sie; in den übrigen Seen ist sie mäßig vertreten, in See 6 nur im Pelagial. Eine besondere Salzpräferenz scheint trotz des leicht erhöhten Vorkommens in See 1 nicht vorzuliegen.

Asterionella formosa Hassall (ohne Abb.). Dieser Plankter findet sich in nennenswerter Menge nur in See 6, auch im Litoral. In den Gewässern 2, 4 und 8 fehlt er völlig.

Aulacoseira crenulata (Ehrenberg) Thwaites (Taf. 4, Fig. 10-13). Bei diesem Taxon hat der Verfasser lange geschwankt, sich festzulegen. Einerseits stimmen die Strukturmerkmale überwiegend mit denen von *A. islandica* (O. Müller) Simonsen überein und auch die Trophie der Fundorte spricht für diese, doch weichen zwei Merkmalgruppen voneinander ab: Bei den abgebildeten Formen sind die Areolen zwar in senkrechten Reihen angeordnet, bilden aber keine waagerechten Reihen, weil sie unregelmäßig auf der Mantelfläche angeordnet sind, und die einzelnen Punkte sind weitgehend senkrecht gestreckt. Zweitens sind die Verbindungsdornen massiger und bilden mit denen der Nachbarzelle eine kompakte Zwischenwand. Für *A. islandica* spricht allerdings, dass in einer Kette sowohl grob- als auch feinporige Pervalvarreihen vorkommen (siehe Taf. 4, Fig. 13). Dennoch hat sich der Autor entschlossen, die abgebildeten Formen und weitere dazu gehörende, die nicht fotografisch dokumentiert sind, zu *A. crenulata* zu stellen, weil neben den o.a. Merkmalsunterschieden bei diesem Taxon eine gewisse Salzpräferenz festgestellt wurde, die auch KRAMMER in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) konstatiert. – *A. crenulata* kommt nur im Plankton von See 6 und 7 vor.

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen **var. granulata** (ohne Abb.) findet man nicht nur im Plankton von See 6, sondern auch in dessen Litoral sowie in See 8.

Bacillaria paradoxa Gmelin (Taf. 5, Fig. 1) kommt nur in See 6 und 7 vor, vornehmlich im Plankton. Das Fehlen in See 1 ist nicht zu erklären, ist doch die Art in der Werra recht häufig (KRÜGER 1994).

Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve (Taf. 5, Fig. 4) findet sich nur vereinzelt in See 6 und 7, müsste aber auch eigentlich in See 1 zu finden sein.

Caloneis bacillum (Grunow) Cleve (Taf. 5, Fig. 5 u. 6) ist das häufigste Taxon aus der Gattung *Caloneis* Cleve, das in den untersuchten Gewässern gefunden wurde. Es kommt – außer in See 1 – in allen anderen Seen, in See 8 sogar häufig vor. Die zarte Verkieselung erschwert die fotografische Dokumentation.

Caloneis cf. schumanniana (Grunow) Cleve (Taf. 5, Fig. 7). Bei der Bestimmung dieses Taxons ist sich der Verfasser nicht sicher. Alle unter diesem Taxon gezählten Formen besitzen mondsichel- bis halbmondförmige Flecken in der Zentralarea, deutlich seitlich abgebogene Raphenzentralporen, und außerdem sind die Streifen durchweg radialer als bei *C. silicula*. Die Fundorte (See 6 und 7) sind nicht oligotroph,

und die Leitfähigkeit liegt fast immer weit über 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, so dass *C. schumanniana* eigentlich nicht vorkommen dürfte. Ob es sich also tatsächlich um dieses Taxon handelt, müssten spezielle Untersuchungen zeigen.

Caloneis silicula (Ehrenberg) Cleve (Taf. 5, Fig. 2 u. 3). Wesentlich häufiger als vorgenannte Form ist *C. silicula*, die in allen sechs Gewässern vorkommt, in See 6 in Litoral und Pelagial, in See 7 nur im Pelagial. – Interessant ist ein Einzelfund im Plankton von See 6 (Taf. 5, Fig. 3), der in seiner leptosomen Form deutlich von den übrigen Funden dieser Art absticht. – Leider lässt sich der Einzelfund von ***C. tenuis*** (Gregory) Krammer im Plankton von See 7 fotografisch nicht dokumentieren.

Campylodiscus hibernicus Ehrenberg (Taf. 5, Fig. 8) ist ein Einzelfund im Plankton von See 6.

Cocconeis pediculus Ehrenberg (Taf. 6, Fig. 1 u. 2) kommt außer in See 1 in allen anderen Gewässern vor, in See 6 und 7 sowohl im Litoral als auch im Pelagial teilweise häufig.

Cocconeis placentula Ehrenberg ist mit fünf Varietäten vertreten. **Var. euglypta** Ehrenberg (ohne Abb.) ist im Litoral aller sechs Gewässer zu finden, selten im Plankton von See 6 und 7. **Var. klinoraphis** Geitler (Taf. 6, Fig. 4) ist ein Einzelfund im Litoral von See 7. **Var. lineata** (Ehrenberg) van Heurck (Taf. 6, Fig. 3) ist das bei weitem häufigste Taxon dieser Gattung. Es wird in fast allen Proben der sechs Gewässer gefunden und ist im Litoral von See 7 mit einem Massenvorkommen im August und auch sonstiger hoher Abundanz die herausragendste Diatomee in diesem Bereich. **Var. placentula** und **var. pseudolineata** Geitler (Taf. 6, Fig. 5-7) kommen nur gelegentlich vor, letztere nur in See 6 und 7.

Die Gattung **Craticula** Grunow ist durch drei Arten vertreten, **C. ambigua** Mann (ohne Abb.) vereinzelt im Pelagial von See 6 und 7, **C. cuspidata** (Kützing) Mann (Taf. 7, Fig. 1) mehrfach bis vereinzelt in den Seen 2, 4, 6 und 7 und **C. halophila** (Grunow) Mann (Taf. 6, Fig. 8 u. 9) häufig bis vereinzelt in allen Seen, außer See 8.

Cyclostephanos dubius (Fricke) Round (Taf. 10, Fig. 3-5) ist eine der häufigsten Diatomeen der untersuchten Gewässer und kommt in allen sechs Gewässern vor, sowohl im Litoral als auch im Pelagial. Jahreszeitlicher Höhepunkt in der Populationsentwicklung liegt in den Monaten gegen Jahresende. In See 6 kommt es zu dieser Jahreszeit zur Massentwicklung mit bis zu 80% relativer Häufigkeit. Der Art ist eine gewisse Salzpräferenz nicht abzusprechen und nach SCHÖNFELDER (1997) in der eutroph-polytroph Stufe hochpräsent – In Oberflächenstruktur und Größe ist diese Art so vielgestaltig, dass es manchmal schwerfällt, alle Individuen zu einer Art zu subsumieren.

Cyclostephanos invisitatus (Hohn u. Hellermann) Theriot, Stoermer u. Håkansson (ohne Abb.) glaubt der Verfasser in mehreren Proben von See 7 gefunden zu haben. Wie schon HÅKANSON in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991a) schreibt, lassen sich die kleinen zentrischen Formen unter 10 μm in der Regel nur im EM eindeutig unterscheiden. Nur selten gelingt es im LM, artspezifische Merkmale auf Grund von Lage

des Objekts und Präparatbeschaffenheit zu erkennen. In unserem Fall kann es zu Verwechslungen zwischen *C. invisitatus* und *Thalassiosiera pseudonana* kommen, so dass Aussagen über diese beiden Taxa in dieser Arbeit nur unter Vorbehalt getroffen werden. Dem Verfasser ist es auch nicht gelungen, von beiden Arten verwertbare Fotos anzufertigen.

Cyclotella atomus Hustedt (Taf. 10, Fig. 6 u. 7) ist im Plankton von See 6 u. 7 zeitweise häufig bis sehr häufig gefunden worden, auch im Litoral von See 4 in kleinerem Vorkommen. Obwohl von geringem Durchmesser lässt sich diese Art gut bestimmen und fotografieren.

Cyclotella meneghiniana Kützing (Taf. 12, Fig. 1 u. 2) tritt in allen Seen, auch im Plankton von See 6 und 7 auf. Die Art erreicht nie Spitzenwerte. Ein jahreszeitlicher Höhepunkt konnte nicht ermittelt werden. Eine Salzpräferenz ist nicht ausgeprägt, allerdings kommt die Art im (Süßwasser-) See 8 kaum vor. DENYS (1991), SCHÖNFELDER (1997) und VAN DAM et al. (1994) bezeichnen die Art als eutraphent. – Das äußere Erscheinungsbild dieser Art ist variabel. In den hier gefundenen Populationen fällt auf, dass nicht wenige Individuen stark konzentrisch gewölbt, die meisten aber flach sind. Dies ist unabhängig vom Durchmesser der Frusteln.

Cyclotella ocellata Pantoczek (Taf. 11, Fig. 1-13). Um dieses Taxon gliedern sich Formen, die bisher als eigenständige Taxa geführt wurden. Gesichert ist wohl, dass *C. krammeri* Håkansson eine im Erscheinungsbild veränderte Entwicklungsstufe von *C. ocellata* ist (siehe TEUBNER 1995, 1996, 1997, HEGEWALD & HINDÁKOWÁ 1997). TEUBNER bezieht auch *C. comensis* Grunow in diese Gruppe ein und spricht vom *C. ocellata*-Komplex; HEGEWALD & HINDÁKOWÁ sehen zwar auch sehr enge Beziehungen zwischen den drei Taxa, ziehen jedoch nur *C. ocellata* und *C. krammeri* zu *Cyclotella ocellata* zusammen. – Der Verfasser findet im Pelagial von See 7 alle drei Formen¹⁵ vor und außerdem eine vierte, die taxonomisch nicht einzuordnen ist und als *Cyclotella spec.* (Taf. 12, Fig. 7-10) in der Artenliste geführt wird. Diese vierte Form ist relativ klein (um 10 µm), hat Randstreifen wie der Typus *ocellata*, und das Mittelfeld ist strukturlos, manchmal ganz schwach punktiert. – Es werden Frusteln mit heterovalvaten Schalen gefunden. In der Mehrzahl tragen diese Hälften die jeweiligen Merkmale von *C. ocellata* und *C. krammerii* (Taf. 11, Fig. 8a + b, 9a + b), manchmal ist die Zuordnung zu einer der beiden nicht möglich. Weniger zahlreich, doch für Vergleiche auch in ausreichender Menge, gibt es Formen mit Heterovalvie, die die Formen *C. ocellata* mit *C. comensis* oder *C. spec.* miteinander vereinen. Heterovalvate Formen von *C. krammeri* und *C. comensis* oder *C. spec.* werden nicht beobachtet. Da bei der Präparation des Rohmaterials mit Salz- und Schwefelsäure gearbeitet wurde, sind im Ganzen gesehen, Einzelschalen viel mehr in den Präparaten gefunden worden als vollständige Frusteln. Die Menge der fotogenen Doppeltheken ist daher gering. – Abb. Taf. 12, Fig. 3-6 zeigt Formen von *C. aff. comensis*. – Besondere Präferenzen für Trophie oder Salinität lassen sich aus den vor-

¹⁵ Die als *C. comensis* im Artenverzeichnis angegebene Form entspricht nur in etwa *C. comensis* wie sie in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991a, Taf. 52, Fig. 4 - 6) abgebildet ist, sondern mehr *C. aff. comensis* (Fig. 1 derselben Tafel).

liegenden Untersuchungsergebnissen nicht ableiten. Hervorzuheben ist das signifikant höhere Vorkommen in den Mischproben von See 4 und dem Plankton von See 7. In der Literatur reichen die Angaben von intolerant bis in den eutrophen Bereich. SCHÖNFELDER (1997) stuft das Taxon als meso- bis eutrophent ein.

Cyclotella radiosa (Grunow) Lemmermann (Taf. 10, Fig. 8 u. 9). Diese Art kommt nur in See 6 in erhöhter Abundanz sowohl in der Uferregion als auch im Pelagial, hier sehr häufig bis häufig im Sommer und im Herbst vor. Auch hier liegen keine ökologischen Präferenzen vor. SCHÖNFELDER (1997) findet ebenfalls eine breite Streuung vom oligo-mesotrophen bis in den hypertrophen Bereich vor. – Bei diesem Taxon ist ebenfalls ein gewisser Polymorphismus festzustellen, doch ist eine mehr oder weniger gute Zuordnung möglich gewesen.

Cyclotella cf. schumannii (Grunow) Håkansson (ohne Abb.) wird hier unter Vorbehalt aufgeführt. Der Autor ist sich bei der Bestimmung nicht sicher; evtl. sind Verwechselungen mit Formen aus dem *C. ocellata*-Komplex möglich. Die Form kommt nur vereinzelt in allen Gewässern bzw. Bereichen (außer See 8) vor.

Die Gattung **Cymatopleura** W. Smith ist mit ihren Formen **C. elliptica** (Brébisson) W. Smith und **C. solea** (Brébisson) W. Smith **var. apiculata** (W. Smith) Ralfs und **var. solea** (Taf. 7, Fig. 2 u. 3, Taf. 8, Fig. 1 u. 2) litoral und pelagisch in den Seen in geringerer Anzahl vertreten. Beide Spezies fehlen in See 1.

Die Gattung **Cymbella** Agardh kommt in See 1 so gut wie gar nicht, in See 7 nur mit wenigen Arten in geringer Häufigkeit vor. Von den in anderen Gewässern gefundenen zahlreichen Arten werden an dieser Stelle aufgeführt: **C. caespitosa** (Kützing) Brun (Taf. 9, Fig. 5): häufig bis vereinzelt in See 2, 4, 6 (Litoral und Pelagial) und 8. **C. cistula** (Ehrenberg) Kirchner (Taf. 9, Fig. 3): mehrfach oder vereinzelt in allen Seen bzw. Bereichen (außer See 1). **C. ehrenbergii** Kützing (Taf. 10, Fig. 1): mehrfach oder vereinzelt nur im Pelagial von See 6 u. 7. **C. lanceolata** (Ehrenberg) Kirchner (Taf. 9, Fig. 1): in allen Gewässern mehrfach bis vereinzelt. **C. minuta** Hilse (ohne Abb.): häufig bis vereinzelt in allen Seen und Bereichen.

Denticula subtilis Grunow (Taf. 12, Fig. 11-13) wird häufig im April in See 1, sonst mehrfach bis vereinzelt in See 2 und 8 gefunden.

Von den acht bestimmten Taxa bzw. Morphotypen der Gattung **Diatoma** Bory werden **D. moniliformis** Kützing (Taf. 12 , Fig. 16 – 19), **D. tenuis** Agardh (Taf. 13, Fig. 1-4) und **D. vulgare** Bory **aggr.** (Taf. 13, Fig. 6 - 8) besprochen. **D. moniliformis** findet sich mit geringer Häufigkeit in allen Gewässern, fehlt aber im Litoral von See 6. **D. tenuis** fehlt in See 1 und hat im Pelagial von See 6 und 7 jeweils im April die höchste Abundanz (massenhaft bzw. sehr häufig). **D. vulgare** ist nicht immer bis in die Morphotypen unterscheidbar gewesen und deshalb meist nur als Aggregat aufgeführt. In eindeutigen Fällen werden Morphotypen als solche gekennzeichnet und gezählt. Dazu gehören Funde des **MT linearis** (mehrfach bzw. vereinzelt fast durchgängig im Pelagial von See 6 und 7).

Diploneis oblongella (Naegli) Cleve-Euler (Taf. 13, Fig. 9 - 10) findet sich vereinzelt in See 1, 4 und 6.

Diploneis smithii (Brébisson) Cleve **var. dilatata** (Peragallo) Terry (Taf. 13, Fig. 11 - 12) ist nur vereinzelt im Pelagial von See 6 und 7 präsent.

Entomoneis paludosa (W. Smith) Reimer **var. paludosa** und **var. subsalina** (Cleve) Krammer (Taf. 14, Fig. 1 - 3) kommen mehrfach bis vereinzelt in See 1, 6 und 7 vor. Bemerkenswert ist ein kleines Vorkommen der **var. paludosa** im Februar in See 8.

Epithemia adnata (Kützing) Brébisson (Taf. 15, Fig. 1) findet man in allen acht Bereichen. Die Art erreicht merkwürdigerweise in See 7 und 8 im Litoral in der zweiten Jahreshälfte sehr hohe Abundanzen.

Auch **Epithemia sorex** Kützing (Taf. 15, Fig. 2) kommt (außer in See 8) in allen Gewässern bzw. Bereichen häufig bis vereinzelt vor.

Eunotia bilunaris (Ehrenberg) Miles (Taf. 15, Fig. 3) ist mehrfach bis vereinzelt in See 6 gefunden worden.

Die Gattung **Fragilaria** Lyngbye ist in zahlreichen Arten, Varietäten und Formae aufgetreten. Nur einige sind hier aufgeführt. **F. capucina** Desmazières **var. mesolepta** (Rabenhorst) Rabenhorst (Taf. 15, Fig. 8 u. 9) fehlt in See 4 und erreicht im Litoral von See 7 und 8 ihre höchsten Abundanzen; sonst kommt sie häufig bis vereinzelt vor. **F. capucina var. vaucheria** (Kützing) Lange - Bertalot (Taf. 15, Fig. 11 u. 12) kommt überall häufig bis vereinzelt vor. Auch bei **F. fasciculata** (Agardh) Lange-Bertalot (Taf. 16, Fig. 2) ist das der Fall. **F. nanana** Lange-Bertalot (ohne Abb.) fehlt in See 1 und 7 und erreicht in See 4 im April seine höchste Abundanz. **F. pinnata** Ehrenberg **var. pinnata** (Taf. 16, Fig. 3 - 6) hat eindeutig Salzpräferenzen (See 1 und 7), kommt aber auch mit geringerer Häufigkeit in den anderen Gewässern vor. Bei **F. pulchella** (Ralfs) Lange-Bertalot (Taf. 16, Fig. 9) ist die Salzpräferenz nicht so signifikant. Die Art findet man in allen Bereichen, am häufigsten im Litoral von See 7. Von den **F. ulna-Sippen** kommen drei im Untersuchungsgebiet vor. Die Unterscheidung zwischen **var. acus** (Kützing) Lange-Bertalot und **var. angustissima** (Grunow) Van Heurck ist problematisch. Der Autor unterscheidet beide Varietäten nach zwei Kriterien. Formen, die schmaler als 3 µm sind und vorwiegend im Plankton vorkommen, zählt er als **C. ulna** (Nitzsch) Lange-Bertalot **var. angustissima** (Taf. 16, Fig. 12), Formen die breiter sind und vorwiegend im Litoral leben, bezeichnet er als **var. acus** (Taf. 16, Fig. 10). Erstere findet ihre Verbreitung im Frühjahr im Pelagial von See 7, letztere im Februar und April im Litoral von See 2. **var. ulna** (Taf. 16, Fig. 11) kommt in geringer Häufigkeit in allen Seen vor.

Von den hier gefundenen 15 Taxa der Gattung **Gomphonema** Agardh erreichen nur **G. olivaceum** (Hornemann) Brébisson **var. olivaceum** (Taf. 17, Fig. 14 u. 15) und **G. parvulum** Kützing **var. parvulum f. parvulum** (Taf. 17, Fig. 10 u. 11) höhere Abundanzen, **var. olivaceum** im Litoral von See 7, **f. parvulum** in See 6 und 8; in See 1

kommt sie im April massenhaft vor. Auf niedrigem Niveau findet man beide Formen auch in allen Gewässern, am wenigsten im Plankton von See 7. **G. clavatum** Ehrenberg (Taf. 17, Fig. 5) und **G. truncatum** Ehrenberg (Taf. 17, Fig. 9) sind in allen Seen in geringer Anzahl vertreten, im Pelagial kommen sie nur gelegentlich vor.

Gyrosigma acuminatum (Kützing) Ehrenberg (Taf. 18, Fig. 2) wird in allen Seen in geringer Häufigkeit gefunden, erreicht aber im Plankton von See 7 eine hohe Abundanz.

Gyrosigma attenuatum (Kützing) Rabenhorst (Taf. 18, Fig. 1) kommt auch in allen Seen auf noch geringerem Häufigkeitsniveau vor.

Interessant ist auch das Vorkommen von **Gyrosigma parkeri** (Harrison) Elmore (Taf. 18, Fig. 3). Die Art wird mehrfach in See 6 und 7 gefunden. Angaben aus der Literatur über Trophie und Salinität sprechen für das Vorkommen in den beiden Gewässern.

Hantzschia abundans Lange-Bertalot (Taf. 18, Fig. 4 u. 5) ist erst jüngst aus dem Formenkreis von **Hantzschia amphioxys** (Ehrenberg) Grunow ausgegliedert worden. Wie LANGE-BERTALOT (1993) im Beibext zu seiner Neubeschreibung feststellt, lassen sich beide Taxa im LM schwer auseinanderhalten. Dies trifft im vorliegenden Fall besonders dann zu, wenn in Frage kommende Frusteln im Überlappungsbereich der Ausdehnungsangaben gefunden werden. Der Autor der hier vorgelegten Arbeit rechnet die größeren, gröber strukturierten Formen zu *H. abundans*, alle anderen zu *H. amphioxys* (ohne Abb.). Letztere kommt in allen Seen und Bereichen mehrfach bis vereinzelt, in See 2 im Februar jedoch häufig vor. *H. abundans* findet man noch seltener, die Art fehlt in See 4, 7 u. 8 sowie im Litoral von See 6 ganz. – *H. amphioxys* ist auch im lebenden Material gefunden worden.

Melosira lineata Agardh **MT orichalcea** sensu Crawford (1978)¹⁶ (ohne Abb.) fehlt in See 1 und 8 und ist sonst häufig bis vereinzelt vertreten.

Melosira nummuloides (Dillwyn) Agardh (Taf. 19, Fig. 1-3) kommt nur in See 6 häufig oder vereinzelt vor.

Aus der Sammelgattung **Navicula** Bory ist in dieser Arbeit nur die Gattung **Craticula** Grunow ausgegliedert worden. Alle anderen (alten oder neuen) verbleiben hier bei *Navicula*. Nur einige werden in diesem Kapitel besonders aufgeführt.

Navicula capitata Ehrenberg **var. capitata** (Taf. 19, Fig. 7 u. 8) ist in fast allen Proben vertreten, in See 2 ist sie häufig. **Var. hungarica** (Grunow) Ross (Taf. 19, Fig. 6) ist durchweg seltener, nur in See 1 häufiger; sie fehlt in See 2 und 8.

Navicula capitatoradiata Germain (Taf. 19, Fig. 13) findet man in allen Gewässern, in 4 und 8 zeitweilig häufiger.

¹⁶ zitiert nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991)

Navicula contenta Grunow (Taf. 19, Fig. 11 u. 12) ist eine von den aerophilen Arten, die im Untersuchungsgebiet auch im liquiden Wasser gefunden werden, in diesem Fall vereinzelt im Litoral von See 6.

Navicula cryptotenella Kützing (Taf. 20, Fig. 8 u. 9) ist in fast allen Proben mehrfach vertreten.

Navicula gregaria Donkin (Taf. 20, Fig. 15 u. 16) ist eine der häufigsten Diatomeen im Untersuchungsgebiet, in See 1 und im Litoral von See 7 erreicht sie hohe bzw. sehr hohe Abundanzen.

Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg (Taf. 21, Fig. 3 u. 4) ist eine Art mit breitem ökologischem Spektrum. Sie kommt in allen untersuchten Gewässern auf geringem Häufigkeitsniveau vor, nur in der Überschwemmungsphase dominiert sie die Assoziationen von See 6 (und 7). Sie scheint fließende Gewässer vorzuziehen; in den Untersuchungen des Autors über Diatomeenvorkommen in der Werra und einigen ihrer Zuflüsse (1994) ist sie im Frühjahr in diesen Gewässern die dominierende Art. Eine jahreszeitliche Zuordnung ist in dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Navicula menisculus Schumann **var. grunowii** Lange – Bertalot (Taf. 21, Fig. 7-9). Das Taxon ist oft schwer von *N. cryptotenella* zu unterscheiden. Der Autor schließt deshalb nicht aus, dass gegenseitige Verwechslungen vorkommen. Die unter dem o.a. Namen registrierten Diatomeen bevölkern auf geringerem Niveau außer See 1 alle Gewässer, im Litoral von See 7 kommen sie im April häufiger vor. Von den gefundenen Varietäten **menisculus** und **upsaliensis** Grunow (Taf. 21, Fig. 10-12) ist letztere häufiger vertreten.

Navicula oblonga Kützing (Taf. 22, Fig. 1) wird hier wegen ihrer Größe noch einmal erwähnt. Außer in See 2 (siehe dort) findet man die Art vereinzelt in See 8 und im Pelagial von See 6 und (vermehrt) von See 7.

Navicula perminuta Grunow (Taf. 20, Fig. 11-13) ist sicher ein (schwach vertretenes) Überschwemmungsrelikt. Es wird nur in See 8 nicht gefunden.

Navicula pseudangelica Lange-Bertalot **var. pseudangelica** (Taf. 22, Fig. 7-9). Die Frusteln dieses Taxons sind in zwei Variationen aufgetreten. Einmal sind es Formen, die der Diagnose und den Abbildungen von KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) voll entsprechen. Dann findet der Verfasser Frusteln, die deutlich kleiner sind als die Normalformen. Beide Varianten kommen teils gemeinsam, teils getrennt in den Proben vor. Beide Formen sind in See 2 und 4, bzw. 6 und 7 (hier im Pelagial) mehrfach bis vereinzelt vertreten. – Zur Taxonomie: Die kleinste der gemessenen Formen ist 11,5 µm lang, 7 µm breit und hat breite, radiale Striae, 10/10 µm (Taf. 22, Fig. 9). Entweder muss die Diagnose von 1985 erweitert, oder es muss eine dritte Varietät von *N. pseudangelica* beschrieben werden. Nicht ganz auszuschließen ist allerdings auch, dass der Autor die kleinen Formen falsch eingeordnet hat. (Eine der ominösen

Formen von **N. exigua** ? Ähnliche, aber größere Frusteln finden sich ebenfalls vereinzelt im Litoral von See 7.)

Navicula pusilla W. Smith **var. incognita** (Krasske) Lange-Bertalot (Taf. 22, Fig. 11) ist nur ganz vereinzelt im Pelagial von See 6 gefunden worden. Wahrscheinlich ist sie über die Werra hierher geraten.

Navicula radiosa Kützing (Taf. 23, Fig. 1-3) ist eine der häufigsten Diatomeen der Untersuchung. Sie kommt in allen Gewässern und Bereichen häufig bis vereinzelt vor und ist in See 4 und 7 sogar in allen Proben vorhanden. Deutlich erhöhte Abundanzen werden von Dezember bis April gefunden.

Navicula recens (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (Taf. 23, Fig. 6-9) ist zwar im Untersuchungsgebiet nicht häufig, kommt aber in See 1 zahlreicher vor.

Navicula reichardtiana Lange-Bertalot **var. reichardtiana** (Taf. 22, Fig. 12-14) ist ebenfalls eines der häufigsten Taxa der Untersuchung. Es findet sich in allen Seen und Bereichen häufig bis vereinzelt. Ein eindeutiger Entwicklungshöhepunkt ist nicht festzustellen.

Auch **Navicula tripunctata** (O.F. Müller) Bory (Taf. 24, Fig. 8 u. 9) und **N. veneta** Kützing (Taf. 24, Fig. 10 u. 11) kommen überall vor, die erste ist häufiger als die zweite vertreten. Der Verfasser hat wegen der Verbreitung in allen Seen davon abgesehen, *N. veneta* bei der Berechnung des HI zu berücksichtigen.

Nitzschia acicularis (Kützing) W. Smith (Taf. 25, Fig. 4) fehlt in See 1 und 6 und wird im Litoral der anderen vier Gewässer mehrfach bis vereinzelt gefunden; im Dezember ist sie in See 8 häufig. Von **N. draveillensis** Coste u. Ricard (Taf. 25, Fig. 5) ist *N. acicularis* durch das durchgehende Fibulaband deutlich zu unterscheiden. *N. draveillensis* fehlt in See 2 und 4 und ist im Übrigen in geringerer Anzahl als die erstere zu finden; nur in See 8 kommt sie im Februar häufig vor.

Nitzschia amphibia Grunow **f. amphibia** (Taf. 25, Fig. 6 u. 7) findet man in allen Gewässern und Bereichen mehrfach bis vereinzelt.

Nitzschia constricta (Kützing) Ralfs (Taf. 25, Fig. 15) fehlt in See 8 und kommt sonst häufig bis vereinzelt vor.

Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow **var. dissipata** (Taf. 26, Fig. 6) und **var. media** (Hantzsch) Grunow (Taf. 25, Fig. 4 u. 5). Die Trennung beider Varietäten ist für den Verfasser nicht leicht. Die Lage des Raphenkiels ist wegen der Stellung so mancher Frustel nicht eindeutig zu erkennen. Der Autor hat sich deshalb entschieden, bauchige Formen zur *var. dissipata* und gestreckte zur *var. media* zu rechnen. Diese beiden Formen korrespondieren mit der Länge: bauchige kleiner und gestreckte größer. Da die bauchigen Frusteln fast durchweg einen Raphenkiel mit Abstand vom Schalenrand haben, während bei langgestreckten Formen Schalenrand und Raphenkiel ganz eng nebeneinander laufen, scheint die jeweilige Zuordnung ge-

rechtfertig. Ob allerdings in jedem Fall die hier angewendeten Kriterien zur richtigen Bestimmung führen, kann der Autor nicht sicherstellen. Möglich scheint es auch, dass – wie LANGE-BERTALOT im Band 2/2 der Diatomeen andeutet – beide Varietäten keinen Bestand haben, weil Übergangsformen vorkommen und die Formen miteinander zu einem Kontinuum gehören. Auch unterschiedliche Ausstattungen verschiedener Entwicklungsstufen scheinen denkbar, da beide Formen (fast) immer nebeneinander vorkommen. Beide Varietäten findet man in allen Seen (außer See 1) mehrfach bis vereinzelt, in See 8 sind beide häufig.

Nitzschia fonticola Grunow (Taf. 26, Fig. 7) fehlt nur in See 1 und ist sonst mehrfach bis vereinzelt vertreten.

Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow **var. frustulum** (Taf. 25, Fig. 10) und **N. inconspicua** Grunow (Taf. 25, Fig. 12-14) werden hier wegen ihrer engen (äußerlichen) Beziehungen zusammen behandelt. Beide Taxa kommen gemeinsam in allen Gewässern vor, haben in See 1 ihre Abundanzhöhepunkte und finden sich nur sporadisch im Pelagial. – Formen, die mehr einem ovalen Typus angehören, abgerundete Schalenenden haben, in der Regel nicht länger als 20 µm und nicht breiter als 3,5 µm sind, breite Fibulae besitzen und diese in der Anzahl bei weniger als 10 auf 10 µm liegen werden zu *N. inconspicua* gezählt. Gestrecktere Formen mit mehr spitzen, keilförmigen Schalenenden (auch manchmal kopfig), von 20 µm und mehr Länge und mehr als 3,5 µm Breite, die schmalere, enger beieinander liegende Fibulae mit 10 und mehr auf 10 µm besitzen, gelten hier als *N. frustulum* var. *frustulum*. Hauptkriterien sind die Schalenenden und die Anzahl der Fibulae auf 10 µm; bei schlecht einzuordnenden Umrissformen und sich überlappenden Frustelgrößen hat sich der Verfasser an die Hauptkriterien gehalten. LANGE-BERTALOT (1986) spricht sich dafür aus, beide Formen als getrennte Taxa zu führen. Als Begründung nennt er die Diskrepanz der Schalenenden bei Brack- bzw. Süßwasserformen. An gleicher Stelle scheidet er aber die Ökologie als Bestimmungshilfe aus, „weil sich viele Beispiele von Arten sowohl im Brackwasser als auch im Süßwasser-Supralitoral finden lassen“. Genau dieses Beispiel trifft auch auf diese Untersuchungen zu, und dass nur die stumpfpoligen Formen genetisch enger mit der „begrenzten Schalenlänge“ (ebenda) verbunden sind, vermutet LANGE-BERTALOT nur. Solange nicht erwiesen ist, dass die spitzpoligen Sippen genetisch auch von ihrer gestreckten Form abhängig sind, bleibt für den Verfasser die Frage, ob es sich bei *N. frustulum* var. *frustulum* und *N. inconspicua* nicht um eine Fortpflanzungsgemeinschaft mit einem großen Erscheinungskontinuum handelt. Dafür spricht auch, dass – auch in der vorliegenden Untersuchung – viele Übergangsformen (s.o.) gefunden werden und dass beiden Formen eine deutliche Salzpräferenz gemeinsam ist. Die hier angesprochenen Bestimmungsprobleme traten auch bei der Untersuchung der Werra (KRÜGER 1994) auf.

Nitzschia hungarica Grunow (Taf. 27, Fig. 10) ist in allen Gewässern und Bereichen auf niedrigem Häufigkeitsniveau zu finden.

Nitzschia levidensis (W. Smith) Grunow **var. levidensis** und **var. salinarum** Grunow (Taf. 26, Fig. 8). Erstere kommt nur ganz vereinzelt in See 7 vor, während var. *salinarum* in See 4 und in Litoral und Pelagial von See 6 und 7 mehrfach bis verein-

zelt gefunden wird. Ob diese Vorkommen Überschwemmungsrelikte sind oder autochthon, möchte der Verfasser im ersteren Sinne entscheiden.

Nitzschia linearis (Agardh) W. Smith **var. linearis** (Taf. 27, Fig. 4) und **var. subtilis** (Grunow) Hustedt (Taf. 27, Fig. 3). *var. linearis* kommt mehr oder weniger vereinzelt in allen Gewässern (außer See 1) vor, *var. subtilis* ist durchweg häufiger (auch in See 1) und hat ihre höchste Abundanz (teilweise über 15%) in See 8.

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith (Taf. 26, Fig. 11 u. 12) findet man mehr in den vier kleinen Seen als in den beiden großen.

Nitzschia paleacea Grunow (Taf. 28, Fig. 1- 4) ist in den Seen 1, 4, 7 und 8 zeitweise die hervorstechendste Diatomee. In See 2 und 6 tritt sie kaum in Erscheinung.

Nitzschia perminuta (Grunow) Peragallo (Taf. 26, Fig. 9) hat in See 6 und 8 ihre Hauptverbreitung. In See 1 fehlt sie; in See 7 ist sie nur ganz vereinzelt.

Nitzschia recta Hantzsch (Taf. 26, Fig. 4). Dieses Taxon wird hier mit Vorbehalt aufgeführt. Der Verfasser grenzt es gegen *N. vermicularis* wegen dessen meist deutlich bis angedeuteter Krümmung und der meist deutlich vorhandenen Bauchung in Schalenansicht ab. Die Abgrenzung gegen *N. dissipata* erfolgt vor allem nach der Größe und der Form der Fibulae, die bei *N. recta* randwärts verdickt erscheinen. – *N. recta* fehlt in See 2 und tritt sonst mehrfach bis vereinzelt auf.

Nitzschia sigma (Kützing) W. Smith (Taf. 28, Fig. 5). Dieser Halobiont wird nur in geringer Menge in den Seen 1, 6 und 7 gefunden.

Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) W. Smith (Taf. 28, Fig. 6) kommt in allen Gewässern mehrfach bis vereinzelt vor. Am Lebendmaterial konnte *Amphora pediculus* als Aufwuchs gefunden werden.

Nitzschia supralitorea Lange-Bertalot (ohne Abb.) findet man in mäßiger Zahl in allen Gewässern, in See 8 ist sie häufig vertreten. Die geringen Vorkommen im Plankton von See 6 und 7 sind sicher auf Verdriftung zurückzuführen.

Nitzschia vermicularis (Kützing) Hantzsch (ohne Abb.) kommt außer in See 2 im Untersuchungsgebiet mehrfach bis vereinzelt vor.

Die Gattung **Pinnularia** Ehrenberg ist nur mit einigen Spezies (siehe Artenliste im Anhang) mit kleinen Vorkommen oder als Einzelfunde vertreten. Die Bestimmung mancher Arten bereitet erhebliche Schwierigkeiten, weil bei einigen andere Trophieverhältnisse angegeben sind als die hier vorliegenden. So finden sich in der Literatur für **P. neomajor** Krammer (Taf. 30, Fig. 1) und **P. nobiles** (Ehrenberg) Ehrenberg (Taf. 30, Fig. 2) Angaben für oligotrophe, meist schwach saure Gewässer. – Weitere andere Formen sind in den benutzten Schlüsseln nicht aufgeführt. Herr Dr. Krammer hat bei der Identifizierung geholfen und dabei drei zunächst noch nicht benannte Arten gefunden. Inzwischen sind diese beschrieben worden: **P. oriundiformis** Kram-

mer (Taf. 30, Fig. 3), **P. pseudoacuminata** Metzeltin u. Krammer (Taf. 30, Fig. 4) und **P. rhomboelliptica** Krammer (Taf. 31, Fig. 2 u. 3) (schriftliche Mitteilung von KRAMMER [29.12.1999]). – Die meisten anderen der im Untersuchungsgebiet aufgetretenen Arten werden im Anhang fotografisch dokumentiert.

Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot (Taf. 28, Fig. 9-11) ist eine der häufigsten Diatomeen im Untersuchungsgebiet. Sie kommt in allen Gewässern vor, in See 1, 2, 4 und 6 in jeder Probe. Sie ist in vier Seen im Litoral sehr häufig bis mehrfach vertreten, in See 4 und 8 nur in geringer Häufigkeit. Die sehr hohe Abundanz im Pelagial von See 6 im Februar 1995 ist auf die Überschwemmung zurückzuführen.

Auch das gelegentliche Vorkommen der halophilen **Stauroneis constricta** (Ehrenberg) Cleve (Taf. 32, Fig. 3 u. 4) im Pelagial von See 6 hat seine Ursache in dieser Überschwemmung.

Stauroneis phoenicenteron (Nitzsch) Ehrenberg (Taf. 32, Fig. 1 u. 2) findet man gelegentlich in See 2 und im Pelagial von See 6 und 7.

Stauroneis smithii Grunow var. **smithii** (Taf. 31, Fig. 7) kommt mehrfach in See 2 und vereinzelt in See 6 und 7 vor.

Stephanodiscus hantzschii Grunow (Taf. 32, Fig. 5 u. 6) ist überall von sehr häufig bis vereinzelt vertreten, nur in See 4, dem mit dem niedrigsten TI dieser Untersuchung, in geringer Häufigkeit. – Wegen der widersprüchlichen Angaben über die Salzpräferenz dieser Art hat der Verfasser davon abgesehen, sie in die Liste der Halobionten aufzunehmen. Widersprüchliche Angaben liegen auch für den Anspruch an bestimmte Trophieverhältnisse vor. SCHÖNFELDER (1997) stellt allerdings Präferenzen für den eutrophen - hypertrophen Bereich fest. – Ein zeitliches Entwicklungsminimum konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden.

Stephanodiscus neoastraea Håkansson und Hickel (Taf. 32, Fig. 9 u. 10) fehlt in See 1 und 8 und ist sonst mehrfach bis vereinzelt vertreten. Nach SCHÖNFELDER (1997) entwickelt die Art ihre höchste Vitalität im poly-hypertrophen Milieu.

Stephanodiscus parvus Stoermer und Håkansson (Taf. 32, Fig. 7 u. 8) ist eindeutig identifiziert worden. Sie tritt nur im Februar 1993 im Litoral von See 6 und da sehr häufig auf (36,3 %) und vereinzelt auch zur selben Zeit im Litoral von See 7. Sollte sich **S. minutulus** (Kützing) Cleve und Möller als synonym mit *S. parvus* erweisen, kämen weitere Fundorte, und zwar in See 4 und im Litoral von See 7, hinzu.

Von den 14 im Untersuchungsgebiet aufgetretenen **Surirella** Turpin wird hier nur **S. brebissonii** Krammer und Lange-Bertalot var. **kützingii** Krammer und Bertalot (Taf. 33, Fig. 2 u. 3) erwähnt. Dieses Taxon kommt in allen Gewässern vor und erreicht in See 6 u. 7 während des Hochwassers 1995 und kurz danach mit 2-3% seine größte Abundanz. Sonst kommt sie überall mehrfach bis vereinzelt vor. – In See 6 findet man die meisten der aufgefundenen Arten dieser Gattung. See 1 und 2 sind *Surirel-*

la-frei; nur das o.a. Taxon wird hier gefunden. – Die meisten der aufgetretenen Arten werden im Anhang fotografisch vorgestellt.

Die beiden Halophyten **Thalassiosira pseudonana** Hasle und Heimdal (ohne Abb.) und **Th. weissflogii** (Grunow) Fryxell und Hasle (Taf. 35, Fig. 4-6) werden gelegentlich in allen Seen (außer See 8) gefunden. Die erstere ist in Februar in See 1 sehr häufig, die zweite nach der Überschwemmung 1995 in See 6 häufig.

7 Danksagung

Der Verfasser dankt vor allem Herrn Prof. Dr. P. Wolff vom Fachgebiet Kulturtechnik und Ressourcenschutz der Universität Gh Kassel, Standort Witzenhausen, für die Überlassung eines ständigen Laborplatzes und die Bereitstellung des erforderlichen Materials, sowie für die persönliche und personelle Unterstützung des gesamten Vorhabens.

Außerdem gilt sein Dank Frau Dr. G. Hofmann, Glashütten, und den Herren Prof. Dr. H. Lange-Bertalot, Frankfurt a.M., Dr. K. Krammer, Meerbusch, Dipl.-Ing. R. Klee, Andechs, und Dipl.-Biol. W. Scheffler, Neuglobsow, für die Durchsicht von Präparaten bzw. die Nachbestimmung einiger schwieriger Taxa, Herrn Scheffler auch für die Anfertigung der REM-Aufnahmen.

Besonders bedankt er sich bei Herrn Th. Krüger, Schwaikheim, und Herrn D. Regente, Altleinigen, für die Computerarbeiten.

Gedankt sei auch Herrn Oberstudienrat E. Baier, Witzenhausen, für die Bestimmung der Makroflora der untersuchten Standorte, Herrn Dipl.- Ing. G. Labenski, Witzenhausen, für die Hilfe bei den Wasseranalysen und bei der Laborbenutzung und Herrn Optikermeister Michael Ackermann für die Fotos der Seen.

Darüber hinaus ist es dem Verfasser ein Bedürfnis, Herrn Dr. W. Schweers, Krefeld, für die lange Zusammenarbeit und die fruchtbaren Diskussionen zu danken.

8 Literatur

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1988): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytenderminierten Fließgewässern. – Informationsberichte 4/98, Selbstverlag, München.
- CHOLNOKY, B. J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. – J. Cramer, Lehre.
- GEISSLER, U. (1982): Experimentelle Untersuchungen zur Variabilität der Schalenmerkmale bei einigen zentrischen Süßwasser-Diatomeen. I. Der Einfluß unterschiedlicher Salzkonzentration auf den Valva-Durchmesser von *Stephanodiscus hantzschii* Grunow. – Nova Hedwigia Beih. **73**: 211 – 247
- HEGEWALD, E. & HINDÁKOWÁ, A. (1997): Variabilität von einer natürlichen Population und von Klonen des *Cyclotella ocellata*-Komplexes (Bacillariophyceae) aus dem Gallbergweiher, Nordwestdeutschland. – Algological Studies **86**: 17 – 37.

- HOFMANN, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. – *Bibliotheca Diatomologica* **30**. J. Cramer, Berlin.
- HUSTEDT, F. (1930): *Bacillariophyta (Diatomeae): Die Süßwasserflora Mitteleuropas* **10**. A. Pascher (ed.), 2. Aufl., Jena.
- KAHLERT, M. (1993): Auswirkungen der Werraversalzung auf die ökologischen Verhältnisse der Auenlandschaft des Werratal. – *Ökologie und Umweltsicherung* **2/93**; Witzenhausen.
- KRAMMER, K. (1992): *Pinnularia – Eine Monographie der europäischen Taxa*. – *Bibliotheca Diatomologica* **26**. J. Cramer, Berlin – Stuttgart.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1986): *Bacillariophyceae*. 1. Teil. Stuttgart, New York.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991a): *Bacillariophyceae*. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Stuttgart, Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991b): *Bacillariophyceae*. 4. Teil: Achnanthesaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula (Lineolatae)* und *Gomphonema*. Stuttgart, New York.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1997): *Bacillariophyceae*. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Stuttgart, New York.
- KRÜGER, W. (1962): Das Naturschutzgebiet Teufelsbruch in Berlin-Spandau. II. Die Diatomeenflora einiger ausgewählter Standorte. – *Ges. Naturf. Freunde* **2**: 120 – 134. Berlin.
- KRÜGER, W. (1994): Mitteilungen über Diatomeengesellschaften in der Werra und einigen ihrer Zuflüsse im Raum Witzenhausen. In: M. P. D. MEIJERING (ed.): Beiträge zur Limnologie von Fließgewässern in der Umgebung Witzenhausens. – *Ökologie und Umweltsicherung* **6/94**, Witzenhausen, S. 81-119.
- LÄTSCH, G. & MAURER, J. (1982): Das Naturschutzgebiet Freudenthal bei Witzenhausen. – *Schriften des Werratalverein* **5**, Witzenhausen.
- LANGE-BERTALOT, H. (1993): 85 neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 1 - 4. – *Bibliotheca Diatomologica* **27**, J. Cramer, Berlin.
- MEINEL, W. & BARLAS, M. (1987): Biozoenotische und hydrochemische Bestandsaufnahme der Werra und Ulster. – *Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz* **58**, Hessische Landesanstalt für Umweltschutz, Wiesbaden.
- SHELLERT, C. (1987/88): Untersuchungen zur Gewässergüte der Baggerseen und Kiesteiche im Werratal. – 3. Zwischenbericht. – *Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz* Nr. **21**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- SHELLERT, C.; MAISS, S & WOLFF, P. (1986/87a): Untersuchungen zur Gewässergüte der Baggerseen und Kiesteiche im Werratal – ein Zwischenbericht. – *Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz* Nr. **17**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- SHELLERT, C.; MAISS, S & WOLFF, P. (1986/87b): Untersuchungen zur Gewässergüte der Baggerseen und Kiesteiche im Werratal – 2. Zwischenbericht. – *Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz* Nr. **18**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- SCHÖNFELDER, I. (1997): Eine Phosphor-Diatomeen-Relation für alkalische Seen und Flüsse Brandenburgs und ihre Anwendung für die paläolimnologische A-

- analyse von Auensedimenten der unteren Havel. – Dissertationes Botanicae **283**, J. Cramer, Berlin/Stuttgart.
- SCHWEERS, W. (1999): Strömungsgeschehen, Stoffhaushalt und Gewässergüte im Auenbereich eines salzbelasteten Fließgewässers: Fallstudie eines Naturschutzgebietes im Unteren Werratal. – Ökologie und Umweltsicherung **17/99**, Witzenhausen.
- SCHWEERS, W. & KRÜGER, W. (1997): Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit von Diatomeen-Indices auf Planktonassoziationen in Baggerseen bei Freudenthal, Nordhessen. In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 1996 (Schwedt/Oder), Selbstverlag der DGL, Krefeld, S. 681 – 686.
- SCHWEERS, W., LABENSKI, G. & WOLFF, P. (1997): Gewässergüte von Baggerseen an der unteren Werra: Der Zeitraum 1993 – 1995. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **44**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- STRECKER, S. (1997): Vergleichende Untersuchungen der Auswirkungen unterschiedlicher Salzgehalte und Ionenspektren auf die Lebensgemeinschaften versalzter Oberflächengewässer in Osthessen. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz **243**, Hess. Landesanstalt für Umweltschutz, Wiesbaden.
- TEUBNER, K. (1995): A light microscopical investigation and multivariate statistical analyse of heterovalvar cells of *Cyclotella*-species (Bacillariophyceae) from lakes of the Berlin-Brandenburg region. – Diatom Research **10** (1): 191 – 205.
- TEUBNER, K. (1996): Struktur und Dynamik des Phytoplanktons in Beziehung zur Hydrochemie und Hydrophysik der Gewässer: Eine multivariate statistische Analyse an ausgewählten Gewässern der Region Berlin-Brandenburg. – Dissertation an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität, Berlin.
- TEUBNER, K. (1997): Merkmalsvariabilität bei planktischen Diatomeen in Berlin-Brandenburger Gewässern. – Nova Hedwigia **65** (1 – 4): 233 – 250.
- TREMEL, B. (1994): Trophiebestimmung durch qualitative und quantitative Phytoplanktonanalyse in zwei Baggerseen. – Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 1994 der DGL in Hamburg **1**, Selbstverlag, Krefeld, S. 153- 157.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Ulmer, Stuttgart, 765 S.
- WOLFF, P., BRAUN, R., WESCHE, H. & LABENSKI, G. (1985/86): Zum Einfluss der Werraversalzung auf den Boden und das Grundwasser in der Wendershäuser Aue. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **10**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P. & HERMANN, U. (1985/86): Zur Salzbelastung der Baggerseen im Werratal. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **13**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P. & INTLEKOFER, B. (1982/83): Der Einfluss der Werraversalzung auf den Boden der Uferzonen im Raum Witzenhausen. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **1**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P., INTLEKOFER, B. & LABENSKI, G. (1983): Zum Einfluss der Werraversalzung auf den Boden und das Grundwasser der ufernahen Bereiche im

- Raum Witzenhausen. Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **3**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P. & KEITA, B: (1988): Untersuchungen zur Gießwasserqualität der Gartenanlage des Kleingartenvereins Witzenhausen. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **22**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P. & SCHELLERT, C. (1988/89): Die Gewässergüte der Kiesteiche und Baggerseen im unteren Werratal. Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **23**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P. & SCHLOTTER, G: (1983/84): Der Einfluss der Werraversalzung auf die Qualität des Gießwassers der Gartenanlage des Kleingartenvereins Witzenhausen. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **4**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- WOLFF, P. & SCHLOTTER, G. (1985): Zum Einfluss der Werraversalzung auf den Salzgehalt des Baggersees Freudenthals bei Witzenhausen. – Arbeiten und Berichte des Fachgebietes Kulturtechnik und Ressourcenschutz Nr. **9**, Selbstverlag Gesamthochschule Kassel, Witzenhausen.
- ZIEMANN, H. (1982): Indikatoren für den Salzgehalt der Binnengewässer – Halobiensystem und: Biologische Wirkung des Salzgehaltes. – Beide in: BREITIG, G. & TÜMPLING, W. v.: Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Bd. II: Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden. G. Fischer, Jena: 89 – 95 bzw. 108 – 114.
- ZIEMANN, H. (1991): Veränderung der Diatomeenflora der Werra unter dem Einfluss des Salzgehaltes. – Acta hydrochim. hydrobiol. **19** (2): 159 – 174.

Anschrift des Verfassers:

Wolfgang Krüger
 Silvanerring 21
 67592 Flörsheim-Dalsheim

Anhang 1: Liste der Arten im Verbreitungsgebiet

MT = Morphotyp

Angaben zur Häufigkeit finden sich im Abschnitt „Material und Methoden“.

Taxon	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
Achnanthes						
<i>bahusiensis</i> (Grunow) Lange- Bertalot				v		
<i>biasoletiana</i> Grunow var. <i>biasoletiana</i>				v	v	
- aff. var. <i>thienemannii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			v			
<i>cleveii</i> Grunow var. <i>cleveii</i>	v		m-v	h-v	m-v	v

<i>coarctata</i> (Brébisson) Grunow	v		v	v	v	
<i>conspicua</i> Mayer	v	h-v				
<i>delicatula</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>delicatula</i>						
<i>Neotypus</i>	m			m-v	h-v	
- - schnabelartig	h-v	v	v	m-v	h-v	v
- ssp. <i>engelbrechtii</i> (Cholnoky) Lange-Bertalot	h-m	m-v	m	m-v	h-v	
- ssp. <i>hauckiana</i> (Grunow) Lange-Bertalot				v	v	
- ssp. <i>septentrionalis</i> (Østrup) Lange-Bertalot				v		
<i>exigua</i> Grunow var. <i>exigua</i>			v	v	v	
<i>hungarica</i> (Grunow) Grunow				v	v	
<i>kolbei</i> Hustedt			v			
<i>lanceolata</i> (Brébisson) Grunow ssp. <i>lanceolata</i>						
var. <i>boyei</i> (Østrup) Lange-Bertalot				v		
- - var. <i>lanceolata</i>	h-v	m-v	m-v	m-v	v	
- ssp. <i>frequentissima</i> Lange-Bertalot var. <i>frequentissima</i>		m-v	m-v	m-v	m	m
- - var. <i>magna</i> (Straub) Lange-Bertalot		m-v	v	v		
- - var. <i>minor</i> (Straub) Lange-Bertalot		v				
- ssp. <i>rostrata</i> (Østrup) Lange-Bertalot		m-v		m-v		
<i>minutissima</i> Kützing	m	mh-v	mh-v	mh-v	sh-v	mh-v
<i>ploenensis</i> Hustedt var. <i>gessneri</i> (Hustedt)		m	m-v	m-v	v	v
L.-B.						
- var. <i>ploenensis</i>			v			
Actinocyclus						
<i>normanii</i> (Gregory) Hustedt				v	v	
Amphipecta						
<i>pellucida</i> (Kützing) Kützing			m-v			sh-m
<i>rutilans</i> (Trentepohl) Cleve				v		
Amphora						
<i>coffeaeformis</i> (Agardh) Kützing	m-v	v		m-v	m-v	
<i>libyca</i> Ehrenberg	m-v	h-v	m	m-v	m-v	m
<i>ovalis</i> (Kützing) Kützing		m-v	m-v	m-v	h-v	v
<i>pediculus</i> (Kützing) Grunow	h-m	sh-m	h-m	h-v	h-v	h-m
<i>veneta</i> Kützing	m		m	m-v	m-v	v
Anomoeoneis						
<i>sphaerophora</i> (Ehrenberg) Pfitzer				v	v	
Taxon	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
Asterionella						
<i>formosa</i> Hassall				h-v	m-v	
Aulacoseira						
<i>ambigua</i> (Grunow) Simonsen						v
<i>crenulata</i> (Ehrenberg) Thwaites				m-v	m	
<i>granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>granulata</i>				m-v		v
spec.				v		
spec.				v		
Bacillaria						
<i>paradoxa</i> Gmelin				m-v	m-v	

Caloneis

<i>amphisbaena</i> (Bory) Cleve				v	v	
<i>bacillum</i> (Grunow) Cleve		m-v	m-v	m-v	m-v	h-m
<i>schumanniana</i> (Grunow) Cleve				v	m-v	
<i>silicula</i> (Ehrenberg) Cleve		m-v	m-v	m-v	v	m-v
<i>tenuis</i> (Gregory) Krammer					v	

Campylodiscus

<i>hibernicus</i> Ehrenberg				v		
-----------------------------	--	--	--	---	--	--

Cocconeis

<i>pediculus</i> Ehrenberg		m	m-v	h-v	h-v	m-v
<i>placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> Ehrenberg	v	m-v	m-v	m-v	m-v	h-v
- var. <i>klinoraphis</i> Geitler					v	
- var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	m-v	h-m	m	h-v	sh-v	h-v
- var. <i>placentula</i>	v		m-v	v	v	h-v
- var. <i>pseudolineata</i> Geitler				m-v	m-v	

Craticula

<i>ambigua</i> (Ehrenberg) Mann				m-v	v	
<i>cuspidata</i> (Kützing) Mann		m-v	v	m-v	m-v	
<i>halophila</i> (Grunow) Mann	m	m-v	v	v	h-v	

Cyclostephanos

<i>dubius</i> (Fricke) Round	m-v	m-v	sh-v	mh-v	sh-v	m-v
<i>invisitatus</i> (Hohn & Hellermann) Theriot, Stoermer & Håkanson					v	

Cyclotella

<i>atomus</i> Hustedt			v	h-v	sh-v	
aff. <i>comensis</i> Grunow	v			m	sh-v	
<i>meneghiniana</i> Kützing	h-v	h-v	m-v	h-v	h-v	m-v
<i>ocellata</i> Pantocsek	v	m-v	sh-v	h-v	mh-v	v
<i>pseudostelligera</i> Hustedt	m					
<i>radiosa</i> (Grunow) Lemmermann			m	sh-v	mh-v	h-v
<i>schumannii</i> (Grunow) Håkansson spec.	v	v	v	v	v	sh-v

Cymatopleura

<i>elliptica</i> (Brébisson) W. Smith		v	m-v	m-v	v	
<i>solea</i> (Brébisson) W. Smith var. <i>apiculata</i> (Brébisson) W. Smith			v	v	v	

Taxon

<i>solea</i> (Brébisson) W. Smith var. <i>solea</i>	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Cymbella

<i>affinis</i> Kützing		v		v		
<i>caespitosa</i> (Kützing) Brun		m-v	h-v	v		m-v
<i>cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner		m-v	m-v	m-v	m-v	m-v
<i>ehrenbergii</i> Kützing				m-v	m-v	
<i>lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	v	m-v	v	m-v	m-v	m-v
<i>microcephala</i> Grunow			m	v	m-v	m
<i>minuta</i> Hilse	v	m-v	m-v			
<i>prostrata</i> (Berkeley) Cleve		v	v	v		

<i>silesiaca</i> Bleisch	v		v	v	v	
<i>sinuata</i> Gregory					m-v	
<i>tumida</i> (Brébisson) Van Heurck		v				
Denticula						
<i>subtilis</i> Grunow	h	v				m-v
Diatoma						
<i>hyemalis</i> (Roth) Heiberg				m	m	
<i>mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing				m-v	v	
<i>moniliformis</i> Kützing	v	v	v	m-v	m-v	m
<i>problematica</i> Lange-Bertalot		m		v		
<i>tenuis</i> Agardh		m-v	m	mh-v	sh-v	m
<i>vulgaris</i> Bory agr.	v	v	v	m-v	m-v	v
- MT <i>linearis</i>			m	m-v		
- MT <i>ovalis</i>				v		
- MT <i>producta</i>				v		
- MT <i>vulgaris</i>	v			h-v	m-v	
Diploneis						
<i>oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	v		v	v		
<i>smithii</i> (Brébisson) Cleve var. <i>dilatata</i> (Peragallo) Terry				v	v	
Entomoneis						
<i>paludosa</i> (W. Smith) Reimer var. <i>paludosa</i>	m-v			m-v	v	m
- var. <i>subsalina</i> (Cleve) Krammer	v			m	m-v	
Epithemia						
<i>adnata</i> (Kützing) Brébisson	h-v	m-v	m-v	m-v	sh-v	sh-v
<i>sorex</i> Kützing	h-m	v	h-m	h-v	h-v	v
<i>turgida</i> (Ehrenberg) Kützing var. <i>granulata</i> (Ehrenberg) Brun				v		
Eunotia						
<i>bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills				m-v		
spec.						m
Fragilaria						
<i>arcus</i> (Ehrenberg) Cleve				m-v		
<i>bidens</i> Heiberg					v	
<i>brevistriata</i> Grunow	m	m		m-v	h-v	
Taxon	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
<i>capucina</i> Desmazières var. <i>amphicephala</i> (Grunow) Lange-Bertalot				v		
- var. <i>capitellata</i> (Grunow) Lange-Bertalot				v	m	
- var. <i>capucina</i>				m-v	v	
- var. <i>distans</i> (Grunow) Lange-Bertalot				v		
- var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst	m-v	m		h-v	sh-v	sh-m
- var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot				v		v
- var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	v	h-v	v	h-v	m-v	h-v
<i>construens</i> (Ehrenberg) Grunow f. <i>construens</i> (Ehrenberg) Hustedt				v	v	

- var. <i>subsalina</i> Hustedt		v				
- f. <i>venter</i> (Ehrenberg) Hustedt	h			m-v	m-v	
<i>elliptica</i> Schumann	v			v	m-v	
<i>famelica</i> (Kützing) Lange-Bertalot var. <i>famelica</i>		v				m-v
<i>fasciculata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	h-v	m-v	m-v	m-v	h-v	m-v
<i>leptostauron</i> (Ehrenberg) Hustedt var. <i>dubia</i> (Grunow) Hustedt					v	
<i>nanana</i> Lange-Bertalot	m		sh-v	v		m-v
<i>parasitica</i> (W. Smith) Grunow var. <i>parasitica</i>	v			m-v	v	
<i>pinnata</i> (Ehrenberg) var. <i>pinnata</i>	h-v	m-v	v	m-v	h-v	m-v
<i>pulchella</i> (Ralfs) Lange-Bertalot	v	v	v	v	h-v	m-v
<i>ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	m	sh-v	m-v	m-v	m-v	m-v
- <i>angustissima</i> (Grunow) Lange-Bertalot		m	v	m-v	sh-v	
- <i>ulna</i>	v	m-v	m-v	m-v	m-v	v
<i>virescens</i> Ralfs	v			v		
Frustulia						
<i>creuzburgensis</i> (Krasske) Hustedt				v		
<i>rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni						
var. <i>rhomboides</i>		m				
- var. <i>viridula</i> (Brébisson) Cleve			v			
<i>vulgaris</i> (Thwaites) De Toni			m-v	m-v	v	v
Gomphonema						
<i>acuminatum</i> Ehrenberg		m-v	v	m-v	v	v
<i>augur</i> Ehrenberg var. <i>augur</i>		m-v	v			
<i>clavatum</i> Ehrenberg	v	m-v	m-v	v	m-v	v
<i>commutatum</i> Grunow				v		
<i>gracile</i> Ehrenberg	v			v		
<i>lingulatiforme</i> Lange-Bertalot & Reichardt				v		
<i>micropus</i> Kützing	m-v	v		m-v	v	m-v
<i>minutum</i> (Agardh) Agardh				v		
<i>olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	v	m-v	m-v	m-v	h-v	v
<i>parvulum</i> Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	mh-m	m-v	m	h-v	m-v	h-v
<i>productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot			v	v		
<i>pumilum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt		v	v	m-v	v	
Taxon	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
aff. <i>sarcophagus</i> Gregory	v	v		v	v	v
<i>truncatum</i> Ehrenberg	m-v	m-v	m-v	m-v	m-v	m-v
<i>utae</i> Lange-Bertalot & Reichardt		v		m		
Gyrosigma						
<i>acuminatum</i> (Kützing) Ehrenberg	v	m-v	m-v	m-v	h-v	m
<i>attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	v	v	m-v	m-v	m-v	v
<i>parkerii</i> (Harrison) Elmore				v	m-v	
<i>scalparoides</i> (Rabenhorst) Cleve						m
Hantzschia						
<i>abundans</i> Lange-Bertalot	m	m-v		m-v		

<i>amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	v	h-v	v	m-v	v	m-v
Melosira						
<i>lineata</i> Agardh MT <i>orichalcea</i> sensu Crawford		h-m	m-v	h-v	v	
<i>nummuloides</i> (Dillwyn) Agardh				h-v	v	
<i>varians</i> Agardh	v					
Meridion						
<i>circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>circulare</i>		v	v	m-v	m-v	
- var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck		v				
Navicula						
aff. <i>agrestis</i> Hustedt						v
aff. <i>asellus</i> Weinhold				v		
cf. <i>atomus</i> (Kützing) Grunow	m-v	m		m-v	m-v	m-v
<i>bacillum</i> Ehrenberg				v		
<i>capitata</i> Ehrenberg var. <i>capitata</i>	m-v	h-m	m-v	m-v	m-v	m-v
- var. <i>hungarica</i> (Grunow) Ross	h-v		v	m-v	v	
- var. <i>lueneburgensis</i> (Grunow) Patrick	v					
<i>capitatoradiata</i> Germain	m	m-v	h-v	m-v	m-v	h-v
<i>cari</i> Ehrenberg	v	v		v		v
<i>cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	m-v	m-v		m-v	v	m
<i>citrus</i> Krasske				v		
<i>clementis</i> Grunow				v	v	
<i>contenta</i> Grunow		v		v		
<i>crucicula</i> (W. Smith) Donkin var. <i>crucicula</i>				v		
<i>cryptocephala</i> Kützing		m-v	v	m-v	v	m-v
<i>cryptofallax</i> Lange-Bertalot & Hofmann			m-v	v		
<i>cryptotenella</i> Lange-Bertalot	m-v	m-v	m	m-v	h-v	m-v
<i>decussis</i> Østrup var. <i>decussis</i>		v		m-v		
<i>eidrigiana</i> Carter				v		
<i>elginensis</i> (Gregory) Ralfs				v	v	
<i>exigua</i> (Gergory) Grunow ?					v	
<i>gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing var. <i>signata</i>						
Hustedt					v	
<i>gregaria</i> Donkin	h-v	m-v	m-v	h-v	sh-v	m-v
<i>incertata</i> Lange-Bertalot						m-v
<i>integra</i> (W. Smith) Ralfs				m-v		
<i>laevissima</i> Kützing				v		
Taxon						
	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
<i>lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	m-v	v	v	sh-v	m-v	m-v
<i>laterostrata</i> Hustedt			m			
cf. <i>lenzii</i> Hustedt			m			m-v
<i>menisculus</i> Schumann var. <i>grunowii</i> L.-B.		m-v	m-v	m-v	h-v	m-v
- var. <i>menisculus</i>		v	m-v	v	m-v	
- var. <i>upsaliensis</i> Grunow			v	m-v	m-v	
<i>monoculata</i> Hustedt var. <i>monoculata</i>		v	v			v
<i>muraliformis</i> Hustedt		m				
<i>mutica</i> Kützing var. <i>mutica</i>		v	v	m-v		
- var. <i>ventricosa</i> (Kützing) Cleve & Grunow			v	m-v	v	

<i>muticopsis</i> Van Heurck				v		
<i>nivalis</i> Ehrenberg	v		v	m	v	
<i>oblonga</i> Kützing		m-v		v	m-v	v
<i>perminuta</i> Grunow	m-v	v	v	m-v	v	
<i>placentula</i> (Ehrenberg) Grunow					v	
<i>protracta</i> (Grunow) Cleve			m	m-v	v	
<i>pseudangelica</i> Lange-Bertalot var.		v	v	m-v	m-v	
<i>pseudangelica</i>						
- var. <i>signata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			v			
<i>pseudolanceolata</i> Lange-Bertalot var.				v		
<i>pseudolanceolata</i> .						
<i>pupula</i> Kützing var. <i>pupula</i>	m	v	m	v	m	m
<i>pusilla</i> W. Smith var. <i>incognita</i> (Krasske) L.-B.				v		
<i>pygmaea</i> Kützing		m	m-v	m-v	v	
<i>radiosa</i> Kützing	m-v	v	h-v	m-v	h-v	m
<i>recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	m-v	v		v	v	
<i>reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	m	m-v	h-v	h-v	h-v	m-v
<i>rhyngocephala</i> Kützing					v	
<i>rhyngotella</i> Lange-Bertalot		v	v	m-v	m-v	
<i>salinarum</i> Grunow				v	m-v	
<i>slesvicensis</i> Grunow		v	m	m-v	h-v	m-v
<i>subhamulata</i> Grunow						m
<i>subminuscula</i> Manguin		v	v			
<i>subrhyngocephala</i> Hustedt			v			
<i>tenelloides</i> Hustedt		m				
<i>tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory	m	m-v	m-v	h-v	m-v	m-v
<i>trivialis</i> Lange-Bertalot				v	v	m-v
<i>trophicatrix</i> Lange-Bertalot				v		
<i>veneta</i> Kützing	m-v	h-v	m-v	m-v	m-v	m
<i>viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>linearis</i>				v		
Hustedt						
- var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve				v		
- var. <i>viridula</i>				v		
<i>affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer var. <i>affine</i>				v		
<i>dubium</i> (Ehrenberg) Cleve			v	v		
<i>hercynicum</i> A. Mayer				v		
Taxon	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
<i>acicularis</i> (Kützing) W. Smith		m-v	v		v	h-v
<i>acula</i> Hantzsch			v	v		v
aff. <i>agnita</i> Hustedt	v					
<i>amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>	m	m-v	m-v	m-v	m-v	m-v
<i>angustata</i> Grunow	v		m-v	m-v	m-v	
<i>angustatula</i> Lange-Bertalot			m-v	v	m	m
<i>archibaldii</i> Lange-Bertalot					v	
<i>calida</i> Grunow		m-v	v	m-v	v	
<i>capitellata</i> Hustedt	v		v	m-v	m-v	
<i>clausii</i> Hantzsch					v	

<i>coarctata</i> Grunow						v
aff. <i>communis</i> Rabenhorst var. <i>ovalis</i> Arnott						v
<i>constricta</i> (Kützing) Ralfs	h-v	m-v	m-v	m-v	m-v	
<i>debilis</i> Arnot		m	v	m		
<i>desertorum</i> Hustedt	v					v
<i>dissipata</i> (Kützing) Grunow var. <i>dissipata</i>		m-v	m-v	h-v	m-v	h-m
- var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow	v	m-v	m-v	m-v	m-v	h-v
<i>drapeillensis</i> Coste & Ricard	m			v	m	h
<i>dubia</i> W. Smith	m-v		v	m-v	m-v	
<i>filiformis</i> (W. Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>				v		
<i>fonticola</i> Grunow		m-v	m-v	m-v	m-v	m-v
<i>frustulum</i> (Kützing) Grunow var. <i>bulnheimiana</i> (Rabenhorst) Grunow	v	v	v	v		
- var. <i>frustulum</i>	sh-v	h-m	m-v	h-v	m-v	m-v
<i>gracilis</i> Hantzsch	v		v	m-v	v	v
<i>heufferiana</i> Grunow				v	m	
<i>hungaria</i> Grunow	v	m	m-v	m-v	m-v	m
<i>inconspicua</i> Grunow	sh-v	m	m-v	m-v	h-v	m
<i>levidensis</i> (W. Smith) Grunow var. <i>levidensis</i>		v			v	
- var. <i>salinarum</i> Grunow			v	m-v	m-v	
<i>liebetruthii</i> Rabenhorst var. <i>liebetruthii</i> ?	v					
<i>linearis</i> (Agardh) W. Smith var. <i>linearis</i>		v	v	m-v	m-v	m-v
- <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt	m	m-v	m-v	m-v	h-v	sh-v
<i>littoralis</i> Grunow						v
<i>microcephala</i> Grunow	v			m-v	m-v	
cf. <i>normannii</i> Grunow					m	
<i>palea</i> (Kützing) W. Smith var. <i>palea</i>	m-v	m-v	m-v	m-v	m-v	m
- var. <i>tenuirostris</i> sensu Lange-Bertalot			v	v	v	
<i>paleacea</i> Grunow	mh-v	m-v	h-m	m-v	sh-v	h-v
<i>perminuta</i> (Grunow) Peragallo		m	m	h-v	v	h-m
<i>pusilla</i> Grunow				v	v	m
<i>recta</i> Hantzsch	v		m-v	m-v	m-v	m-v
<i>scalpelliformis</i> Grunow				v		
<i>sigma</i> (Kützing) W. Smith	v			v	v	
<i>sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	v	m-v	m-v	m-v	m-v	v
<i>solita</i> Hustedt				v	m-v	m-v
Taxon	See 1	See 2	See 4	See 6	See 7	See 8
<i>supralitorea</i> Lange-Bertalot	h-v	m	m	m-v	m-v	h-m
<i>thermaloides</i> Hustedt	v			m-v	m-v	
<i>tryblionella</i> Hantzsch		m-v	v	m-v	m-v	v
<i>tubicola</i> Grunow				v		
<i>valdecostata</i> Lange-Bertalot & Simonsen				v		
<i>valdestriata</i> Aleem & Hustedt	m-v		v	m-v	m-v	v
<i>vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	m		v	m-v	m-v	m-v
Orthoseira						
spec.		v				

Peronia

fibula (Brébisson) Ross v

Pinnularia

anglica Krammer v

borealis Ehrenberg var. *scalaris* (Ehrb.) Rabenh. v v

cf. *brébissonii* (Kützing) Rabenhorst v v v

gibba Ehrenberg v

lundii Hustedt v v

mesogongila Ehrenberg v

microstauron (Ehrenberg) Cleve v v v

neomajor Krammer m-v v

nobilis (Ehrenberg) Ehrenberg m-v m-v

oriundiformis Krammer v

cf. *persudetica* Krammer v v

pseudoacuminata Metzelthin & Krammer v m

rhomboelliptica Krammer m-v v m-v v

streptoraphe Cleve v v

cf. *subcapitata* Gregory v v

viridis (Nitzsch) Ehrenberg v

spec. v

Rhoicosphenia

abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot sh-v h-m m-v sh-v sh-v m-v

Rhopalodia

gibba (Ehrenberg) O. Müller var. *gibba* v m-v m-v

Stauroneis

acuta W. Smith v

agrestis Petersen m

anceps Ehrenberg v v

constricta (Ehrenberg) Cleve m-v

legumen Ehrenberg v

phoenicenteron (Nitzsch) Ehrenberg v m-v m-v

smithii Grunow var. *smithii* m-v v v

spec. m

Stephanodiscus

hantzschii Grunow h-v sh-m m-v sh-v sh-v h-v

minutulus (Kützing) Cleve & Möller m-v v m

Taxon

See 1 See 2 See 4 See 6 See 7 See 8

neoastraea Håkansson & Hickel v v m-v m-v

parvus Stoermer & Håkansson sh v

Surirella

angusta Kützing v v

bifrons Ehrenberg m-v v m-v v

birostrata Hustedt v

brébissonii Krammer & L.-B. var. *brébissonii* v

- var. *kützingii* Krammer & Lange-Bertalot m-v m-v v h-v h-v m

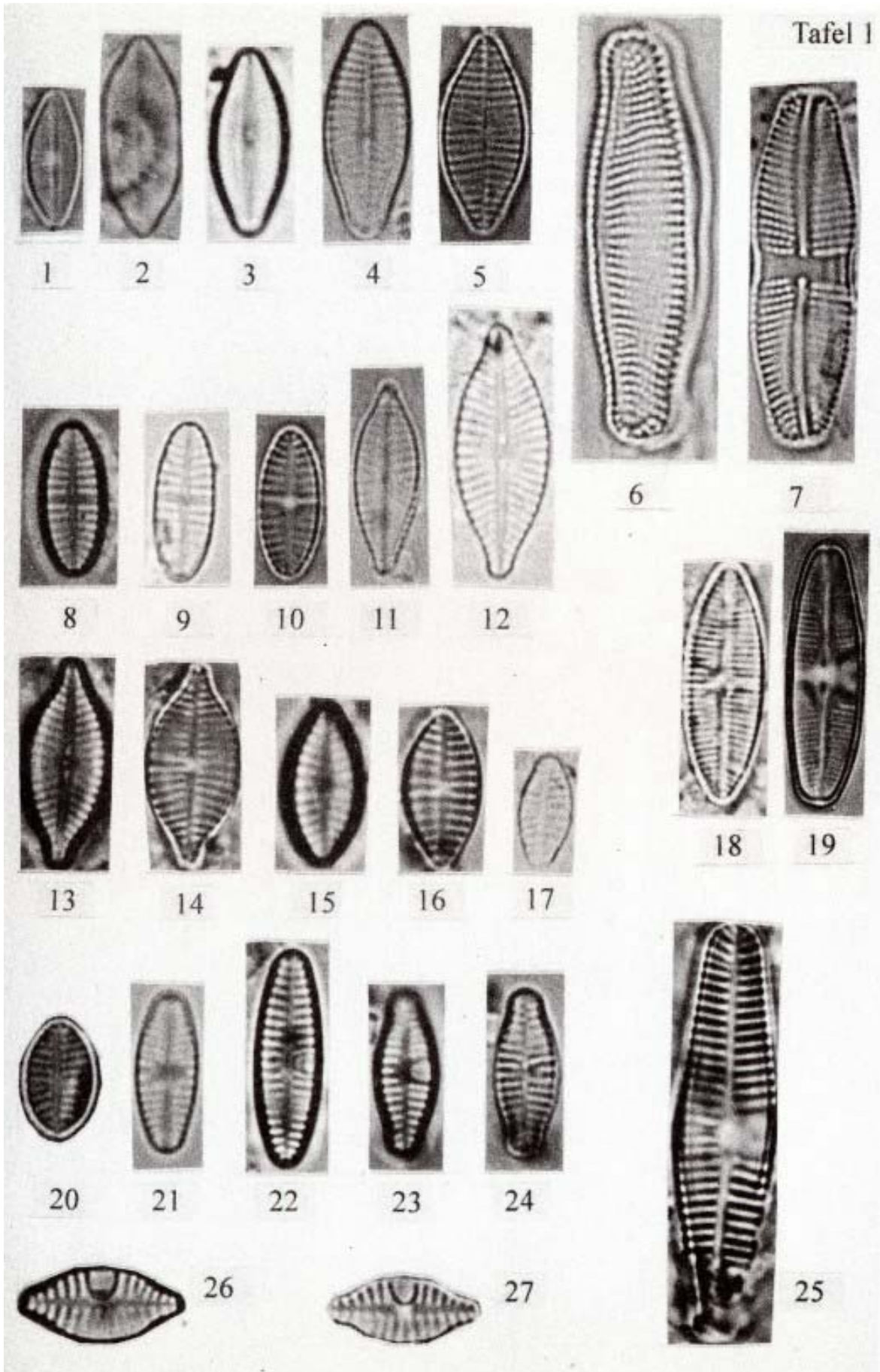
capronii Brébisson v

<i>crumena</i> Brébisson				m-v	
<i>minuta</i> Brébisson				m-v	v
<i>ovalis</i> Brébisson				v	
<i>splendida</i> (Ehrenberg) Kützing				v	
<i>striatula</i> Turpin				m-v	
<i>tenuis</i> A. Mayer				v	
<i>visurgis</i> Hustedt			m-v	m-v	v
spec.				v	
Thalassiosira					
<i>pseudonana</i> Hasle & Heimdal	h-v	v	v		v
<i>wessflogii</i> (Grunow) Fryxell & Hasle		v	v	h-v	v

Anhang 2: Bildtafeln

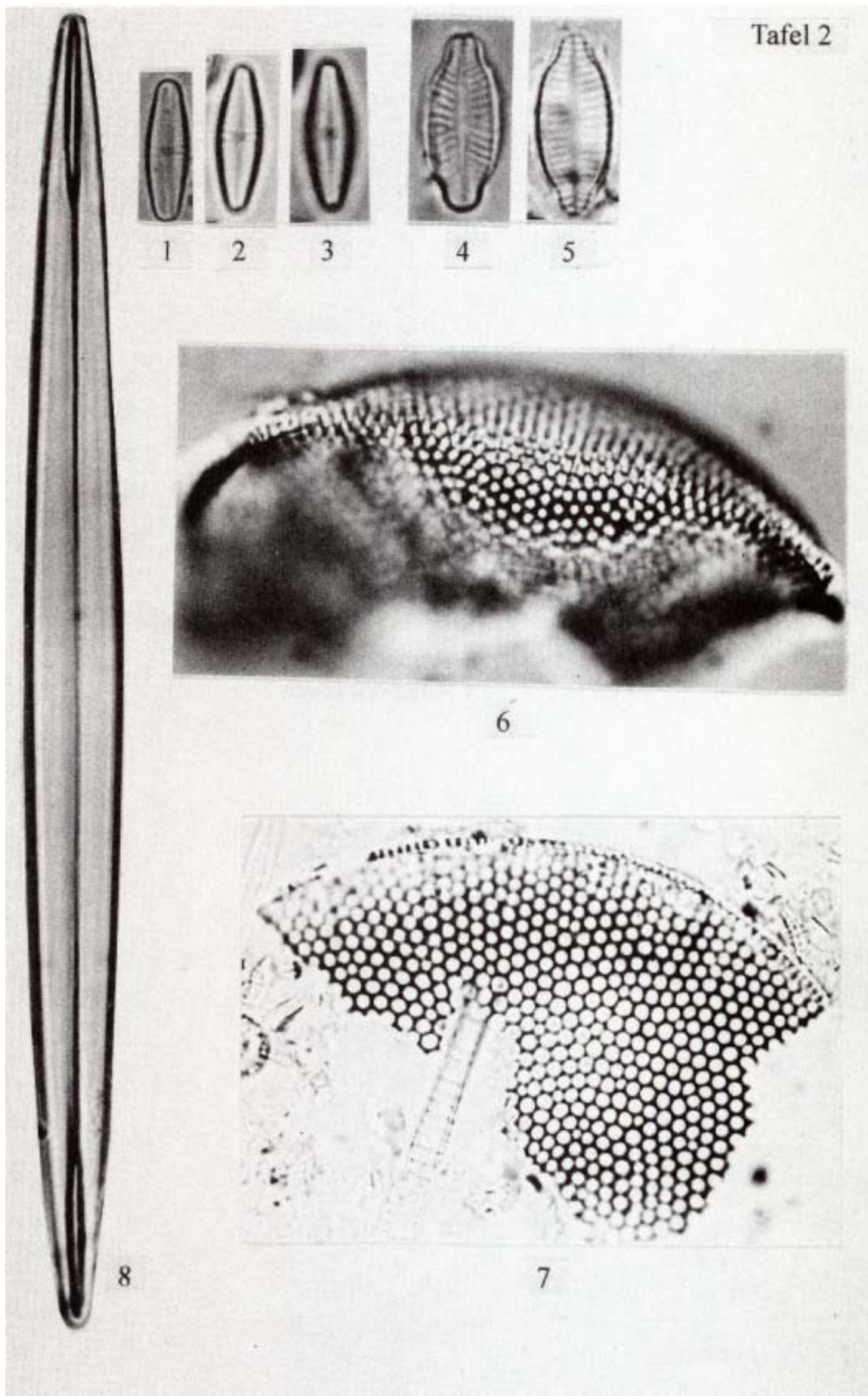
Tafel 1 (×1500)

- Fig. 1 u. 2 *Achnanthes bahusiensis*
Fig. 3 - 5 *Achnanthes clevei* var. *clevei*
Fig. 6 u. 7 *Achnanthes coarctata*
Fig. 8 - 10 *Achnanthes conspicua*
Fig. 11 - 17 *Achnanthes deliculata*
Fig. 11 ssp. *deliculata* (Neotypus)
Fig. 12 - 14 ssp. *deliculata* (schnabelförmig)
Fig. 15 u. 16 ssp. *septentrionalis*
Fig. 17 ssp. *engelbrechtii*
Fig. 18 u. 19 *Achnanthes hungarica*
Fig. 20 - 27 *Achnanthes lanceolata*
Fig. 20 ssp. *lanceolata* var. *boyei*
Fig. 21 ssp. *lanceolata* var. *lanceolata*
Fig. 22 - 25 ssp. *frequentissima* var. *frequentissima*
Fig. 26 u. 27 ssp. *rostrata*



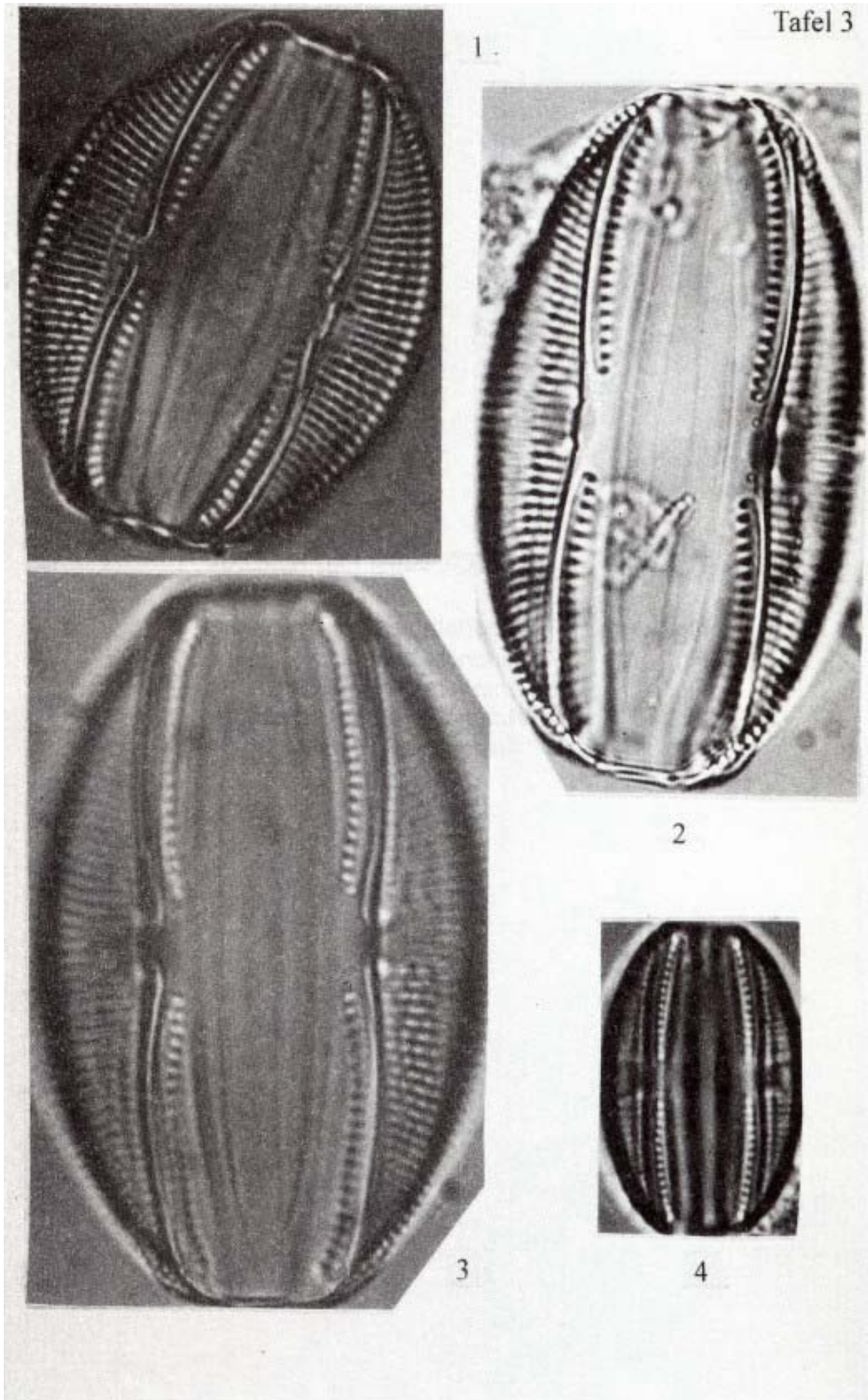
Tafel 2 (×1500, außer Fig. 7 ×1000)

- Fig. 1 - 3 *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*
Fig. 4 u. 5 *Achnanthes ploenensis* var. *gessneri*
Fig. 6 u. 7 *Actinocyclus normanii* (*Bruchstücke*)
Fig. 8 *Amphipleura pellucida*



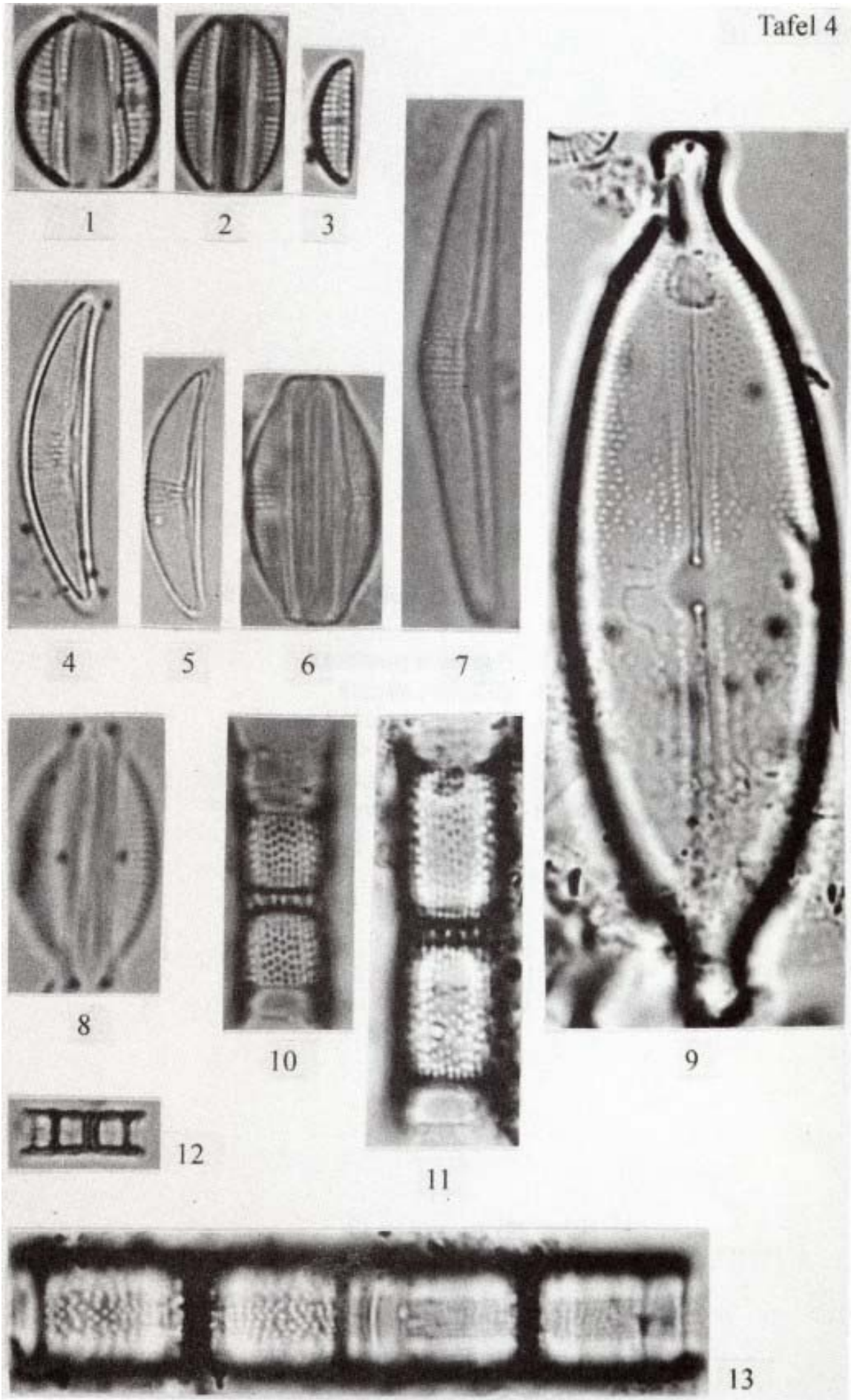
Tafel 3 (× 1500)

Fig. 1 - 3 *Amphora ovalis*
Fig. 4 *Amphora libyca*



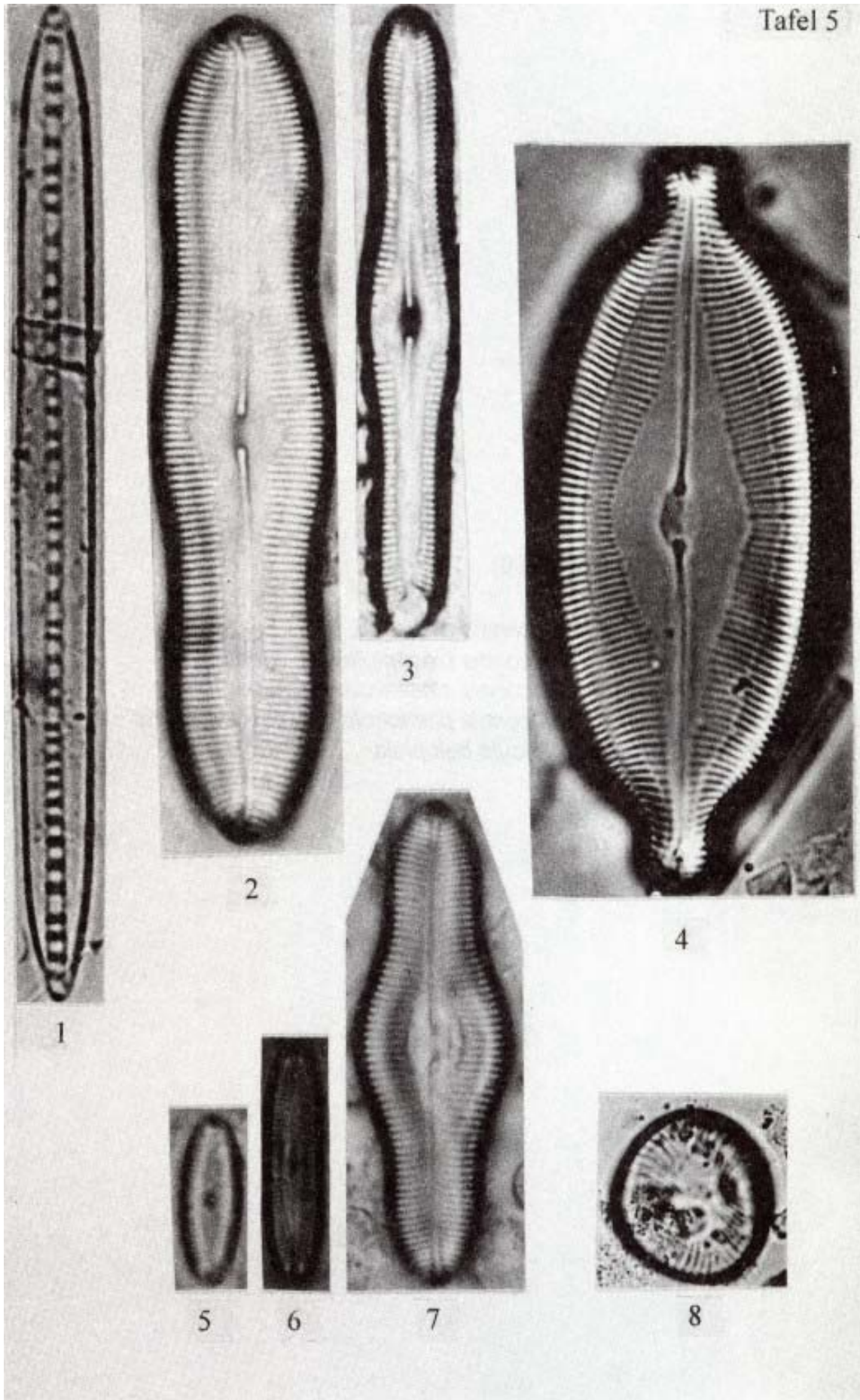
Tafel 4 (×1500, außer Fig. 12 ×600)

- Fig. 1 - 3 *Amphora pediculus*
Fig. 4 - 7 *Amphora veneta*
Fig. 8 *Amphora coffeaeformis*
Fig. 9 *Anemoeoneis sphaerophora*
Fig. 10 - 13 *Aulacoseira crenulata*



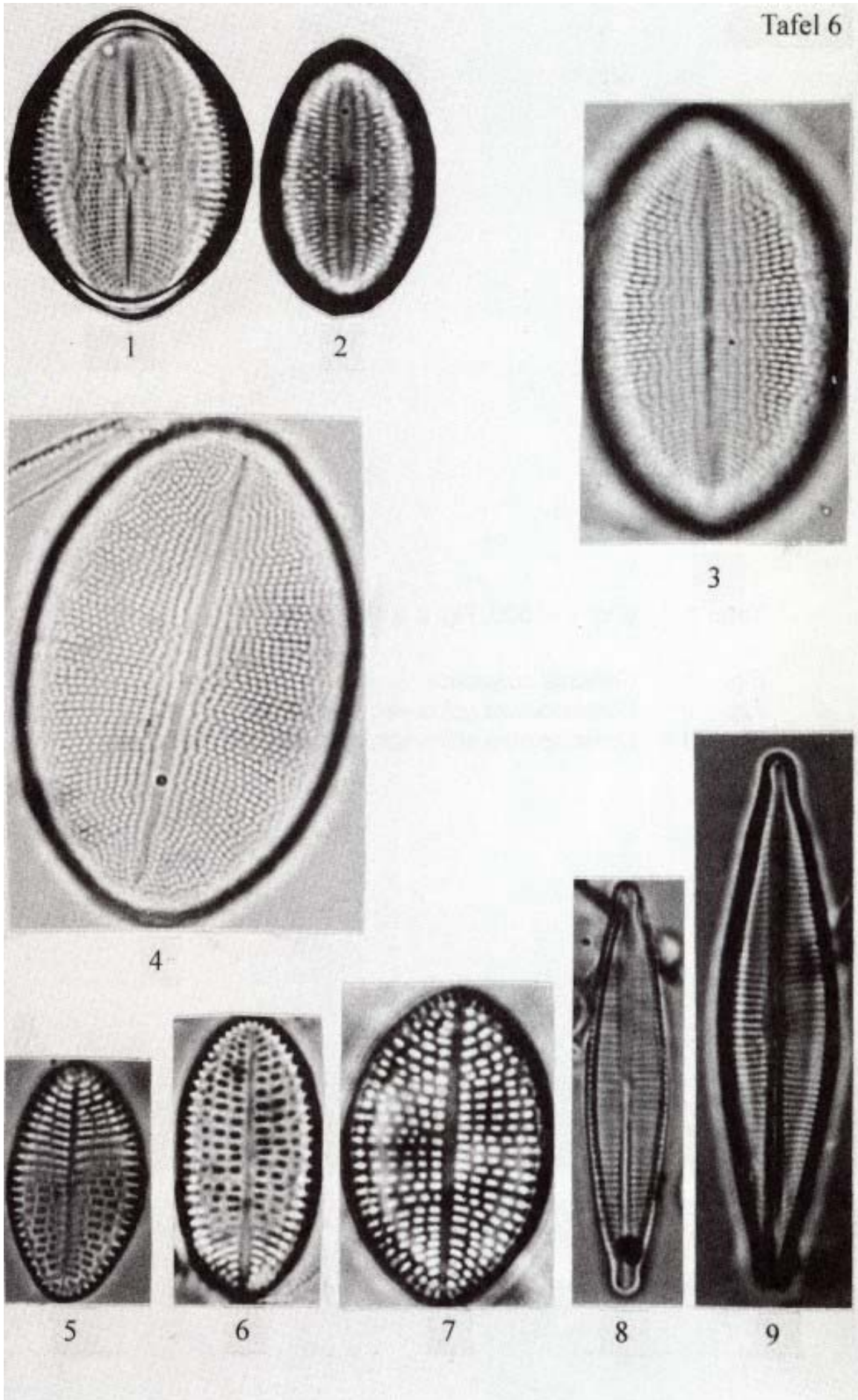
Tafel 5 (×1500, außer Fig. 8 ×225)

- | | | |
|-----------|---|---------------------------------|
| Fig. | 1 | <i>Bacillaria paradoxa</i> |
| Fig. 2 u. | 3 | <i>Caloneis silicula</i> |
| Fig. | 4 | <i>Caloneis amphisbaena</i> |
| Fig. 5 u. | 6 | <i>Caloneis bacillum</i> |
| Fig. | 7 | <i>Caloneis schumanniana</i> |
| Fig. | 8 | <i>Campylodiscus hibernicus</i> |



Tafel 6 (×1500)

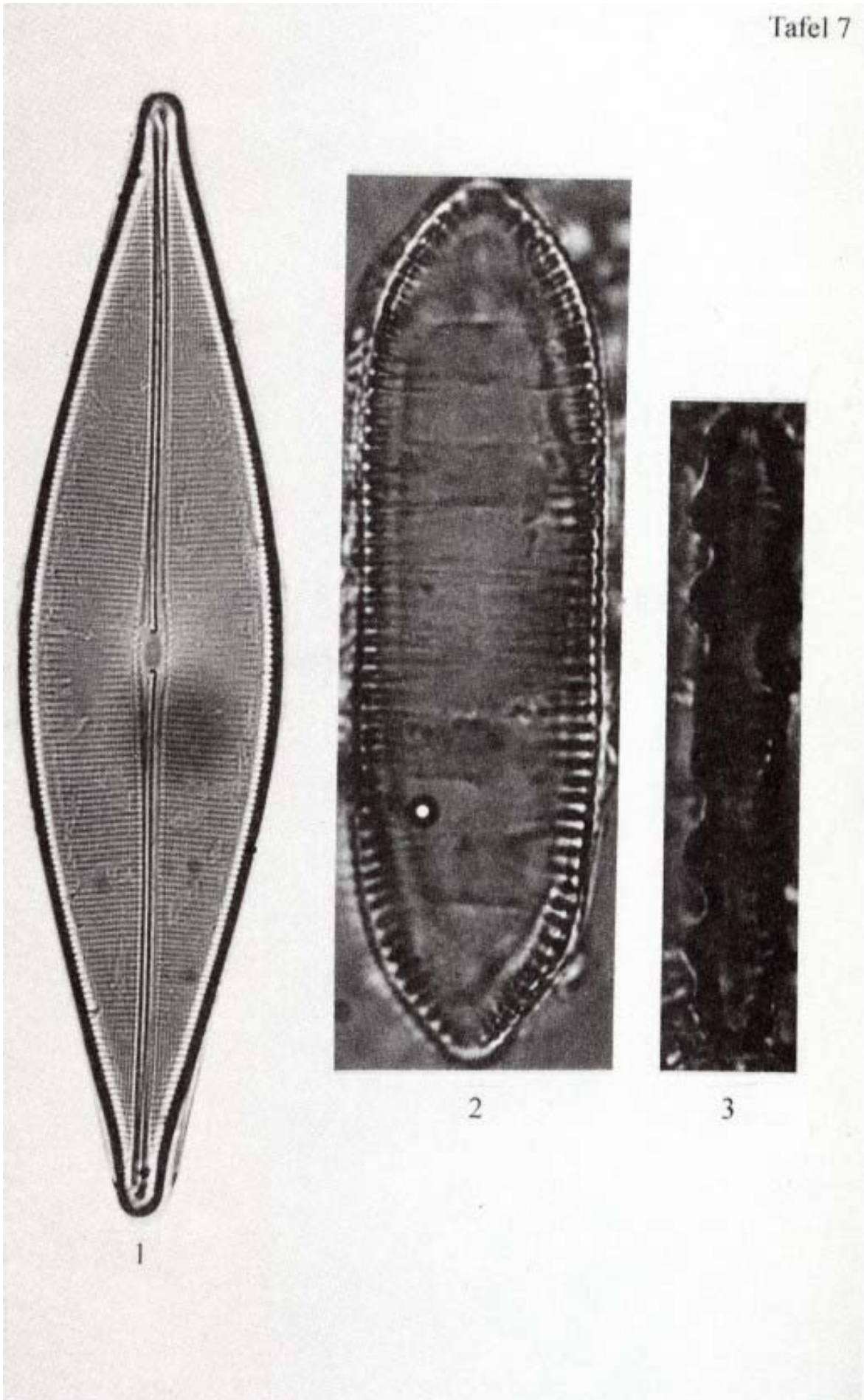
- Fig. 1 u. 2 *Cocconeis pediculus*
Fig. 3 *Cocconeis placentula* var. *lineata*
Fig. 4 *Cocconeis placentula* var. *klinoraphis*
Fig. 5 - 7 *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata*
Fig. 8 u. 9 *Craticula halophila*



Tafel 7 (Fig. 1 ×1000, Fig. 2 u. 3 ×1500)

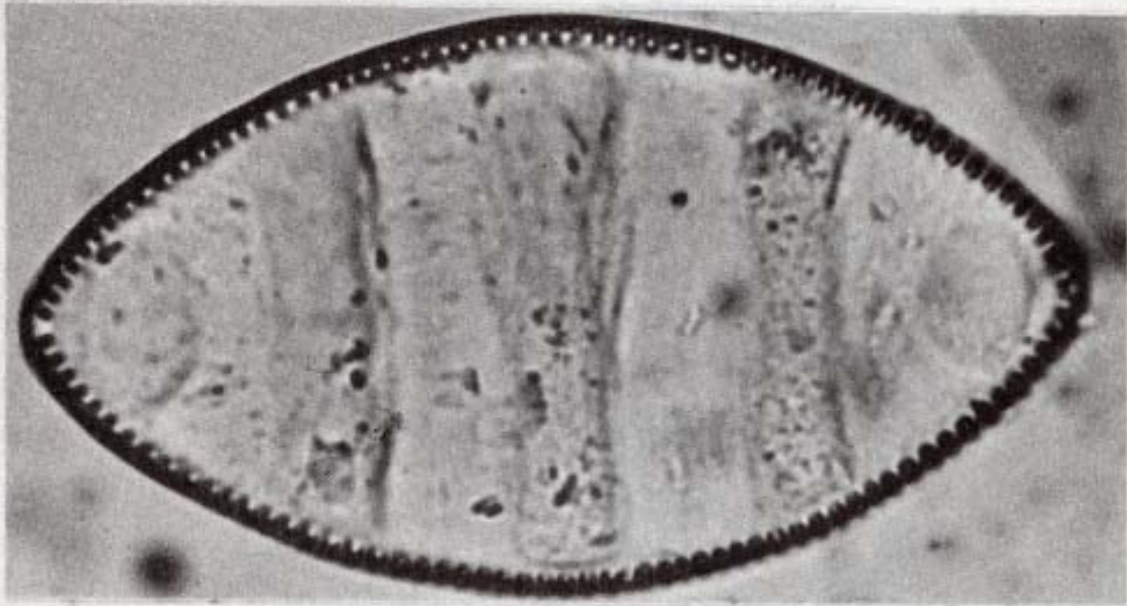
- Fig. 1 *Craticula cuspidata*
Fig. 2 *Cymatopleura solea* var. *solea*
Fig. 3 *Cymatopleura solea* var. *apiculata* (Gürtelseite)

Tafel 7

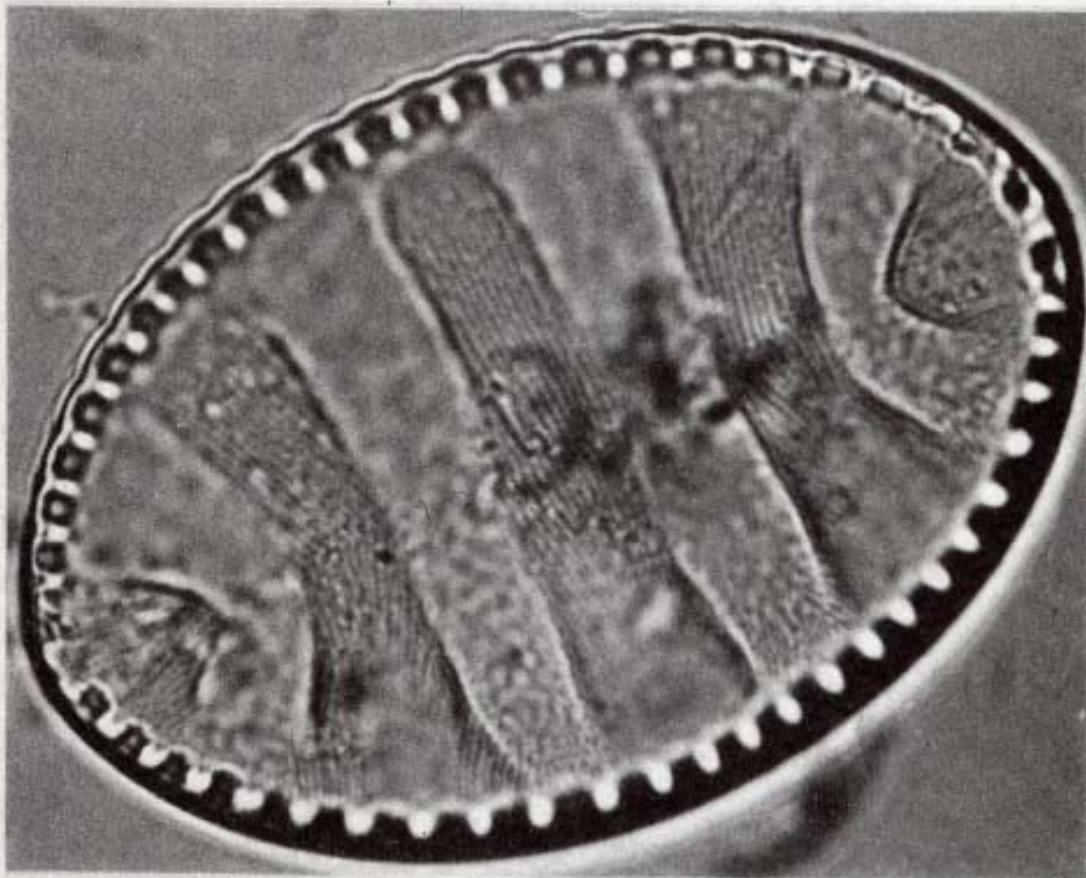


Tafel 8 (Fig. 1 ×600, Fig. 2 ×1500)

Fig. 1 u. 2 *Cymatopleura elliptica*



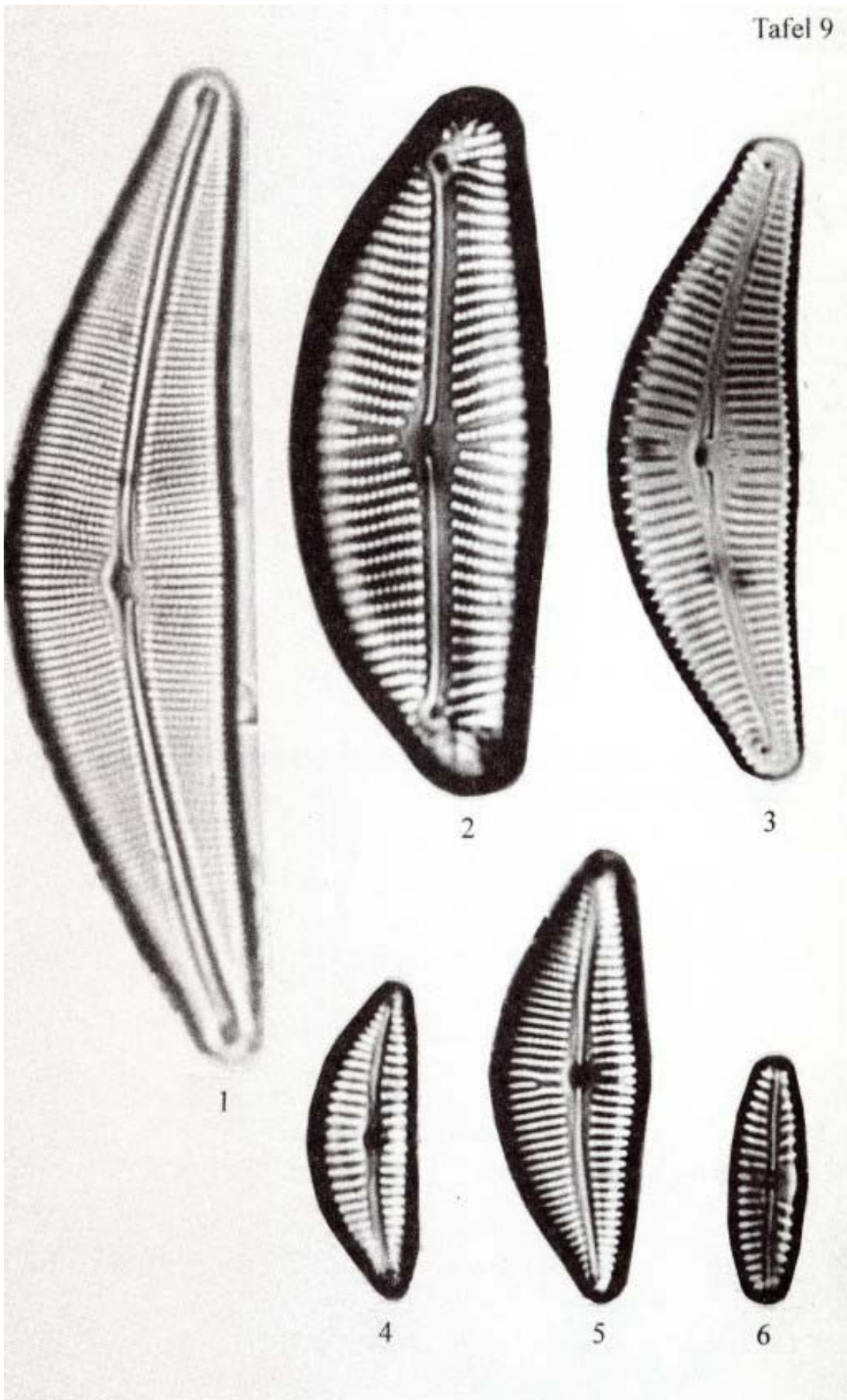
1

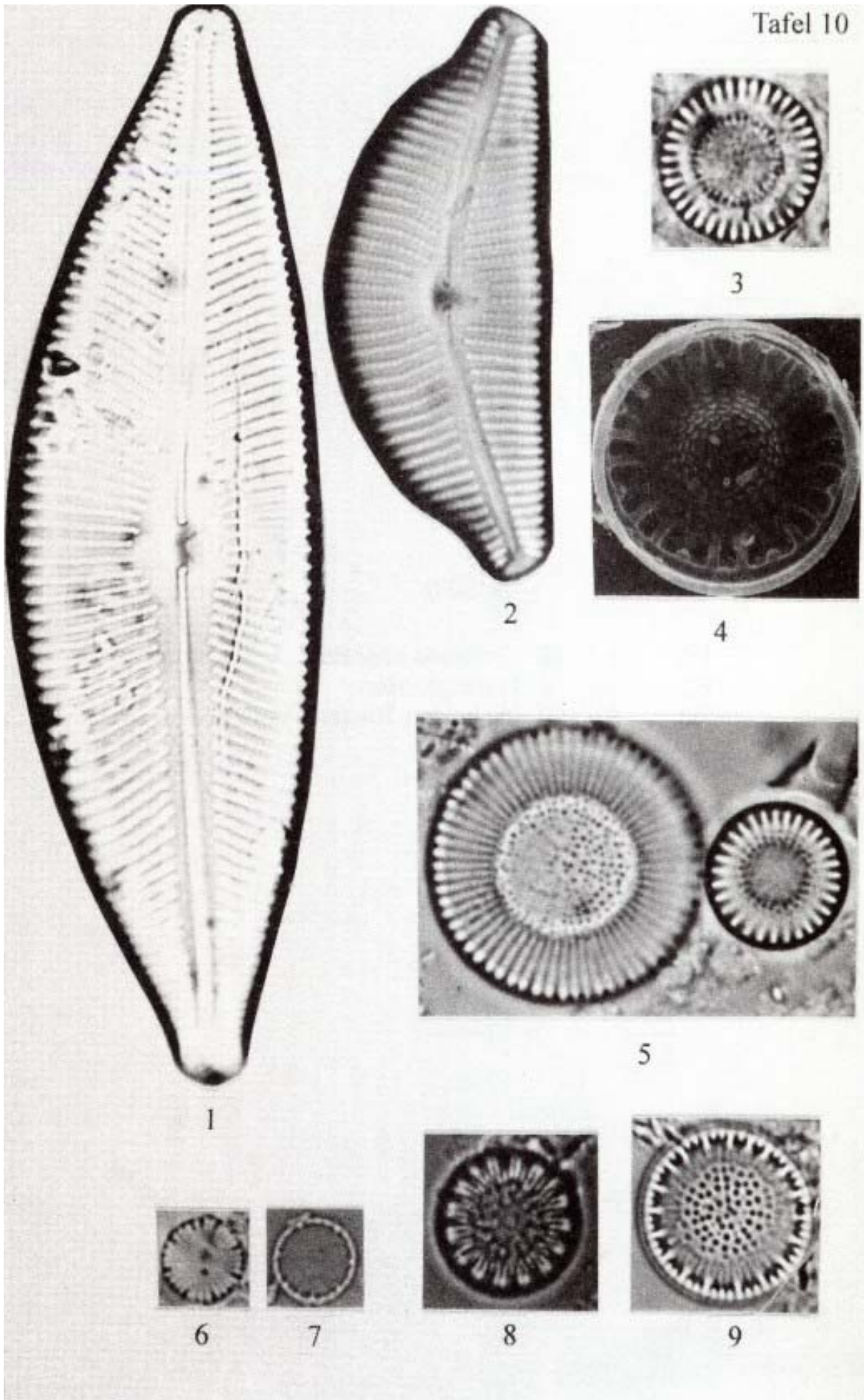


2

Tafel 9 (Fig. 1 ×1000, übrige ×1500)

- Fig. 1 *Cymbella lanceolata*
- Fig. 2 *Cymbella prostrata*
- Fig. 3 *Cymbella cistula*
- Fig. 4 *Cymbella affinis*
- Fig. 5 *Cymbella caespitosa*
- Fig. 6 *Cymbella sinuata*



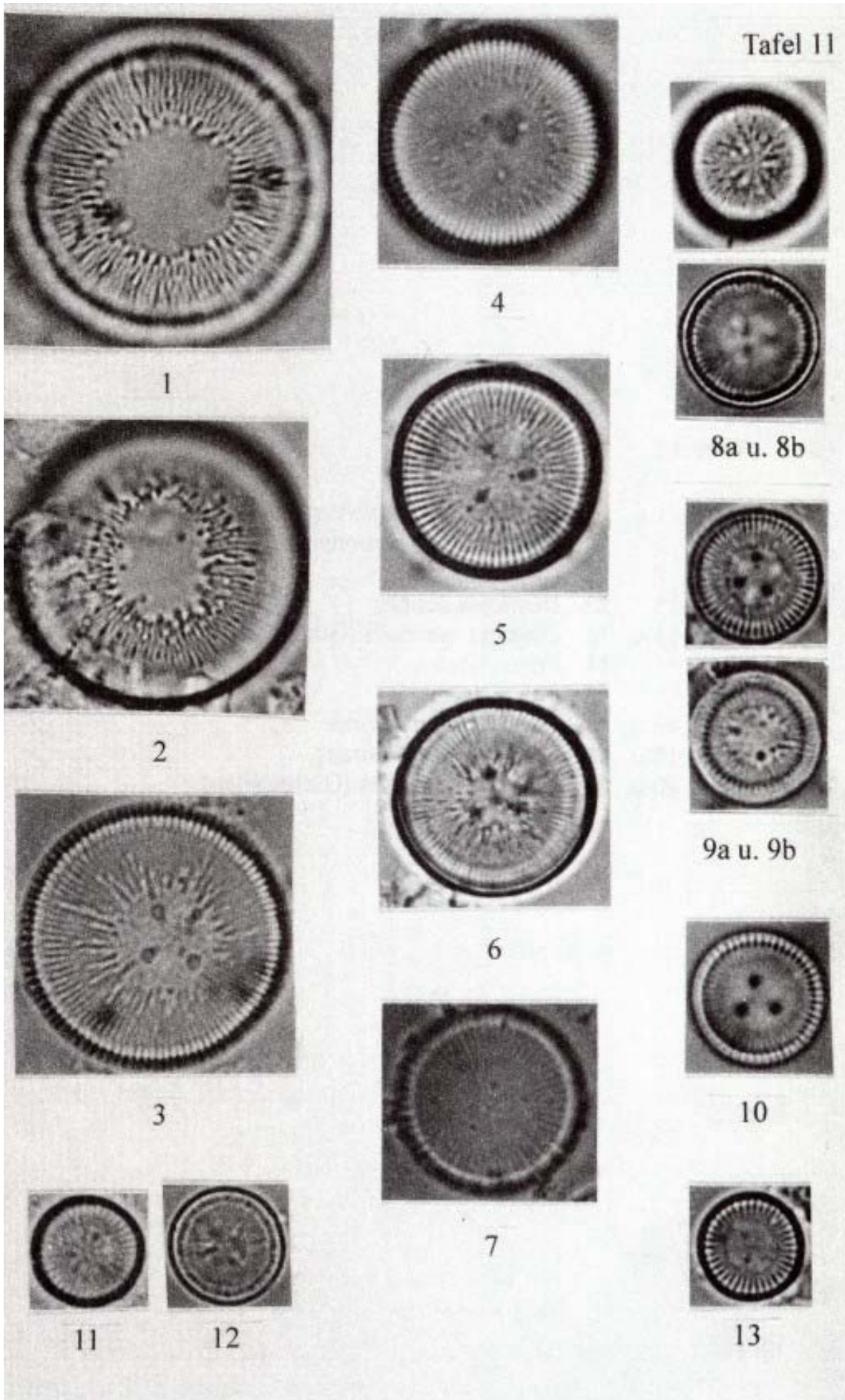


Tafel 11 (×1500)

Fig. 1 - 13 *Cyclotella ocellata*

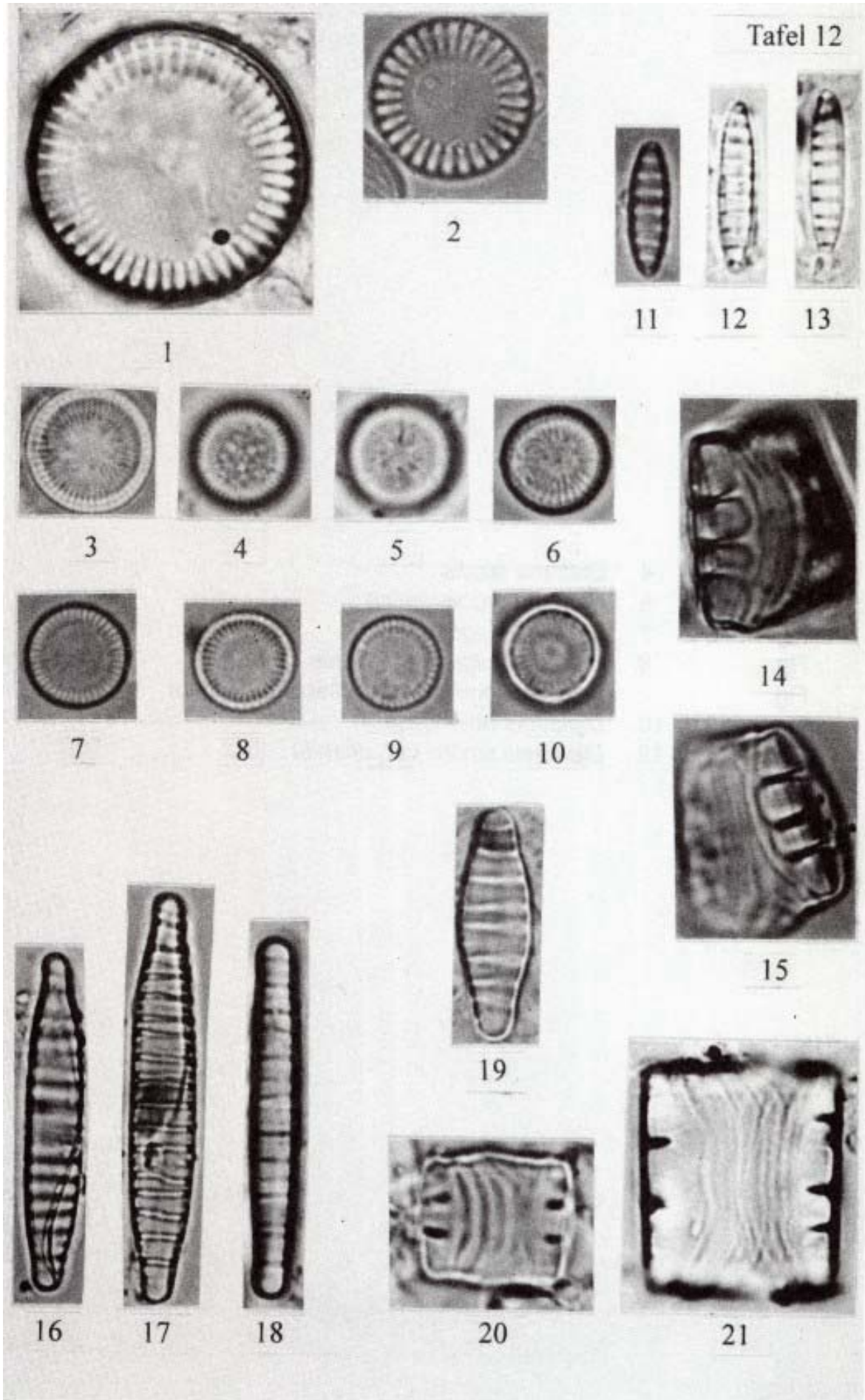
Fig. 1 u. 2 Erstlingszellen

Fig. 8 u. 9 die beiden Theken einer Zelle



Tafel 12 (×1500)

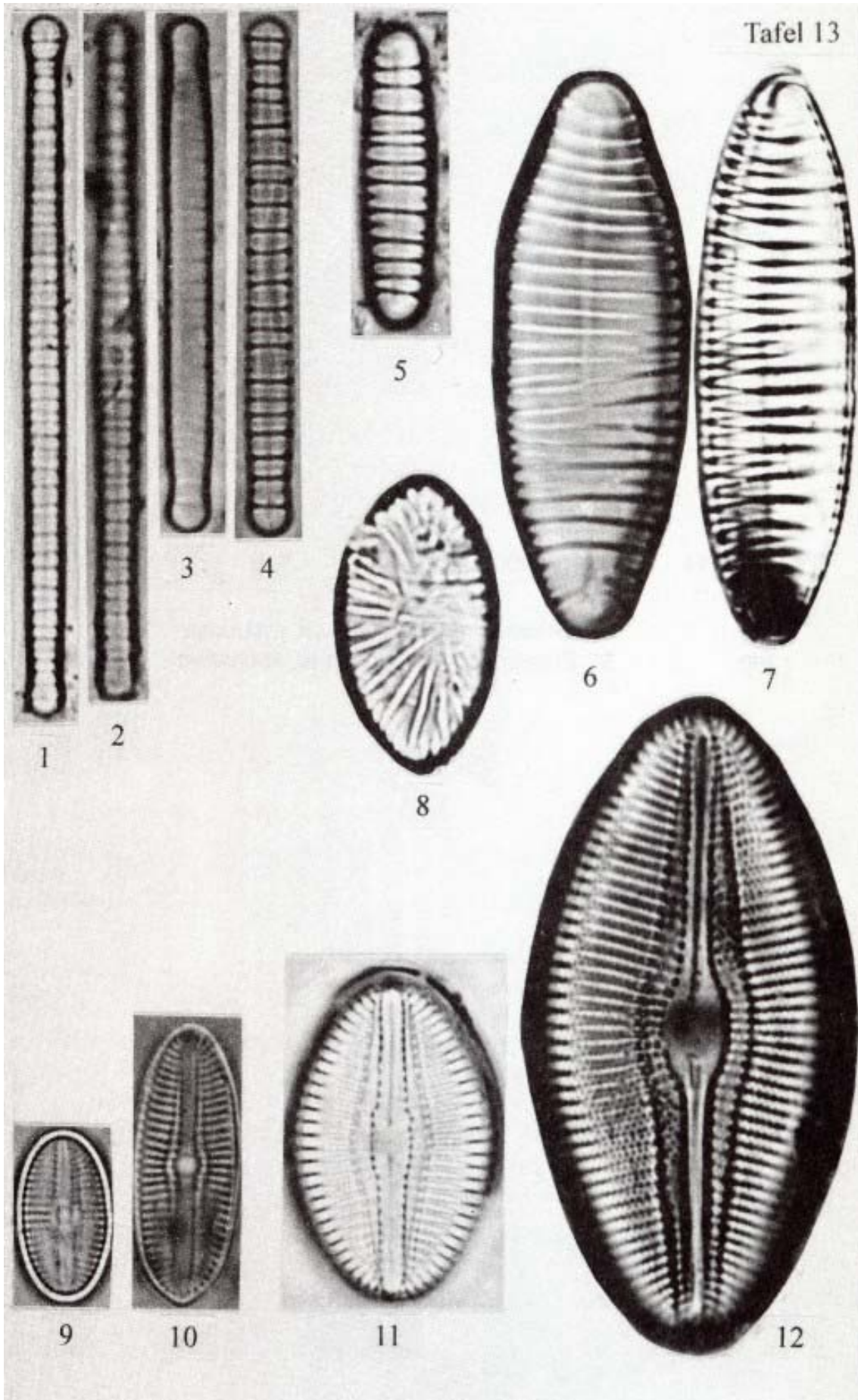
- Fig. 1 u. 2 *Cyclotella meneghiniana*
Fig. 3 - 6 *Cyclotella* aff. *comensis*
Fig. 7 - 10 *Cyclotella* spec.
Fig. 11 - 13 *Denticula subtilis*
Fig. 14 u. 15 *Diatoma hyemalis* (Gürtelseiten)
Fig. 14 Fokus hoch
Fig. 15 Fokus tief
Fig. 16 u. 17 *Diatoma moniliformis*
Fig. 18 u. 19 *Diatoma moniliformis?*
Fig. 20 u. 21 *Diatoma mesodon* (Gürtelseiten)



Tafel 13

(×1500)

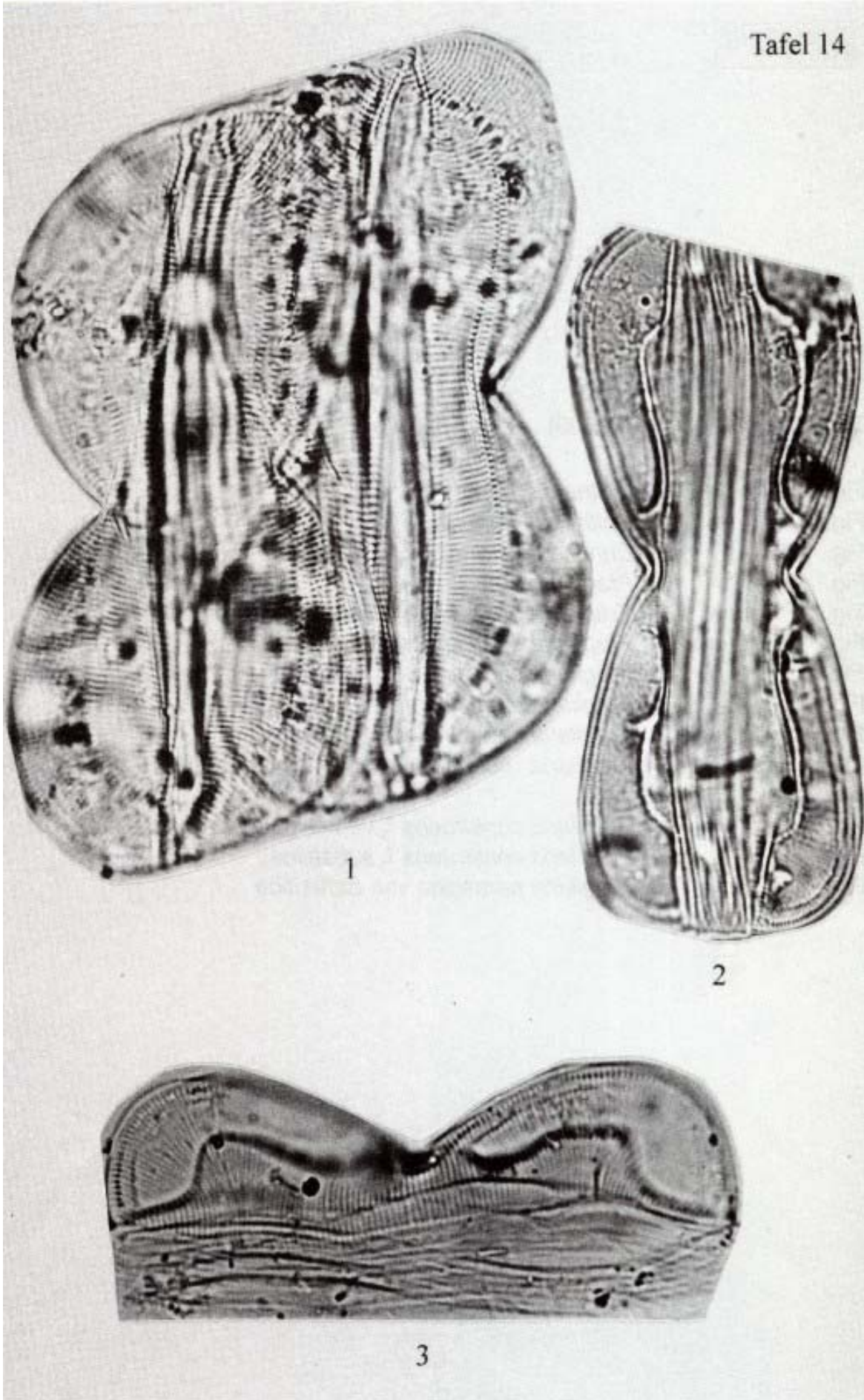
- | | | |
|------|----------|---|
| Fig. | 1 - 4 | <i>Diatoma tenuis</i> |
| Fig. | 5 | <i>Diatoma problematica</i> |
| Fig. | 6 u. 7 | <i>Diatoma vulgare</i> agg. |
| Fig. | 8 | <i>Diatoma vulgare</i> MT <i>ovalis</i> |
| Fig. | | mit teratologischer Oberflächen-Struktur |
| Fig. | 9 u. 10 | <i>Diploneis oblongella</i> |
| Fig. | 11 u. 12 | <i>Diploneis smithii</i> var. <i>dilatata</i> |



Tafel 14 (×1000)

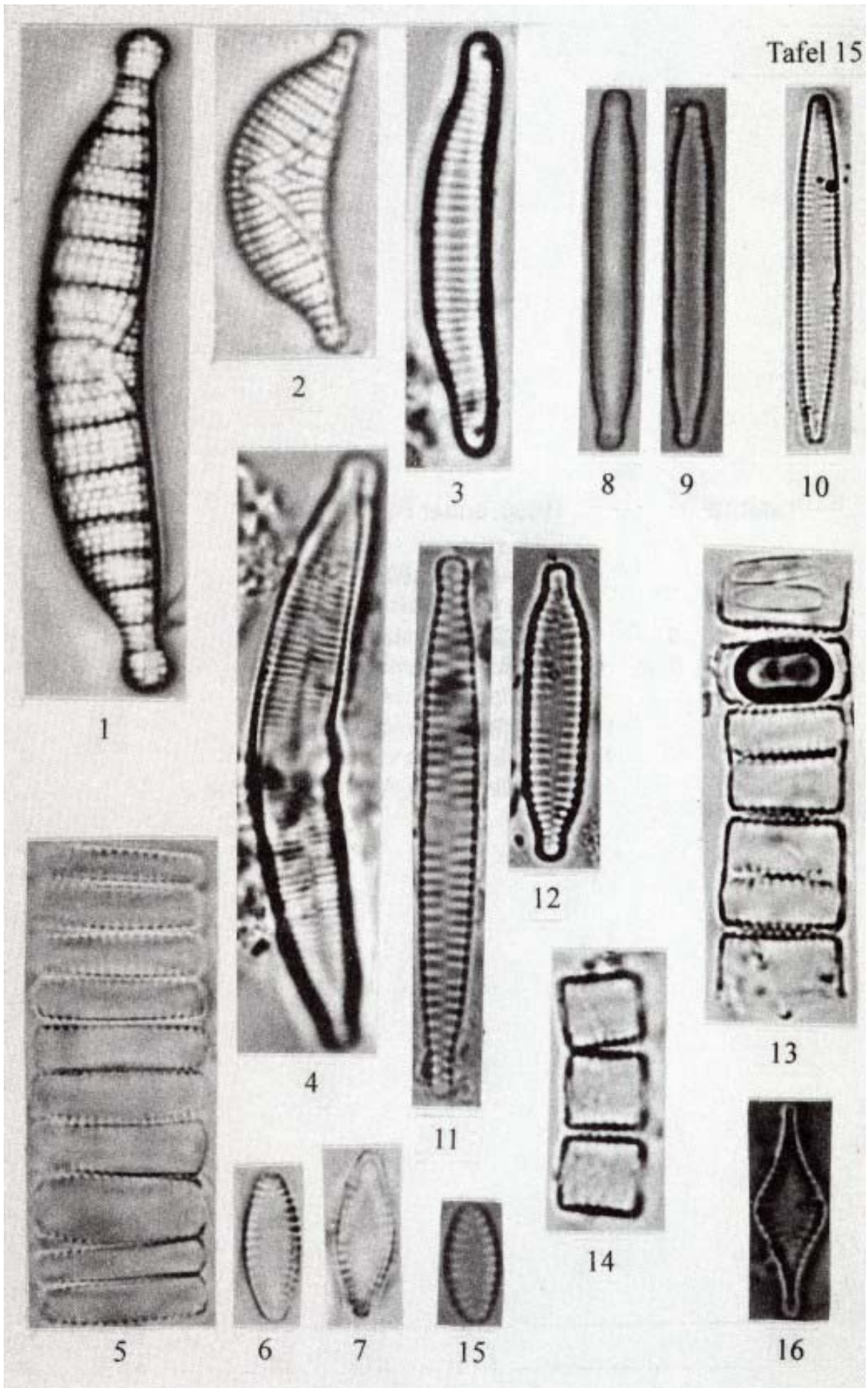
- Fig. 1 u. 2 *Entomoneis paludosa* var. *paludosa*
Fig. 3 *Entomoneis paludosa* var. *subsalina*

Tafel 14



Tafel 15 (×1500)

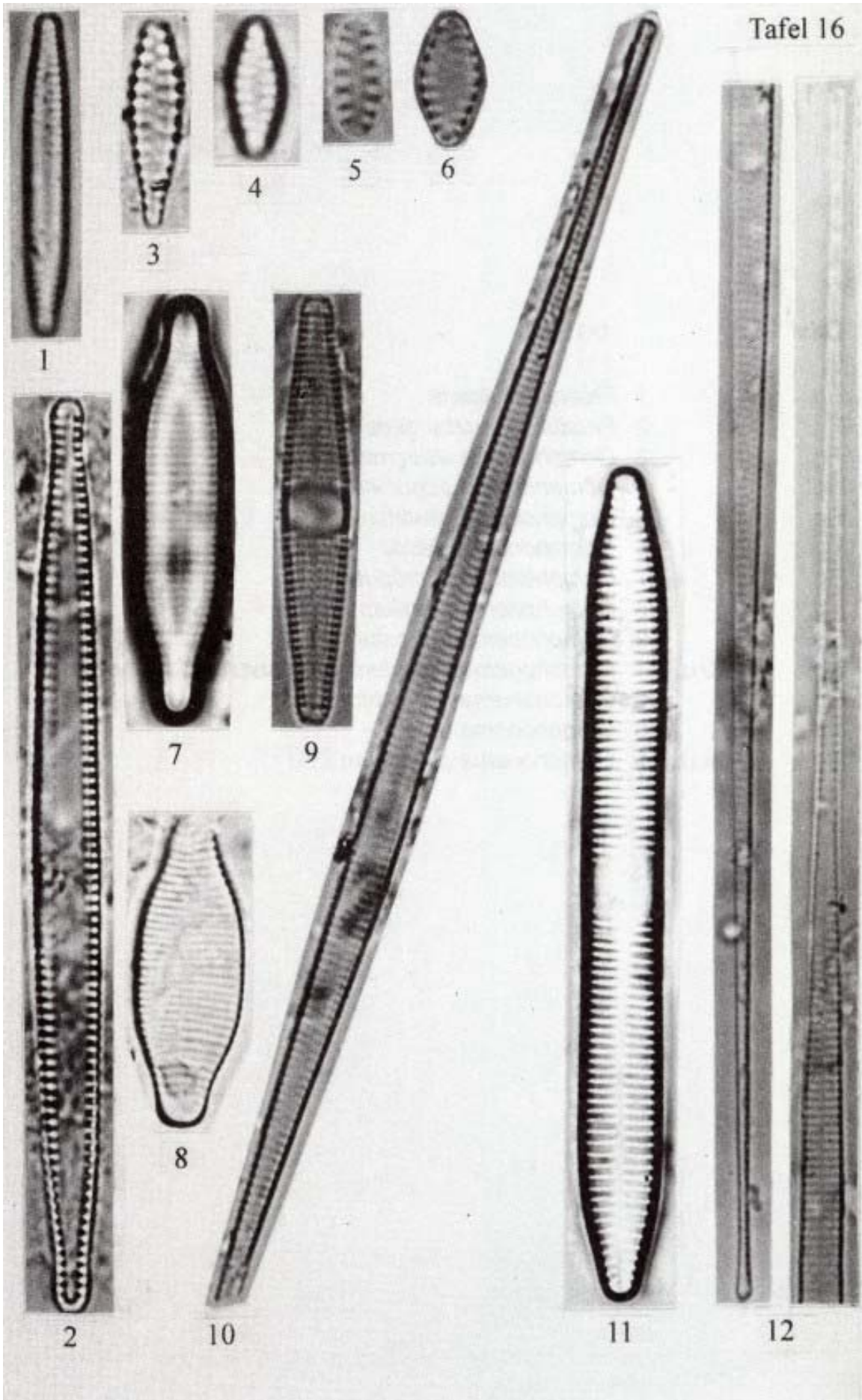
- Fig. 1 *Epithemia adnata*
Fig. 2 *Epithemia sorex*
Fig. 3 *Eunotia bilunaris*
Fig. 4 *Fragilaria arcus*
Fig. 5 *Fragilaria brevistriata* (Zellband, Gürtelansicht)
Fig. 6 u. 7 *Fragilaria brevistriata* (Schalenansicht)
Fig. 8 u. 9 *Fragilaria capucina* var. *mesolepta*
Fig. 10 *Fragilaria capucina* var. *rumpens*
Fig. 11 u. 12 *Fragilaria capucina* var. *vaucheria*
Fig. 13 *Fragilaria construens* var. *construens* (Gürtelbandansicht)
Fig. 14 *Fragilaria construens* f. *venter* (Gürtelbandansicht)
Fig. 15 *Fragilaria construens* f. *subsalina*
Fig. 16 *Fragilaria parasitica* var. *parasitica*



Tafel 16

(1500, außer Fig. 11 ×1000)

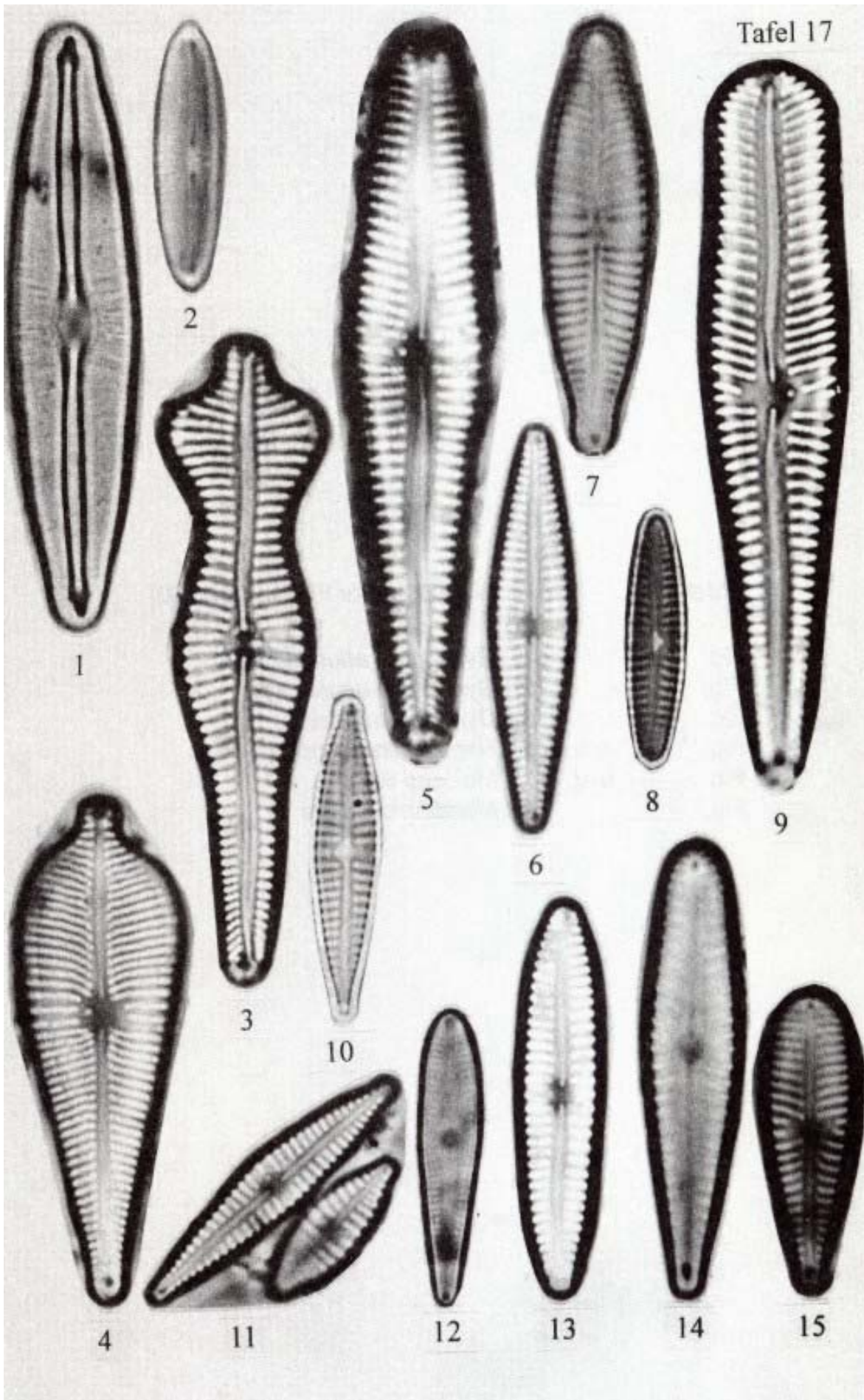
- | | | |
|------|--------|---|
| Fig. | 1 | <i>Fragilaria famelica</i> |
| Fig. | 2 | <i>Fragilaria fasciculata</i> |
| Fig. | 3 - 6 | <i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i> |
| Fig. | 7 u. 8 | <i>Fragilaria virescens</i> |
| Fig. | 9 | <i>Fragilaria pulchella</i> |
| Fig. | 10 | <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i> |
| Fig. | 11 | <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>ulna</i> |
| Fig. | 12 | <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>angustissima</i> |



Tafel 17

(×1500)

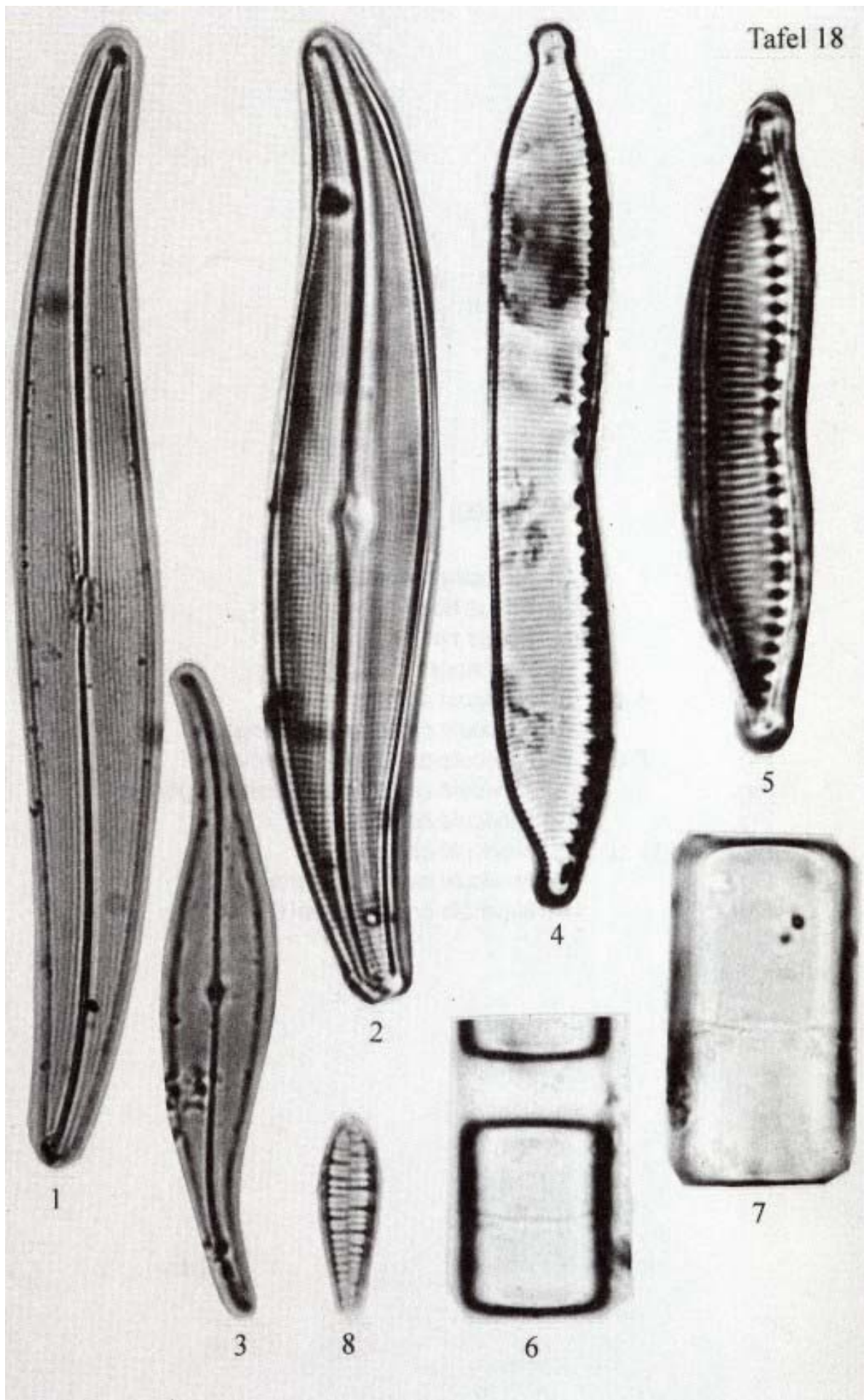
- Fig. 1 *Frustulia vulgaris*
Fig. 2 *Frustulia creuzburgensis*
Fig. 3 *Gomphonema acuminatum*
Fig. 4 *Gomphonema augur* var. *augur*
Fig. 5 *Gomphonema clavatum*
Fig. 6 *Gomphonema gracile*
Fig. 7 *Gomphonema micropus*
Fig. 8 *Gomphonema pumilum*
Fig. 9 *Gomphonema truncatum*
Fig. 10 u. 11 *Gomphonema parvulum* var. *parvulum* f. *parvulum*
Fig. 12 *Gomphonema lingulatifforme*
Fig. 13 *Gomphonema utae*
Fig. 14 u. 15 *Gomphonema olivaceum*



Tafel 18

(×1500, außer Fig. 1 u. 3 ×600)

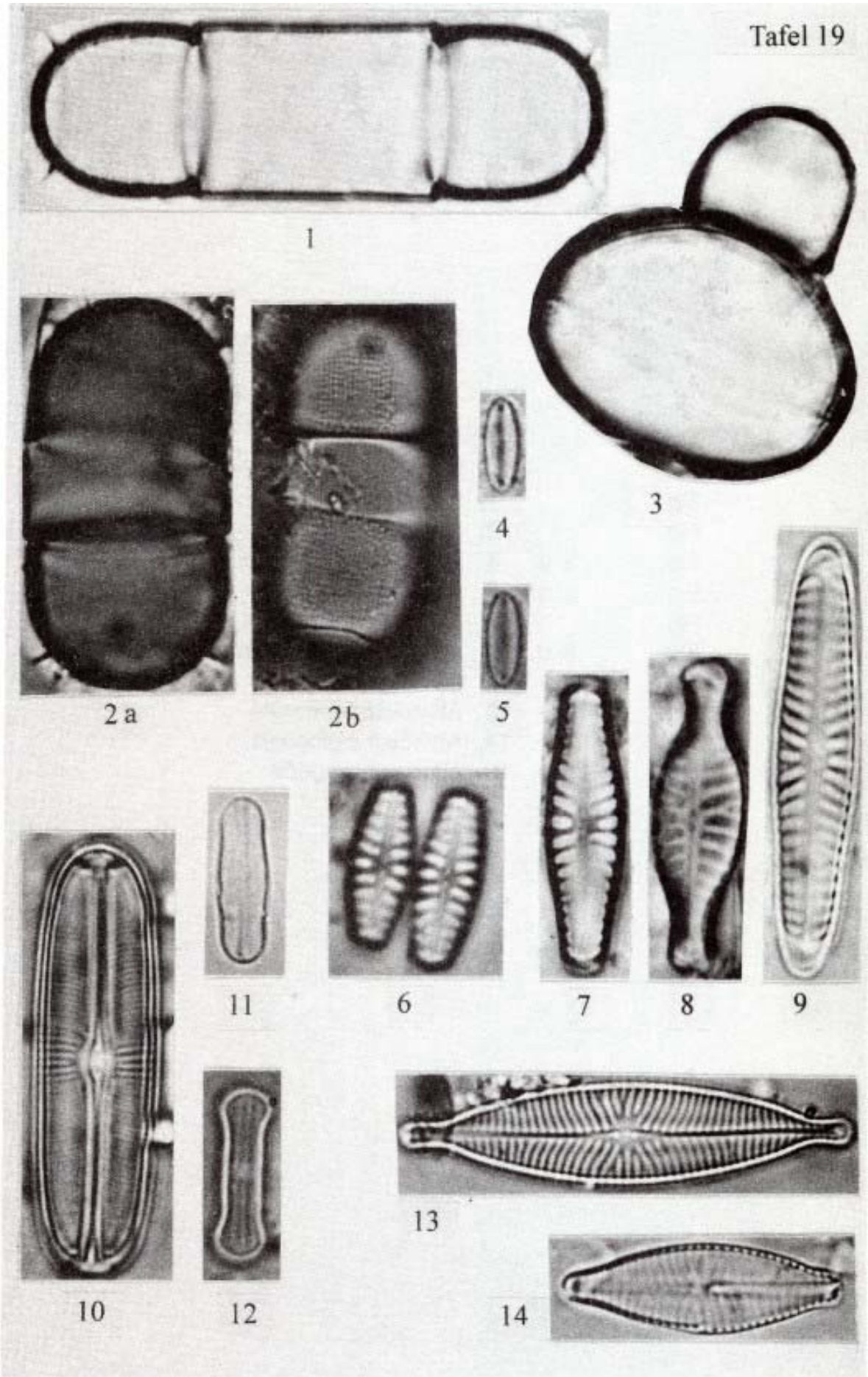
- | | | | |
|------|------|---|-----------------------------|
| Fig. | | 1 | <i>Gyrosigma attenuatum</i> |
| Fig. | | 2 | <i>Gyrosigma acuminatum</i> |
| Fig. | | 3 | <i>Gyrosigma parkeri</i> |
| Fig. | 4 u. | 5 | <i>Hantzschia abundans</i> |
| Fig. | 6 u. | 7 | <i>Melosira varians</i> |
| Fig. | | 8 | <i>Meridion circulare</i> |



Tafel 19

(×1500)

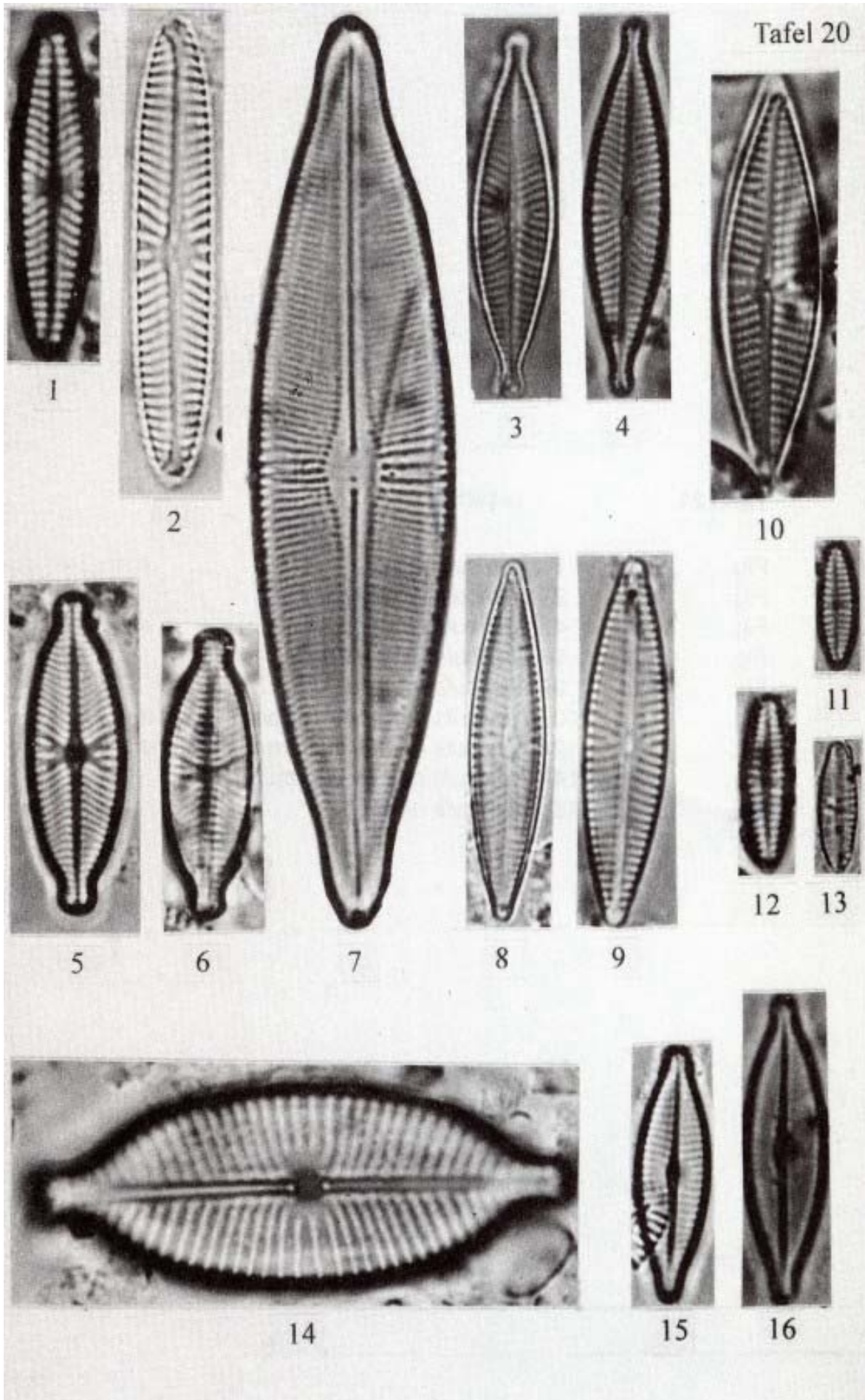
- | | | |
|------|----------|---|
| Fig. | 1 - 3 | <i>Melosira nummuloides</i> |
| Fig. | 2a | Fokus hoch |
| Fig. | 2b | Fokus tief |
| Fig. | 3 | Auxospore |
| Fig. | 4 u. 5 | <i>Navicula atomus</i> |
| Fig. | 6 | <i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> |
| Fig. | 7 u. 8 | <i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> |
| Fig. | 9 | <i>Navicula capitata</i> var. <i>lueneburgensis</i> |
| Fig. | 10 | <i>Navicula bacillum</i> |
| Fig. | 11 u. 12 | <i>Navicula contenta</i> |
| Fig. | 13 | <i>Navicula capitatoradiata</i> |
| Fig. | 14 | <i>Navicula cryptocephala</i> |



Tafel 20

(×1500)

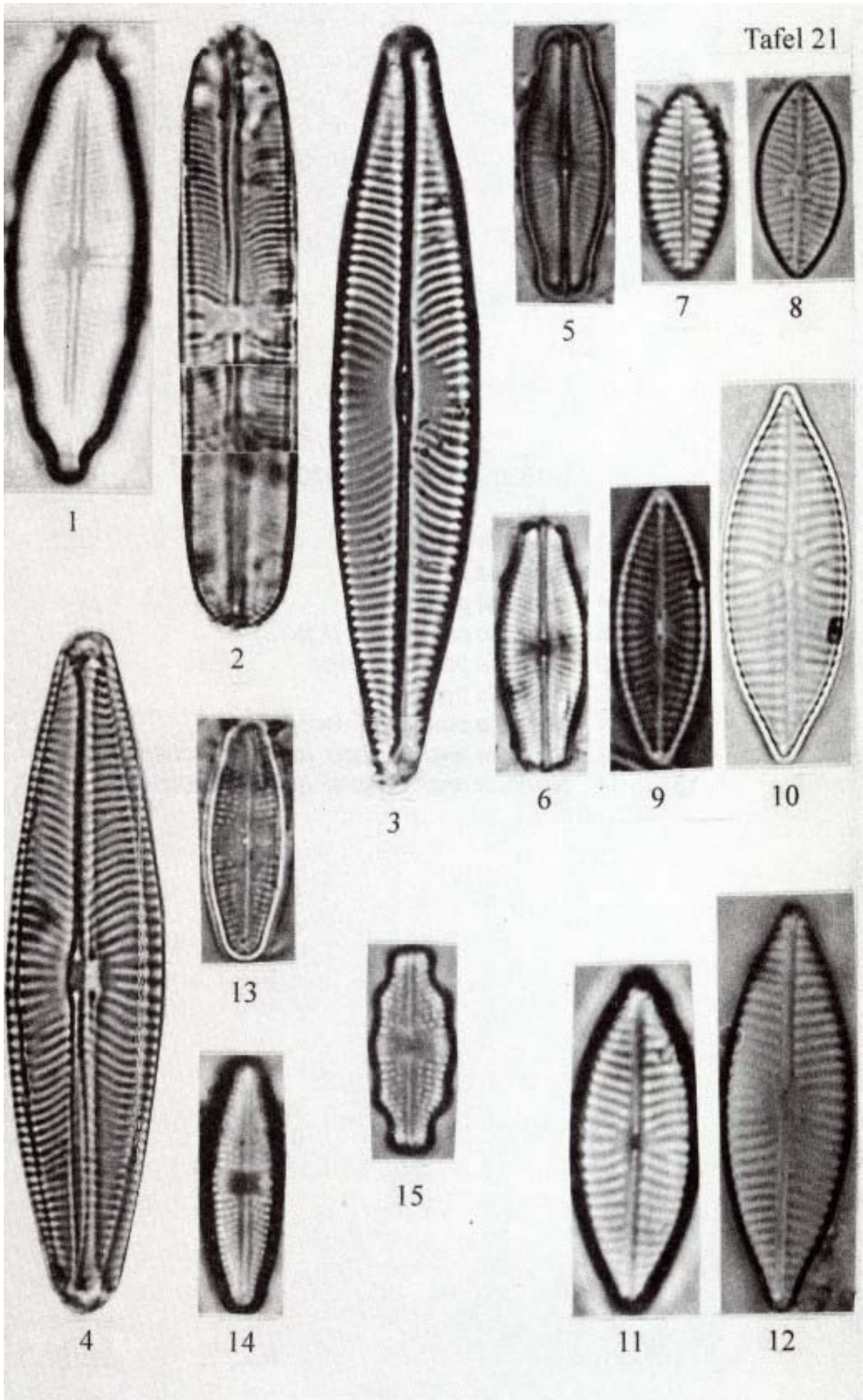
Fig.		1	<i>Navicula cari</i>
Fig.		2	<i>Navicula cincta</i>
Fig.	3 u.	4	<i>Navicula cryptofallax</i>
Fig.	5 u.	6	<i>Navicula decussis</i>
Fig.		7	<i>Navicula crucicula</i>
Fig.	8 u.	9	<i>Navicula cryptotenella</i>
Fig.		10	<i>Navicula eidrigiana</i>
Fig.	11 -	13	<i>Navicula perminuta</i>
Fig.		14	<i>Navicula elginensis</i>
Fig.	15 u.	16	<i>Navicula gregaria</i>



Tafel 21

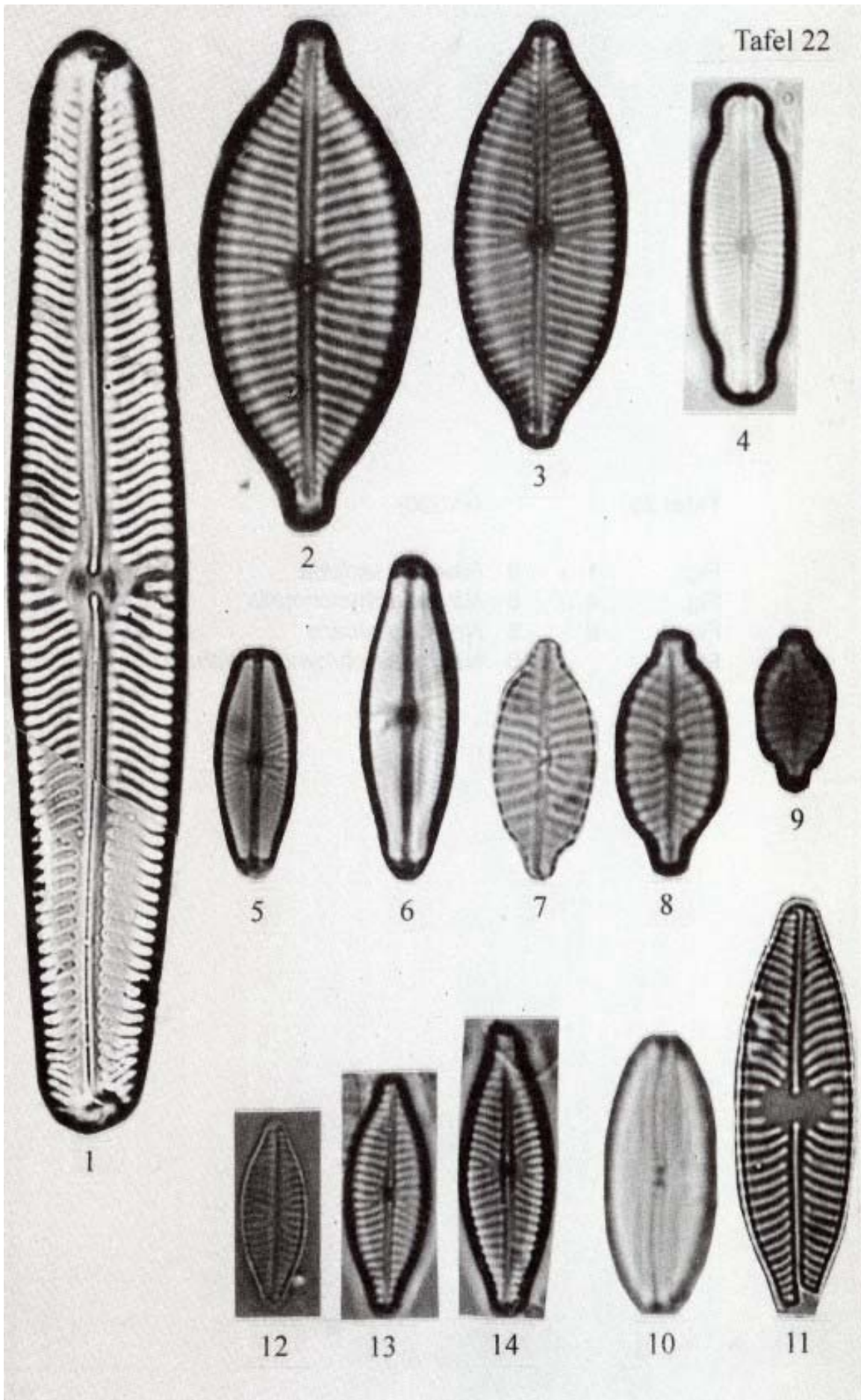
(×1500)

- | | | | |
|------|-------|----|--|
| Fig. | | 1 | <i>Navicula integra</i> |
| Fig. | | 2 | <i>Navicula laevissima</i> |
| Fig. | 3 u. | 4 | <i>Navicula lanceolata</i> |
| Fig. | 5 u. | 6 | <i>Navicula laterostrata</i> |
| Fig. | 7 - | 9 | <i>Navicula menisculus</i> var. <i>grunowii</i> |
| Fig. | | 10 | <i>Navicula menisculus</i> var. <i>menisculus</i> |
| Fig. | 11 u. | 12 | <i>Navicula menisculus</i> var. <i>upsaliensis</i> |
| Fig. | 13 u. | 14 | <i>Navicula mutica</i> var. <i>mutica</i> |
| Fig. | | 15 | <i>Navicula nivalis</i> |



Tafel 22 (×1500, außer Fig. 1 ×1000)

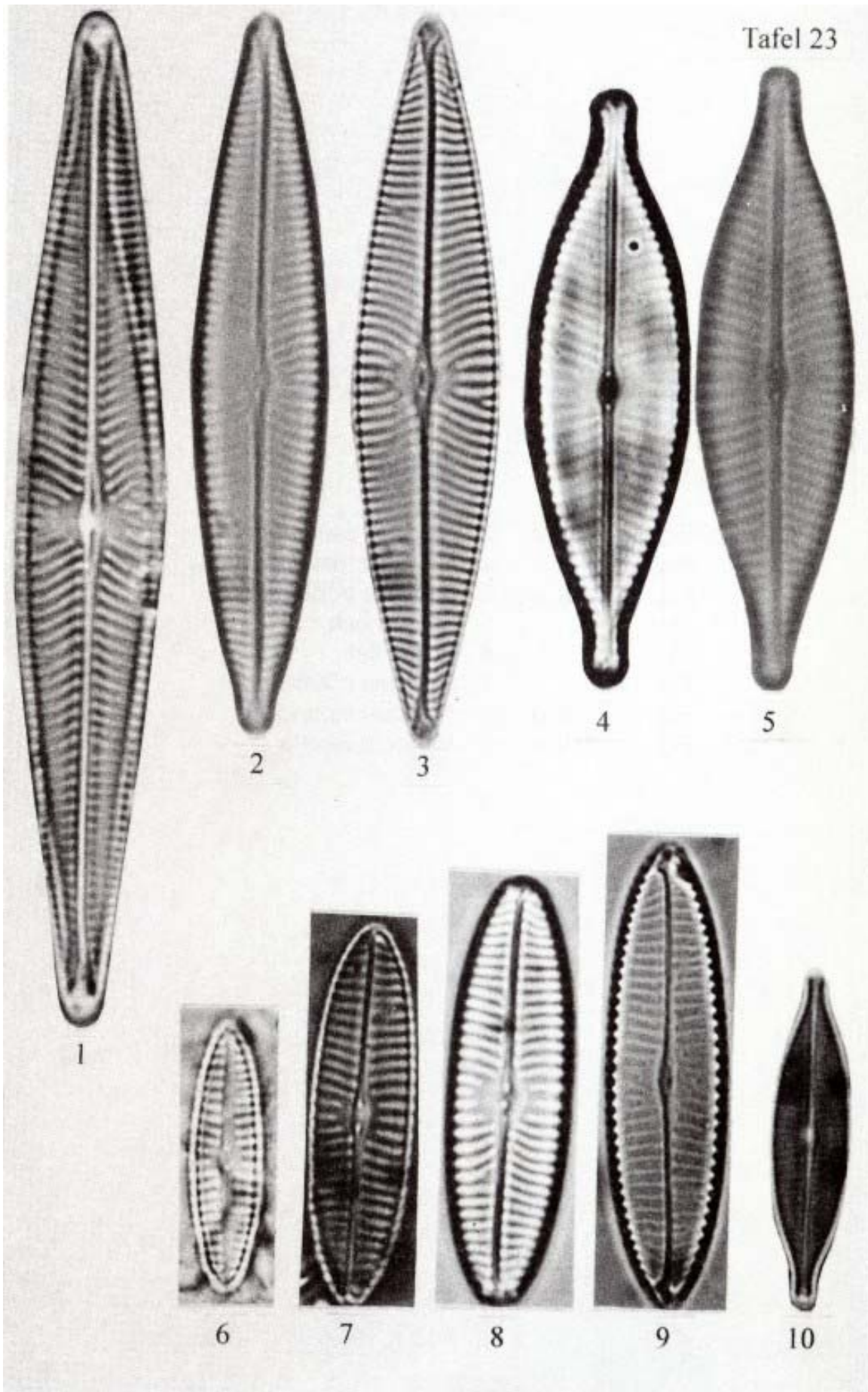
Fig.		1	<i>Navicula oblonga</i>
Fig.	2 u.	3	<i>Navicula placentula</i>
Fig.		4	<i>Navicula protracta</i>
Fig.	5 u.	6	<i>Navicula pupula</i> var. <i>pupula</i>
Fig.	7 -	9	<i>Navicula pseudangelica</i>
Fig.		10	<i>Navicula pygmaea</i>
Fig.		11	<i>Navicula pusilla</i> var. <i>incognita</i>
Fig.		12	<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i>
Fig.	13 u.	14	<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i> ?



Tafel 23

(×1500)

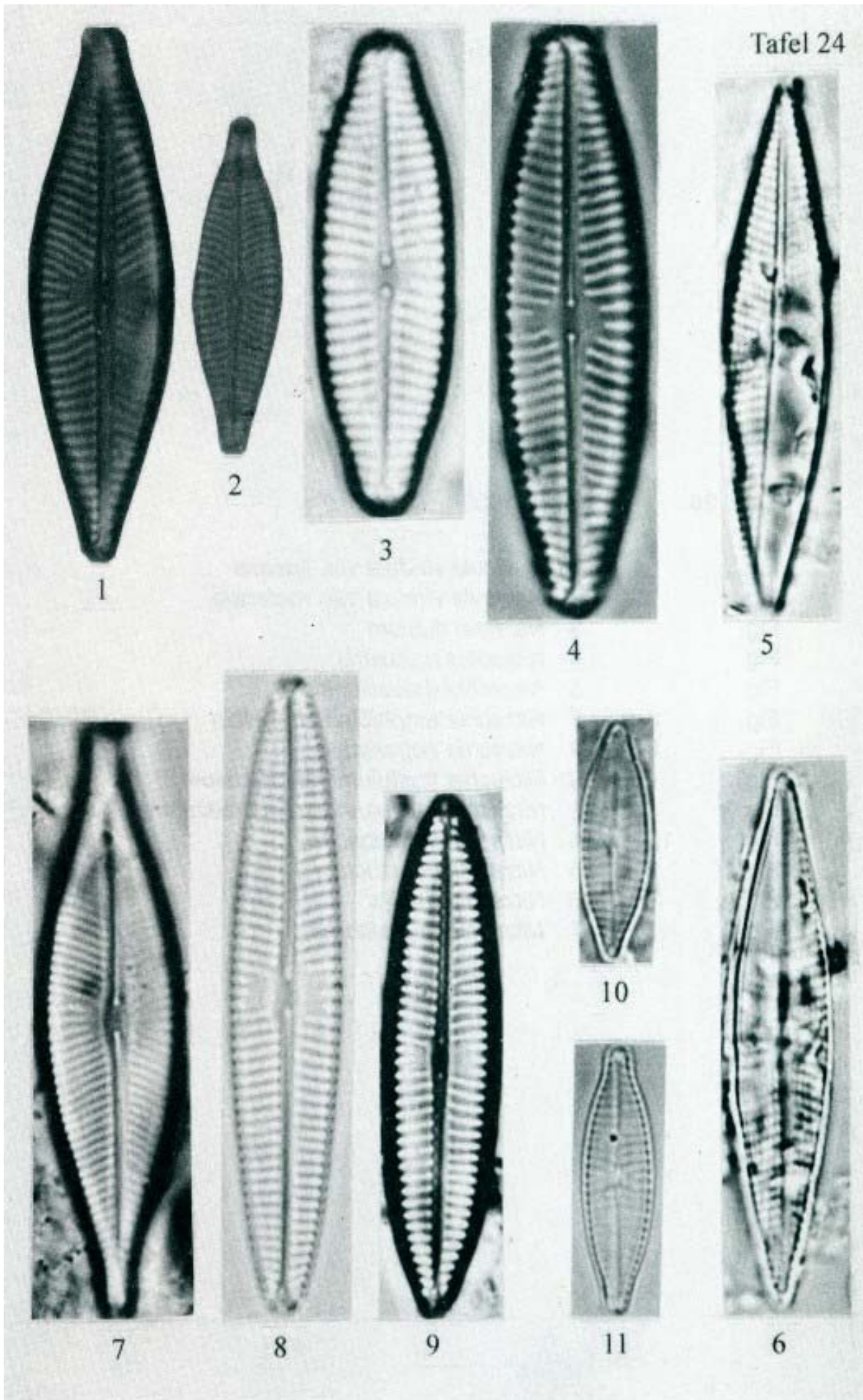
- | | | |
|------|--------|-----------------------------------|
| Fig. | 1 - 3 | <i>Navicula radiosa</i> |
| Fig. | 4 u. 5 | <i>Navicula rhynchotella</i> |
| Fig. | 6 - 9 | <i>Navicula recens</i> |
| Fig. | 10 | <i>Navicula subrhynchocephala</i> |



Tafel 24

(×1500)

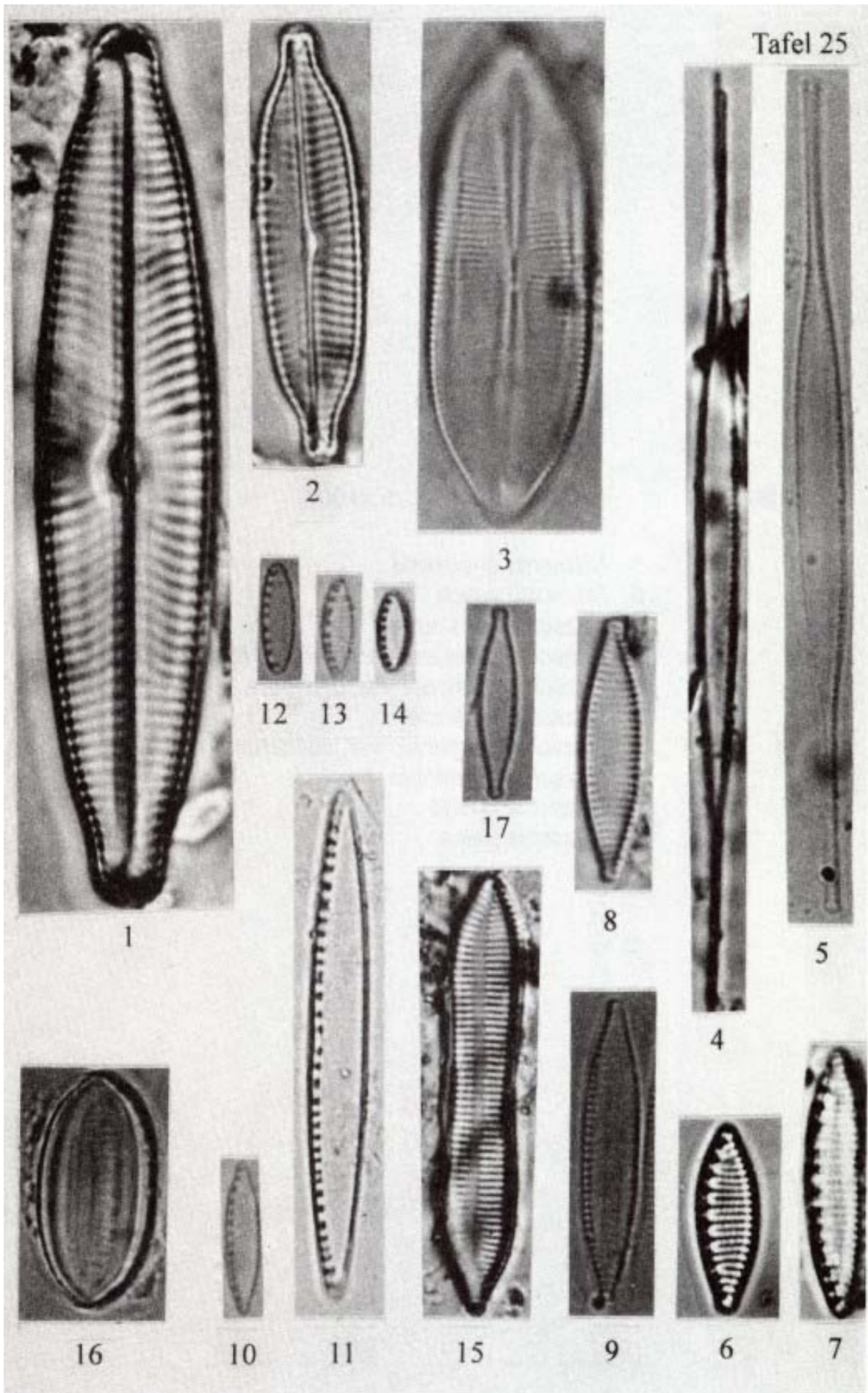
Fig.	1 u.	2	<i>Navicula salinarum</i> ?
Fig.	3 u.	4	<i>Navicula slesvicensis</i>
Fig.	5 u.	6	<i>Navicula trophicatrix</i>
Fig.		5	Fokus hoch
Fig.		6	Fokus tief
Fig.		7	<i>Navicula trivialis</i>
Fig.	8 u.	9	<i>Navicula tripunctata</i>
Fig.	10 u.	11	<i>Navicula veneta</i>



Tafel 25

(×1500)

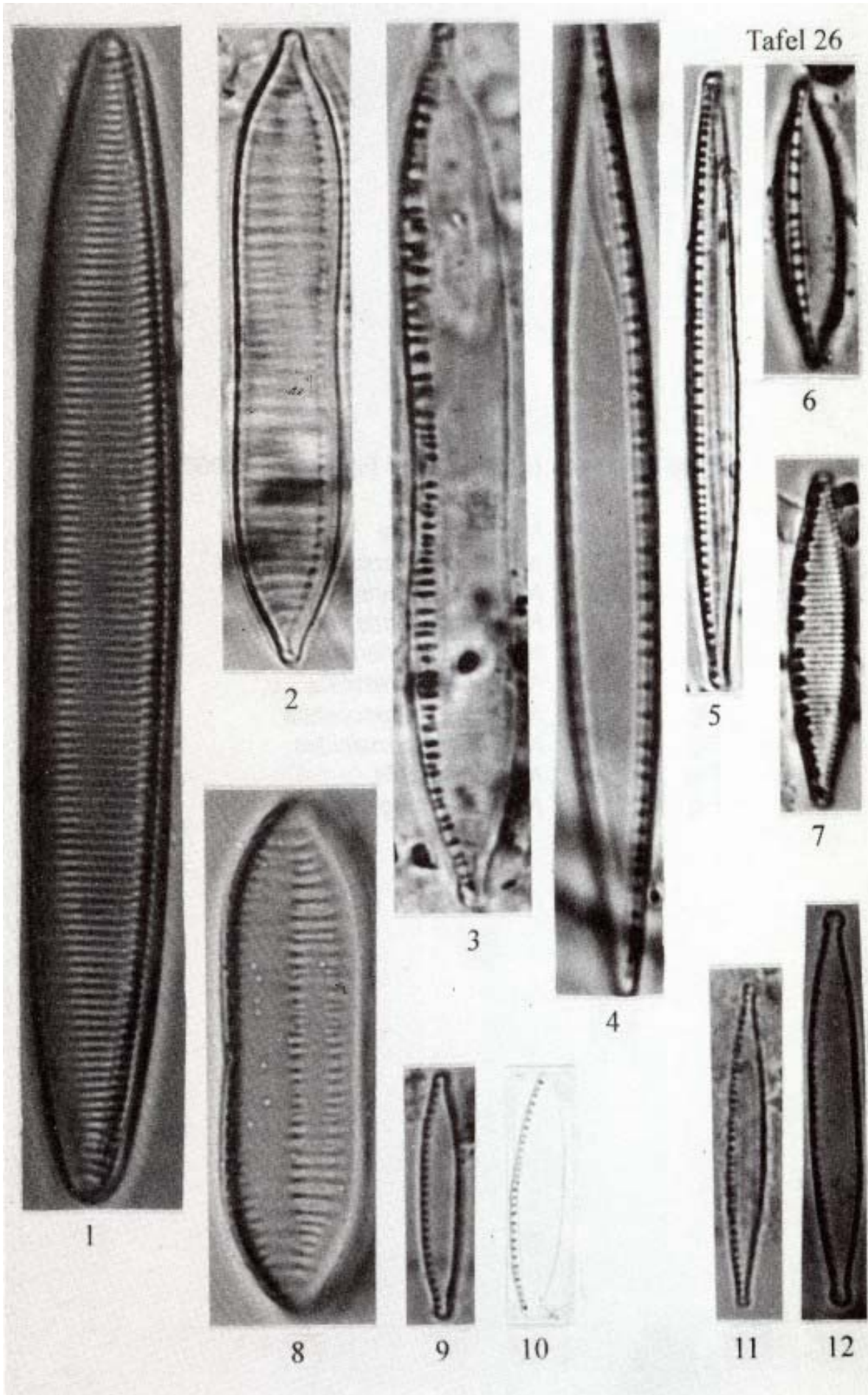
- | | | |
|------|------|---|
| Fig. | 1 | <i>Navicula viridula</i> var. <i>linearis</i> |
| Fig. | 2 | <i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> |
| Fig. | 3 | <i>Neidium dubium</i> |
| Fig. | 4 | <i>Nitzschia acicularis</i> |
| Fig. | 5 | <i>Nitzschia draveillensis</i> |
| Fig. | 6 u. | 7 <i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>amphibia</i> |
| Fig. | 8 u. | 9 <i>Nitzschia angustatula</i> |
| Fig. | 10 | <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i> |
| Fig. | 11 | <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>bulnheimiana</i> |
| Fig. | 12 - | 14 <i>Nitzschia inconspicua</i> |
| Fig. | 15 | <i>Nitzschia constricta</i> |
| Fig. | 16 | <i>Nitzschia debilis</i> |
| Fig. | 17 | <i>Nitzschia supralitorea</i> |



**Tafel
26**

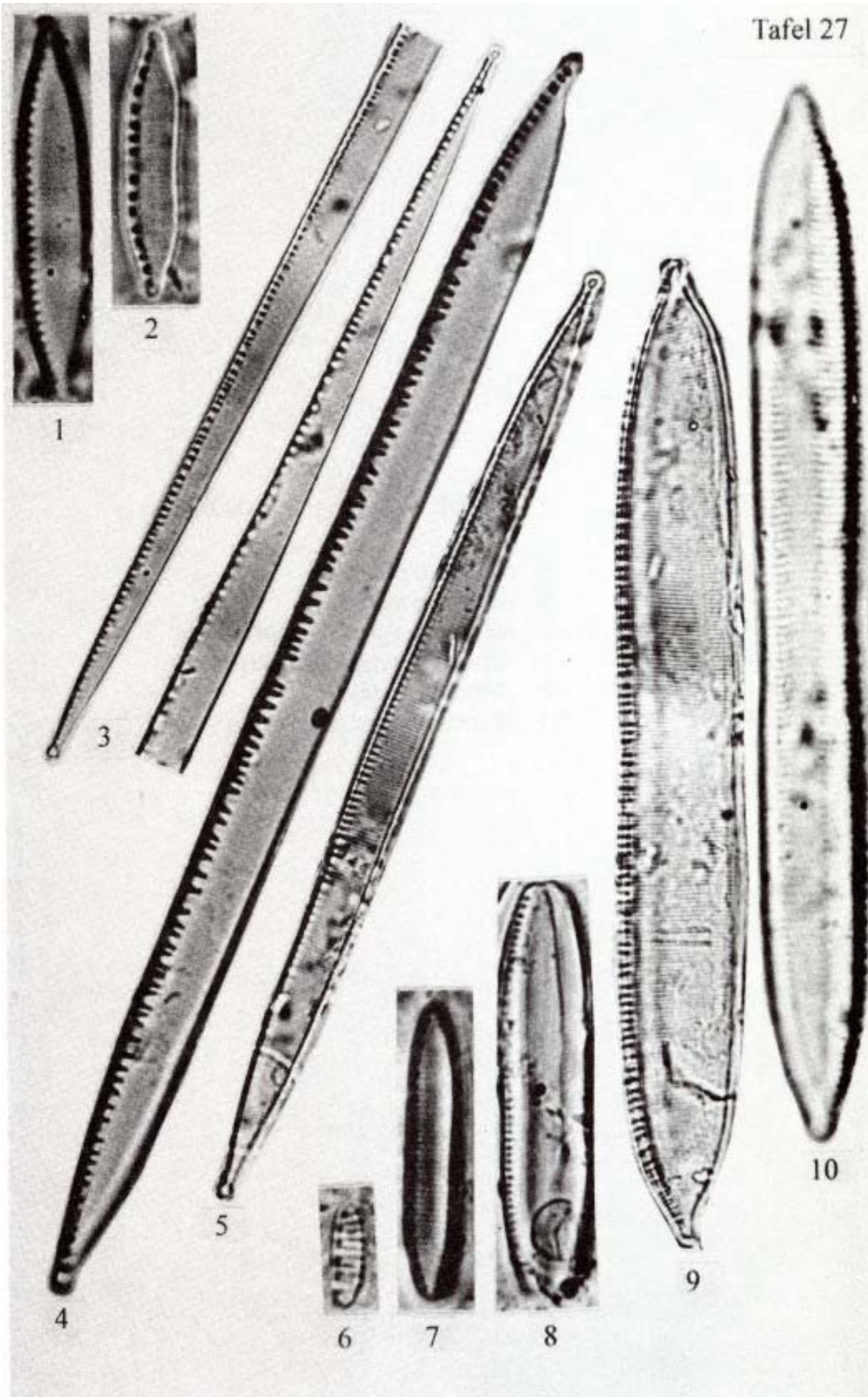
(×1500, außer Fig. 5 ×1000)

- | | | |
|------|-------|---|
| Fig. | 1 | <i>Nitzschia angustata</i> |
| Fig. | 2 | <i>Nitzschia calida</i> |
| Fig. | 3 | <i>Nitzschia commutata</i> |
| Fig. | 4 u. | 5 <i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i> ? <i>Nitzschia recta</i> ? |
| Fig. | 6 | <i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i> |
| Fig. | 7 | <i>Nitzschia fonticola</i> |
| Fig. | 8 | <i>Nitzschia levidensis</i> var. <i>salinarum</i> |
| Fig. | 9 | <i>Nitzschia perminuta</i> |
| Fig. | 10 | <i>Nitzschia pusilla</i> |
| Fig. | 11 u. | 12 <i>Nitzschia palea</i> |



Tafel 27 (×1500, außer Fig. 3, 5, 9 ×1000)

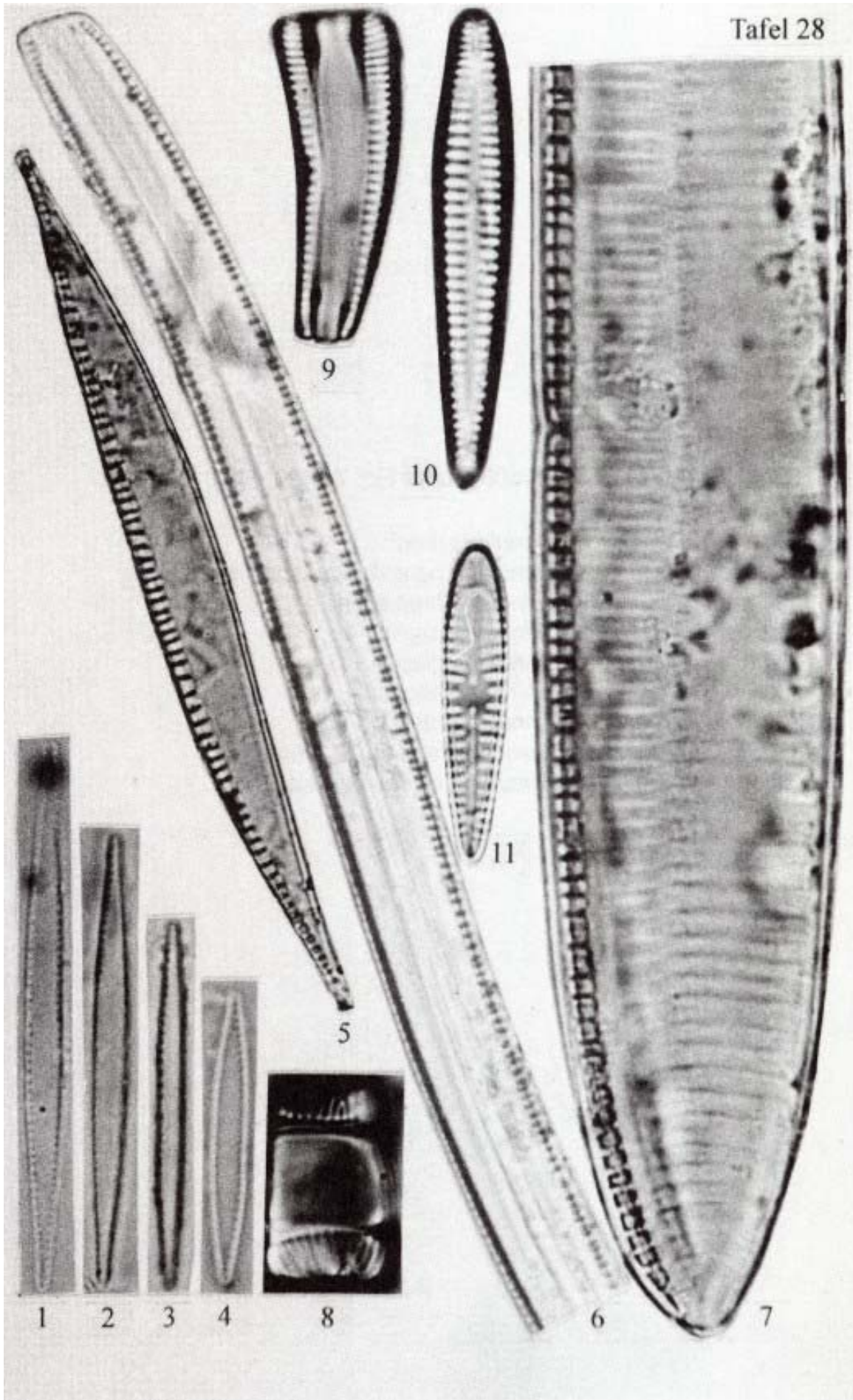
Fig.	1	<i>Nitzschia solita</i>
Fig.	2	<i>Nitzschia tubicola</i>
Fig.	3	<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>subtilis</i>
Fig.	4	<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>linearis</i>
Fig.	5	<i>Nitzschia heufleriana</i>
Fig.	6	<i>Nitzschia valdestriata</i>
Fig.	7	<i>Nitzschia valdescostata</i>
Fig.	8	<i>Nitzschia thermaloides</i>
Fig.	9	<i>Nitzschia dubia</i>
Fig.	10	<i>Nitzschia hungarica</i>



Tafel 28

(×1500, außer Fig. 6 ×1000)

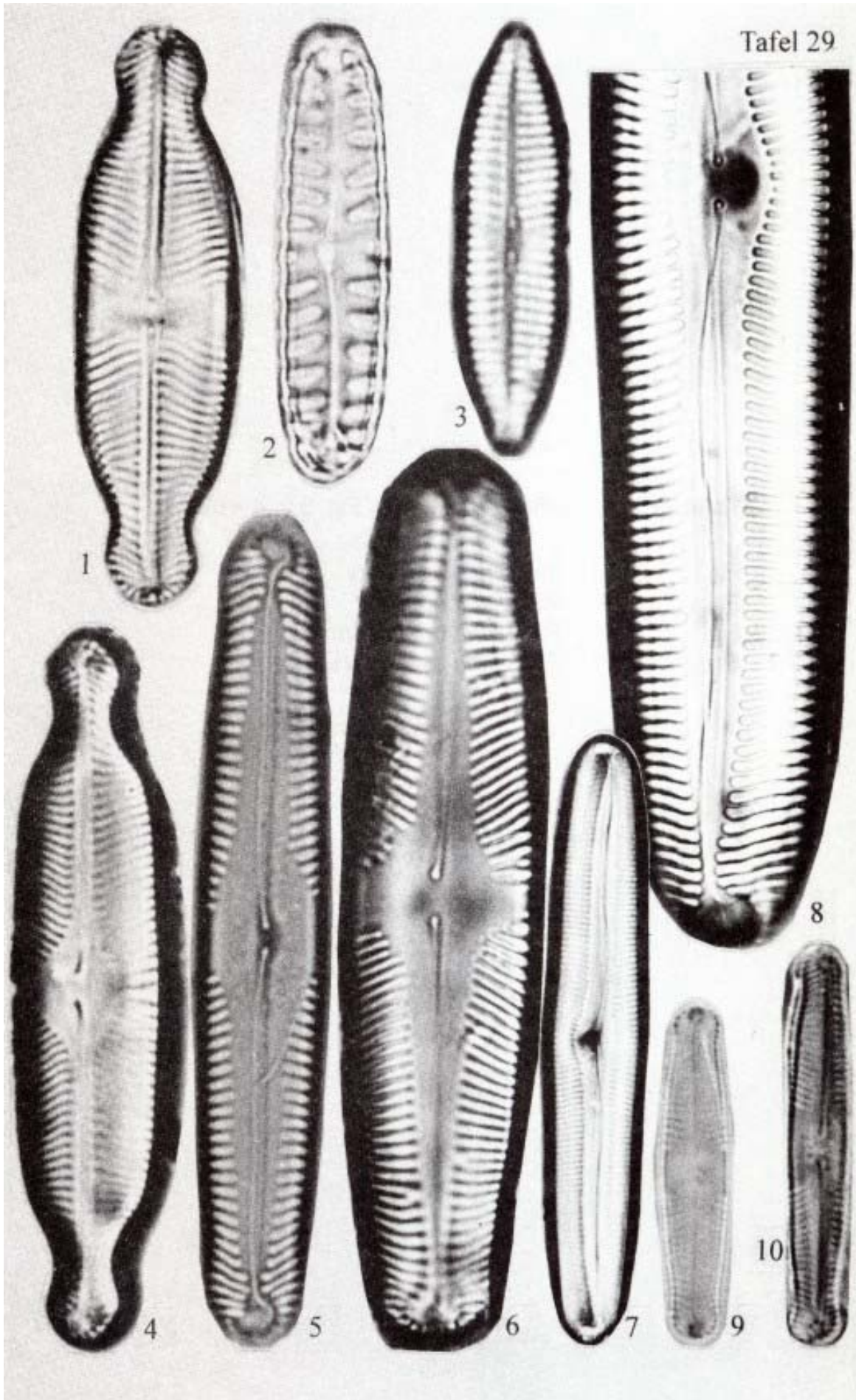
- | | | |
|------|--------|---|
| Fig. | 1 - 4 | <i>Nitzschia paleacea</i> |
| Fig. | 5 | <i>Nitzschia sigma</i> |
| Fig. | 6 | <i>Nitzschia sigmoidea</i> (Abschnitt) |
| Fig. | 7 | <i>Nitzschia tryblionella</i> (Abschnitt) |
| Fig. | 8 | <i>Orthoseira</i> spec. |
| Fig. | 9 - 11 | <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> |



Tafel 29

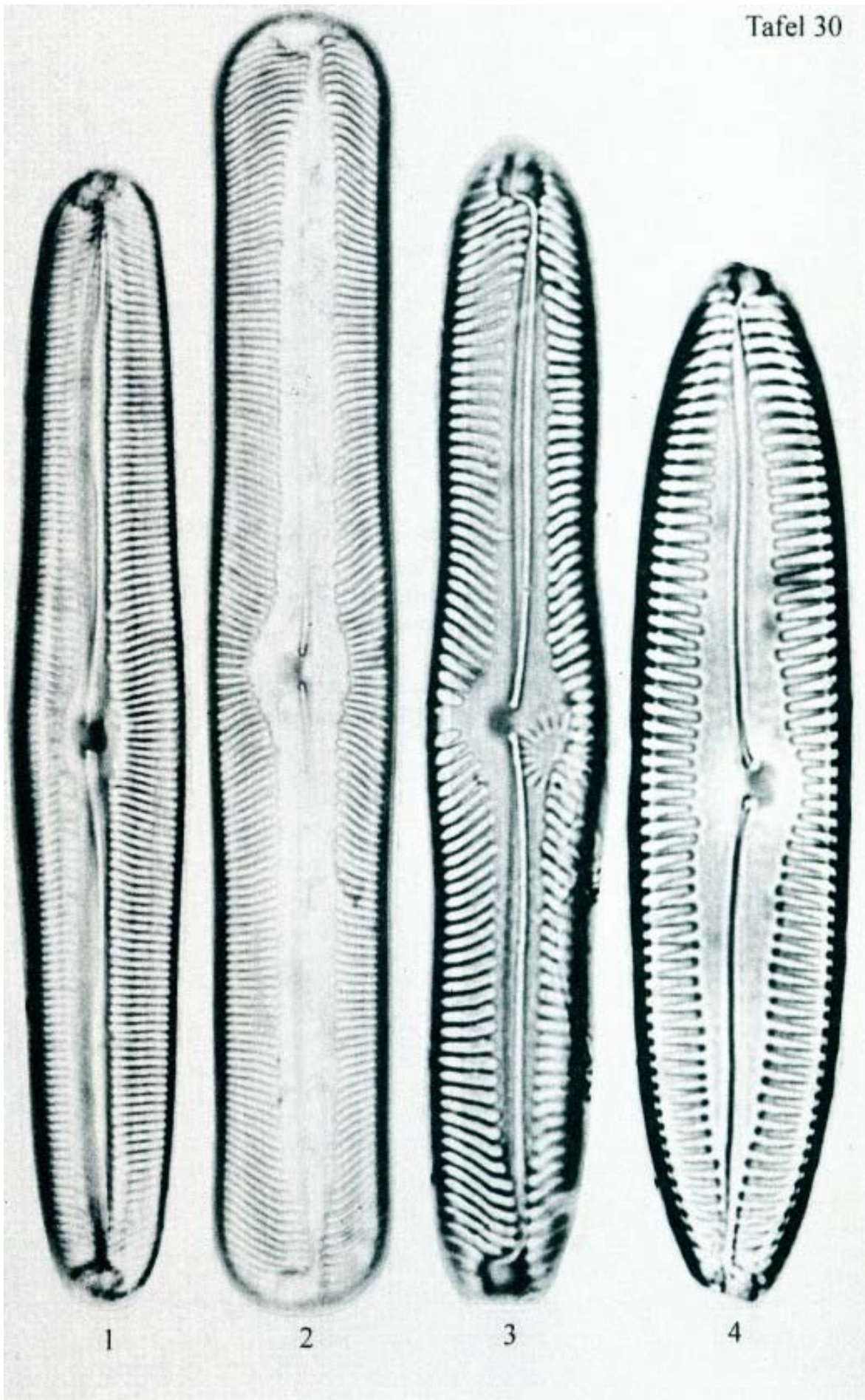
(×1500, außer Fig. 7 ×400, Fig 8 ×1000)

- | | | |
|------|---------|---|
| Fig. | 1 | <i>Pinnularia lundii</i> |
| Fig. | 2 | <i>Pinnularia borealis</i> var. <i>scalaris</i> |
| Fig. | 3 | <i>Pinnularia brebissonii</i> |
| Fig. | 4 | <i>Pinnularia anglica</i> |
| Fig. | 5 | <i>Pinnularia gibba</i> |
| Fig. | 6 | <i>Pinnularia microstauron</i> |
| Fig. | 7 u. | 8 <i>Pinnularia mesogongila</i> |
| Fig. | 8 | Ausschnitt von Fig. 7 (vergr.) |
| Fig. | 9 u. 10 | <i>Pinnularia</i> cf. <i>subcapitata</i> |



Tafel 30 (Fig. 1 u. 2 × 600, Fig. 3 u. 4 × 1500)

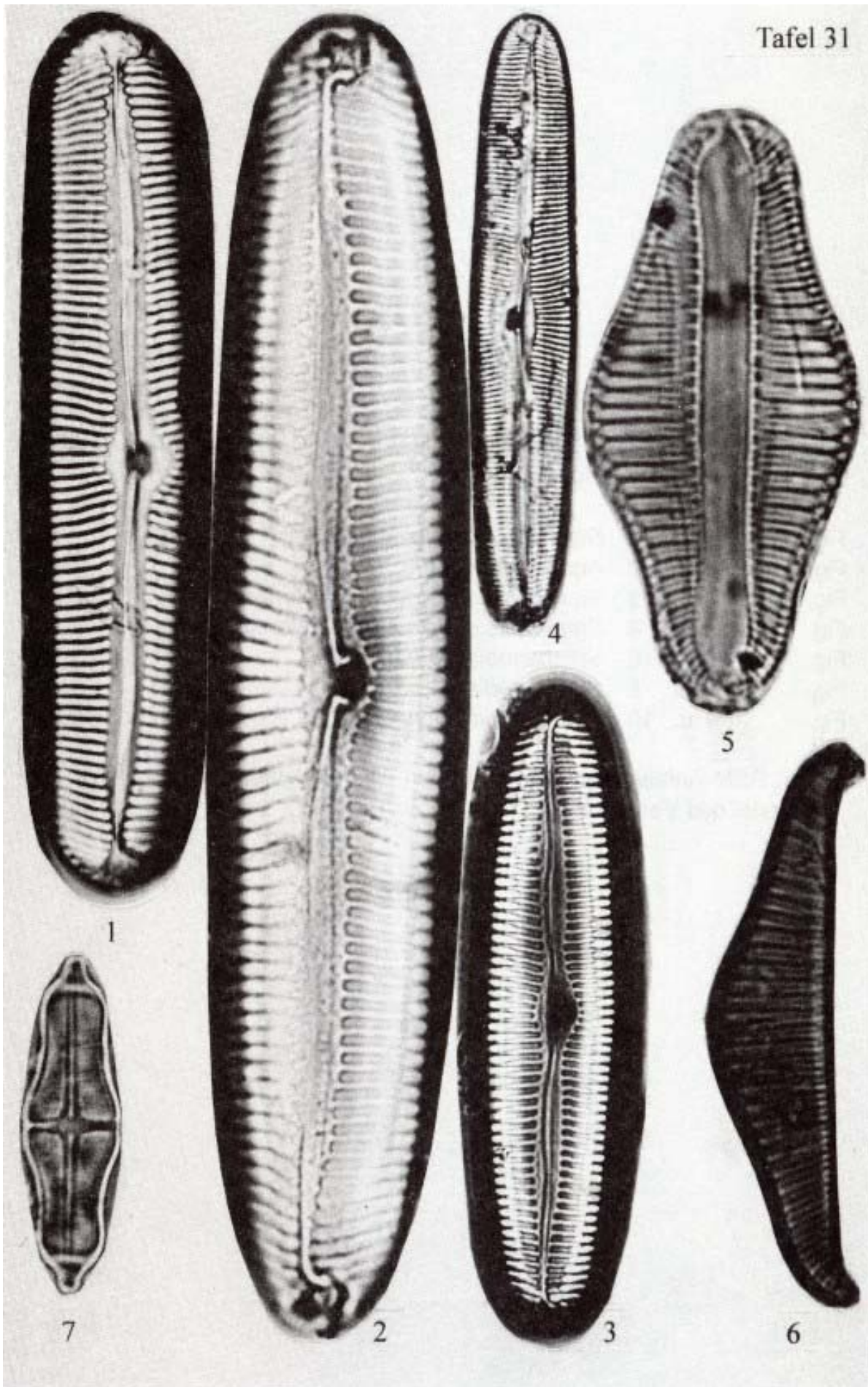
- | | | |
|------|---|-----------------------------------|
| Fig. | 1 | <i>Pinnularia neomajor</i> |
| Fig. | 2 | <i>Pinnularia nobilis</i> |
| Fig. | 3 | <i>Pinnularia oriundiformis</i> |
| Fig. | 4 | <i>Pinnularia pseudoacuminata</i> |



**Tafel
31**

(×1500, außer Fig. 1 ×600, Fig. 3 ×1000, Fig. 4 ×400)

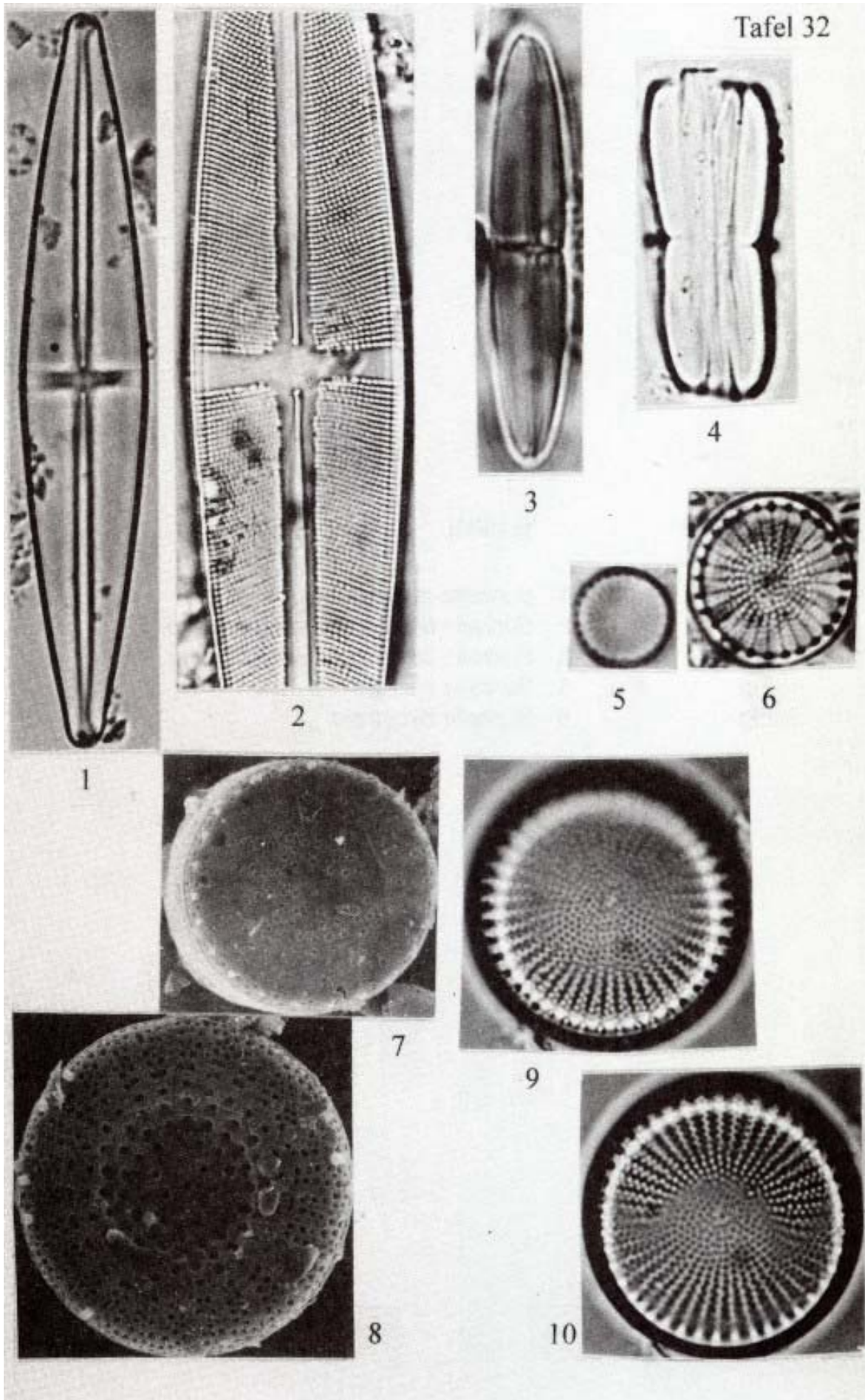
- | | | | |
|------|------|---|--|
| Fig. | | 1 | <i>Pinnularia streptoraphe</i> |
| Fig. | 2 u. | 3 | <i>Pinnularia rhomboelliptica</i> |
| Fig. | | 4 | <i>Pinnularia viridis</i> |
| Fig. | | 5 | <i>Rhopalodia gibba</i> (Gürtelansicht) |
| Fig. | | 6 | <i>Rhopalodia gibba</i> (Schalenansicht) |
| Fig. | | 7 | <i>Stauroneis smithii</i> |



Tafel 32 (×1500, Fig. 1 ×600, Fig. 2 ×1000, Fig. 7 ×10000,
Fig. 8 ×9960)

- Fig. 1 u. 2 *Stauroneis phoenicenteron*
Fig. 2 Ausschnitt von Fig. 1
Fig. 3 *Stauroneis constricta* (Schalenansicht)
Fig. 4 *Stauroneis constricta* (Gürtelansicht)
Fig. 5 u. 6 *Stephanodiscus hantzschii*
Fig. 7 u. 8 *Stephanodiscus parvus* *
Fig. 9 u. 10 *Stephanodiscus neoastreaea* (Fokus hoch und tief)

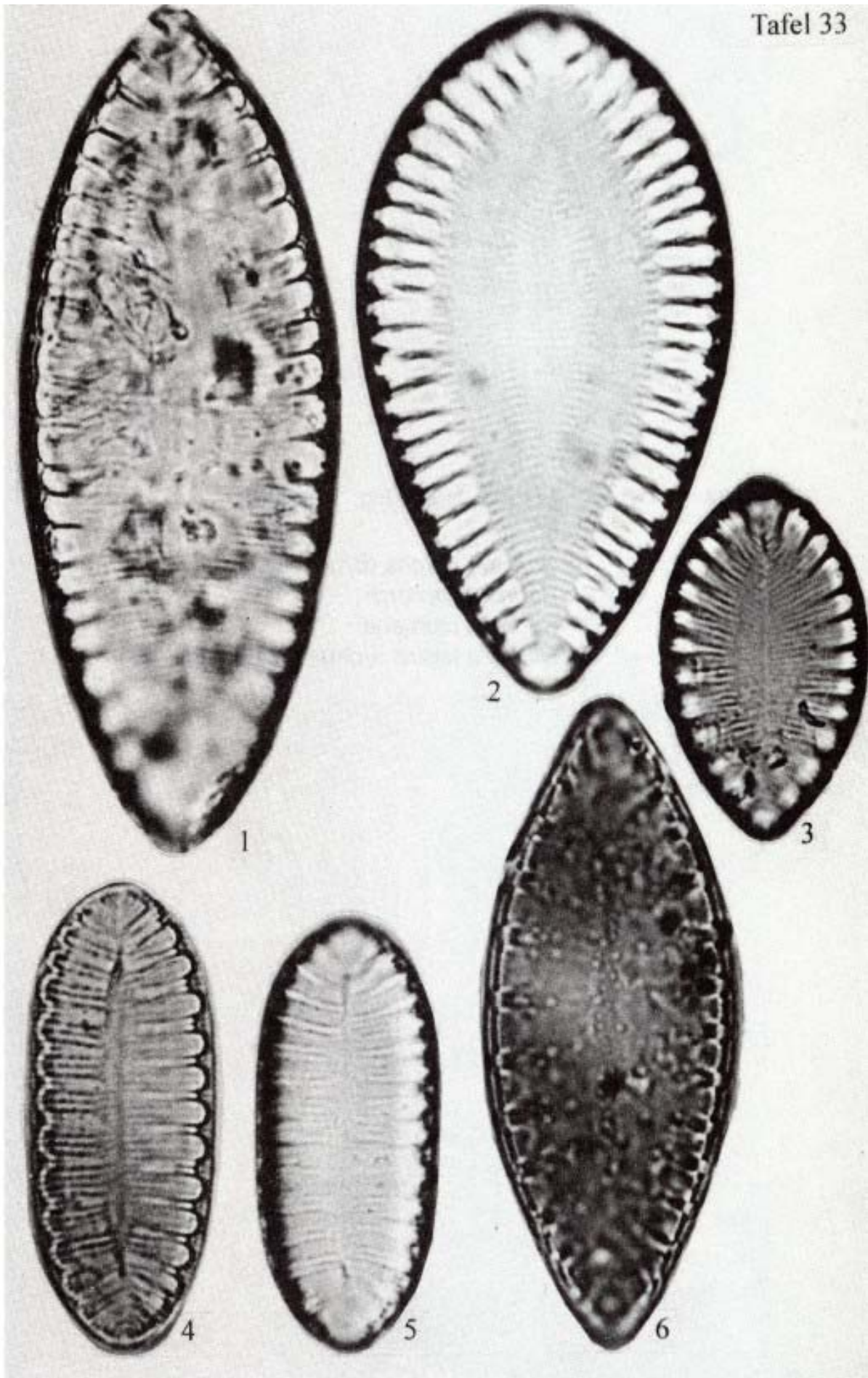
* Die REM-Aufnahmen stammen von W. Scheffler, Neuglobsow, mit Material des Verfassers.



Tafel 33

(×1500)

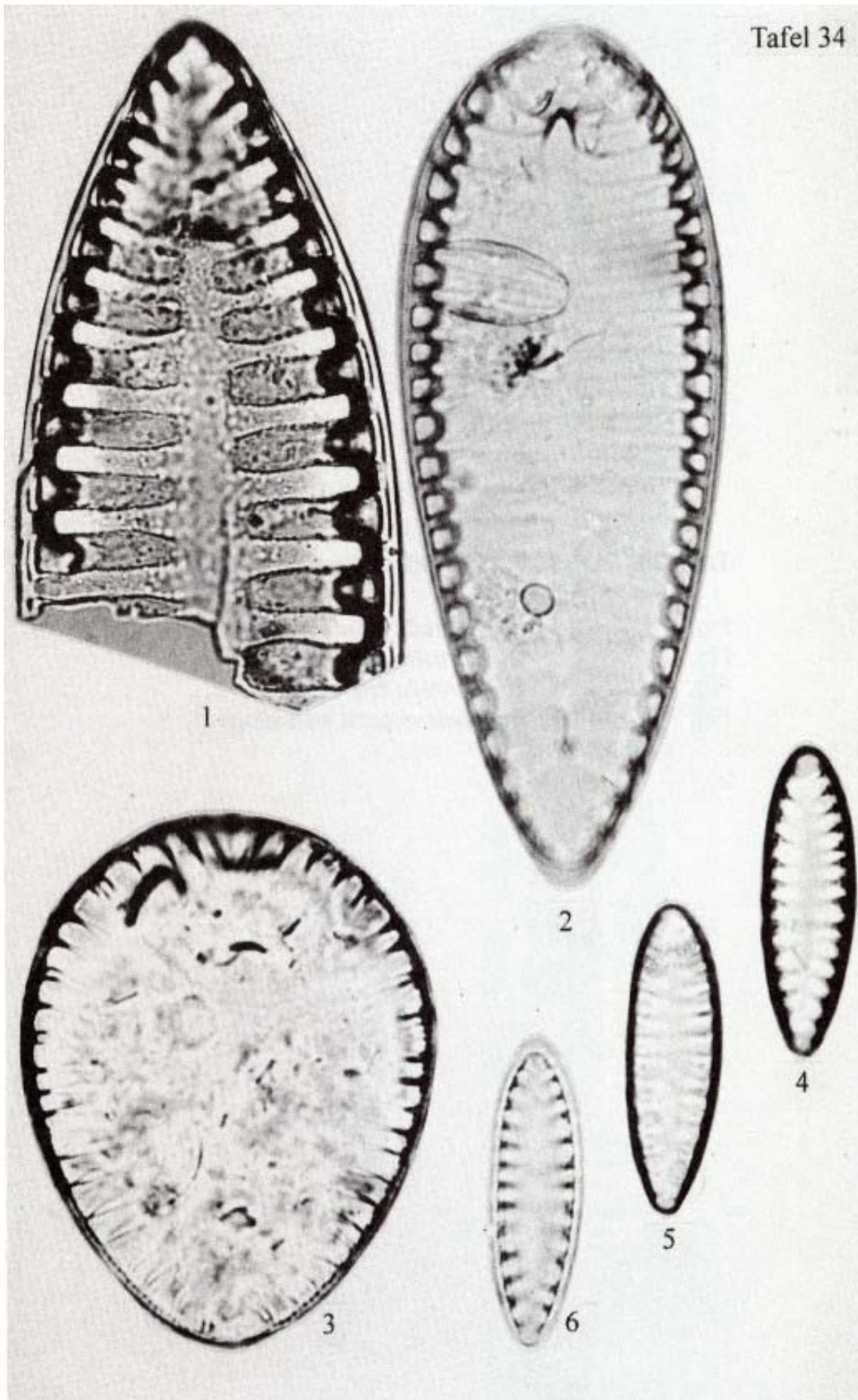
- | | | | |
|------|------|---|--|
| Fig. | | 1 | <i>Surirella ovalis</i> |
| Fig. | | 2 | <i>Surirella brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i> |
| Fig. | | 3 | <i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kützingii</i> |
| Fig. | 4 u. | 5 | <i>Surirella visurgis</i> |
| Fig. | | 6 | <i>Surirella birostrata</i> |



Tafel 34

(×1500, außer Fig. 1 ×1000)

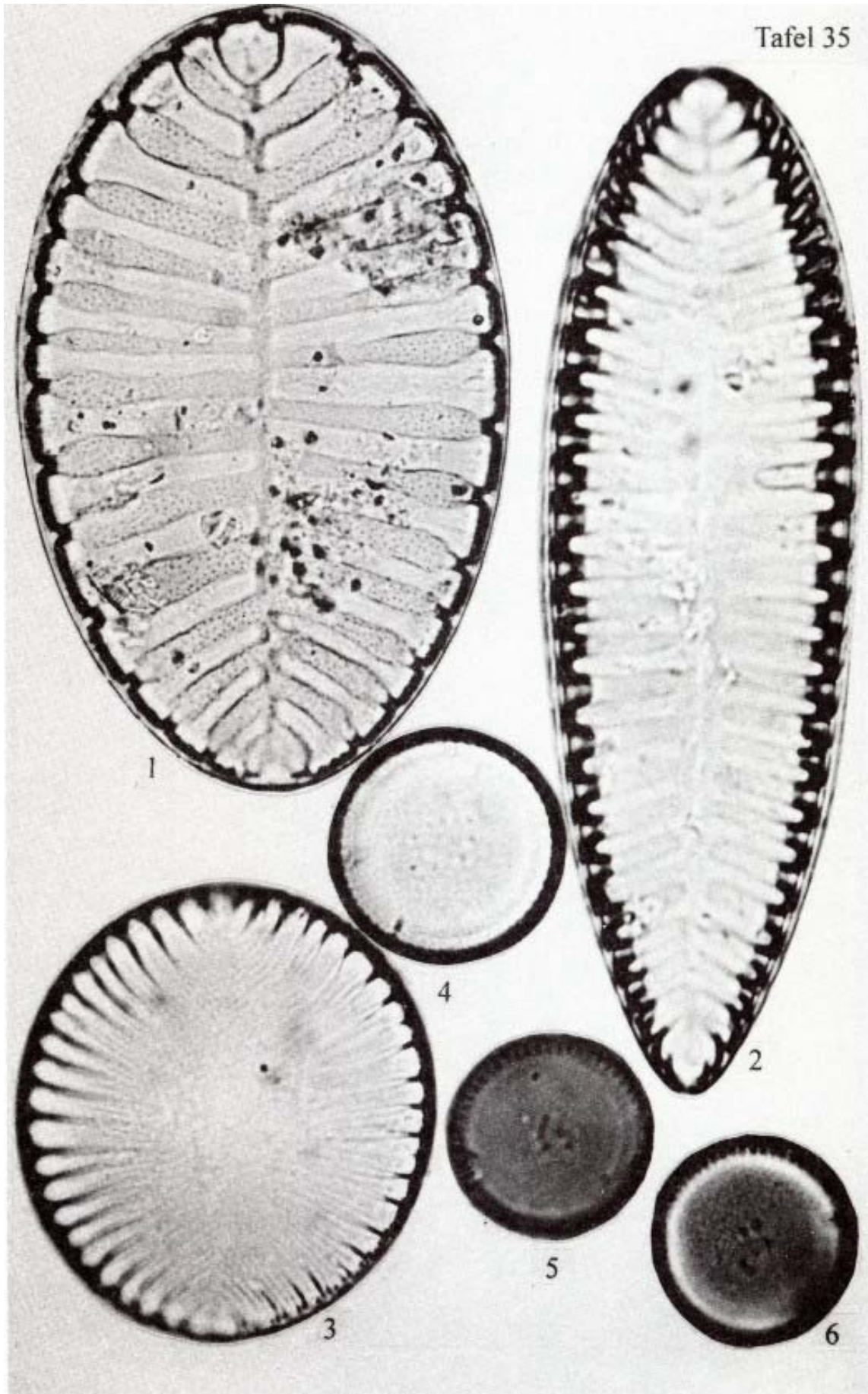
- | | | |
|------|-------|--|
| Fig. | 1 | <i>Surirella bifrons</i> (Bruchstück) |
| Fig. | 2 | <i>Surirella capronii</i> |
| Fig. | 3 | <i>Surirella crumena</i> |
| Fig. | 4 - 6 | <i>Surirella tenuis</i> (Fokus hoch, mittel, tief) |



Tafel 35

(×1500, außer Fig. 1 ×600)

- | | | | |
|------|-----|---|----------------------------------|
| Fig. | | 1 | <i>Surirella striatula</i> |
| Fig. | | 2 | <i>Surirella splendida</i> |
| Fig. | | 3 | <i>Surirella crumena</i> |
| Fig. | 4 - | 6 | <i>Thalassiosira weissflogii</i> |



Euglenophyceenstudien im Werra-Meißner-Kreis

Wolf-Henning Kusber

Abstract

Phytoplankton of running waters and ponds of the Werra-Meißner District in Hessen (Germany) was investigated. Morphological and autecological data for 16 taxa of pigmented Euglenophyceae are discussed, 9 taxa are documented.

Zusammenfassung

Das Phytoplankton aus Fließgewässern und Teichen des Werra-Meißner-Kreises (Hessen) wurde untersucht. Morphologische und autökologische Daten von 16 Taxa pigmentierter Euglenophyceae werden diskutiert, 9 Taxa werden dokumentiert.

1. Einleitung

Der Werra-Meißner-Kreis ist durch eine große Vielfalt an Gewässertypen gekennzeichnet. Die Gewässerchemie der kleineren Fließgewässer ist natürlicherweise stark durch die geologischen Verhältnisse des Quellgebietes bzw. des durchflossenen Gebietes gekennzeichnet (KUHNER 1986). Die untersuchten stehenden Gewässer sind vom Menschen geschaffen (Kiesteiche, ehemalige Kiesteiche mit Nutzung als Fischteich, ein Restgewässer ehemaligen Braunkohletagebaus: Restloch Kalbe) oder anthropogen beeinflusst (Holle-Teich, Weiberhemdmoor).

Wesentliche Differenzen in der Gewässerchemie der Gewässer des Werra-Meißner-Kreises ergeben sich u.a. in Bezug auf die Leitfähigkeit und den pH-Wert. Große Unterschiede bestehen zwischen schnell fließenden Bächen, verschieden schnell fließenden Werra-Abschnitten und mehr oder weniger durchmischten stehenden Gewässern. Die meisten Algenuntersuchungen aus dem Werra-Gebiet beziehen sich auf Bacillariophyceae, die Algengruppe, die in Bezug auf Trophie, pH-Wert und Leitfähigkeit gute Indikatoreigenschaften hat (Weiberhemdmoor: VALENTIN 1982, Werra: u.a. JAHN & WENDKER 1987, KRÜGER 1994, HOFMANN 1997; Werra-Zuflüsse: KRÜGER 1994, HOFMANN 1997, Kiesteiche: SCHWEERS 1999, KRÜGER 2001).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen ersten Überblick über das Vorkommen von Euglenophyceae im Werra-Meißner-Kreis zu geben. Dabei ist die im Vergleich zu der Region Berlin-Brandenburg große Vielfalt der Gewässertypen im Werra-Meißner-Kreis hervorzuheben. Zahlreiche Angaben zu Arteninventar der Euglenophyceae und ökologischen Daten der gut untersuchten Fundorte aus Berlin und Brandenburg stammen aus vergleichsweise ähnlichen Gewässern mit erhöhter Trophie, leicht

erhöhten Leitfähigkeiten und polymiktischen Verhältnissen (KUSBER & KASTEN 1997, KUSBER 1998a).

2. Untersuchungsgebiet

Werratal

Das Untersuchungsgebiet wird von der Werra, die in Thüringen entspringt, durchflossen. Neben erheblichen Nährstofffrachten waren es in der Nachkriegszeit bis zum Ende der DDR vor allem die Salzfrachten des thüringischen und hessischen Kalibergbaus, die die Biozönose so stark veränderten, dass sogar mit *Ectocarpus confervoides* eine Meeresalge nachgewiesen werden konnte (GEISLER 1983). Ab dem Ende der Achtziger Jahre bis zum Zeitraum dieser Untersuchung nahmen die Salzfrachten insgesamt deutlich ab (GALLE 1997), betrug aber noch das bis zu zehnfache anderer mitteleuropäischer Flüsse wie Oder oder Elbe.

Die Probenahmen an der Werra erfolgten vom Ufer aus, an den Straßenbrücken in Wanfried und bei Kleinvach sowie südwestlich von Schwebda.

Der im Folgenden als Fischteich bezeichnete Wasserkörper liegt südwestlich von Schwebda, etwa 250 m nördlich der Werra, zwischen landwirtschaftlich genutzten Flächen. Es handelt sich um eine ehemalige Kiesgrube von etwa 30.000 m², die heute als Fischteich genutzt wird.

Meißner-Gebiet

Der Frau-Holle-Teich (im Folgenden nur noch Holle-Teich genannt) ist eine auf dem Hohen Meißner in 600 m über N.N. gelegene Hohlform, durch Stauung eines Blockstromes durch Verwitterung von Basaltgestein entstanden (SAUER 1978). Am Ufer steht unter anderem *Typha latifolia*; *Nymphaea alba* ist die auffälligste Wasserpflanze. Ein weiteres stehendes Gewässer auf dem Hohen Meißner ist das Restloch des Tagebaus Kalbe, der sich nach Auslauf des Braunkohleabbaus 1974 als Seebiotop entwickelte. Das Gewässer wurde als oligotropher, tiefer Grundwassersee bezeichnet (SAUER et al. 1990). Das Weiberhemdmoor besteht auf seit dem 16. Jahrhundert anthropozoogen beeinflussten Hangmulden auf der Meißnerhochfläche mit Quellsumpwiesen (KÜRSCHNER & MAYER 1986).

3. Material und Methoden

Abiotische Gewässerdaten wurden mit Sonden der Wissenschaftlich Technischen Werkstätten, Weilheim (WTW LF 91, WTW PH 91, WTW OXI 92) gemessen, Proben mit einem Planktonnetz der Maschenweite 28 µm genommen. Lebendproben wurden mit dem Leitz-Mikroskop SM-Lux bei 400-facher Vergrößerung (Objektiv 40/0,65) durchgemustert, Lugol- und Formol-fixierte Proben in einer Zählkammer am Umkehrmikroskop (Leitz Fluovert FS, Objektiv 50/1.00) untersucht und 12,5 ml einer

Schöpfprobe nach der Utermöhl-Methode (UTERMÖHL 1958) auf Euglenophyceen ausgezählt (Leitz Fluovert FS, Objektiv 40/0.60). Die Bestimmung der Euglenophyceae erfolgte nach HUBER-PESTALOZZI (1955), die Taxon-Namen wurden, soweit nicht anders angemerkt, nach STARMACH (1983) angegeben. Die anderen Algengruppen wurden nach ETTL (1983), KOMÁREK & FOTT (1983), POPOVSKY & PFIESTER (1990) und STARMACH (1966, 1985) bestimmt. Die Zeichnungen sind in der Mehrzahl nach Mikrofotos aus fixierten Proben entstanden. Fehlt eine Dokumentation in dieser Arbeit, wird auf eine publizierte Abbildung verwiesen, die dem untersuchten Material möglichst nahe kommt. In der kommentierten Artenliste werden folgende Abkürzungen verwendet: L: Zelllänge, B: Zellbreite, G: Geißellänge, P: Paramylonkorn; wird in P1 und P2 unterschieden, so ist P1 das zentrale, größere bzw. weiter vorn gelegene, P2 das kleinere bzw. weiter hinten gelegene. Die Anzahl der gemessenen Zellen wird bei mehr als zwei Messungen angegeben, dem Minimumwert folgen Mittelwert und Maximumwert. Bei uneinheitlichen Befunden aus unterschiedlichen Gewässern werden die Messdaten getrennt angegeben.

4. Ergebnisse und Diskussion

Einige abiotische Werte der Gewässer, in denen Euglenophyceen gefunden wurden, sind in Tab. 1 wiedergegeben. Einen Überblick über das Plankton im Fischteich südwestlich von Schwebda, im Holle-Teich und das Potamoplankton der Werra zwischen Wanfried und Kleinvach gibt Tab. 2. Charakteristisch für den Sommeraspekt des Holle-Teich-Planktons waren Chrysophyceen, Bacillariophyceen, Desmidiaceen und Euglenophyceen (siehe Kommentierte Artenliste). Das Vorkommen von einem artenreichen Euglenophyceen-Plankton lässt gemeinsam mit vergleichsweise geringen Sauerstoffsättigungen (Tab. 1) auf eine hohe organische Belastung des Gewässers schließen. Die Leitfähigkeit ist erheblich höher als die des den Holle-Teich speisenden Ziegenbachs (Tab. 1). Der Fischteich ist durch ein reiches Chlorococcales-Plankton gekennzeichnet, 1995 kam es zu einer im Gewässer sichtbaren Flockenbildung bei einer Massenentwicklung von *Microcystis aeruginosa*. Das Euglenophyceen-Plankton ist weniger differenziert als im Holle-Teich. Besonders bemerkenswert ist das Vorkommen von sehr kleinen *Phacus orbicularis*-Zellen, für die es bisher nur wenige Nachweise in Deutschland gibt (KUSBER, unpubl.).

Tab. 1. Abiotische Gewässerdaten ausgewählter Gewässer des Werra-Meißner-Kreises.

Gewässer	Datum	n	Leitfähigkeit [mS cm ⁻¹]	Wasser- temperatur [°C]	pH	Sauerstoff- Sättigung [%]
Werratal						
Werra (bei Schwebda)	27.8.1994	n=4 *	4,010 4,135 4,230	14,2 17,0 18,1	8,03 8,19 8,34	93 102 106
Werra (Wanfried)	12.8.1995		10,000	15,2	8,78	166
Werra (Kleinvach)	16.8.1995		9,500	19,0	8,87	196
Werra (bei Schwebda)	17.8.1995		8,900	17,8	8,79	158
Werra (bei Schwebda)	26.8.1996	n=10	9,170 9,386 9,650	18,5 18,9 19,3	8,42 8,68 8,93	125 147 161
Werra (Altarm)	16.8.1995		1,588	21,1	7,68	88
Fischteich	12.8.1994		0,908	22,7	8,10	96
Fischteich	15.8.1994		0,925	18,7	7,50	80
Fischteich	27.8.1994	n=4 *	0,903 0,907 0,912	19,7 19,8 20,0	8,48 8,90 9,31	92 104 112
Fischteich	17.8.1995		0,858	20,8	8,63	101
Fischteich	26.8.1996	n=10	0,810 0,824 0,850	21,4 21,7 22,3	8,70 8,84 8,98	116 126 141
Hoher Meißner						
Restloch Kalbe	13.8.1994		1,100	17,8	7,30	107
Restloch Kalbe	14.8.1995		1,145	19,9	7,40	99
Holle-Teich	13.8.1994		0,326	16,6	7,28	61
Holle-Teich	14.8.1995	n=2	0,338 0,342	18,4 18,7	7,28 7,42	36 50
Ziegenbach	14.8.1995		0,179	7,9	8,16	105
Ziegenbach (Zulauf Holle-Teich)	14.8.1995		0,337	9,2	8,13	98

Bei $n > 2$ handelt sich um Zeitreihen-Messungen eines Tages, es werden jeweils Minimumwert, Mittelwert (für pH-Wert: Median) und Maximumwert angegeben.
* Die Messdaten wurden von Dipl. Biol. J. KASTEN und Mitarbeitern bereitgestellt.

Das Netzplankton der Sommerproben aus der Werra selbst wurde in den verschiedenen Jahren und Probenahmestellen durch Chlorococcales, besonders *Scenedesmus*-Arten, oder centrale und pennate Bacillariophyceae dominiert. *Ectocarpus confervoides* konnte im Untersuchungszeitraum nicht mehr nachgewiesen werden, auch bei Absuchen der Probenahmestellen der ehemaligen Funde (siehe GEISSLER 1983).

Euglenophyceen sind in den untersuchten Gewässern des Werra-Meißner-Kreises nie häufig. Eine quantitative Untersuchung aus dem Fischteich ergab mit 3 Euglenophyceen-Zellen pro ml geringe Werte (Tab. 3). In Bezug zum Gesamtplankton machen Euglenophyceen einen sehr geringen Anteil aus, allerdings ergeben sich, hochgerechnet auf den gesamten Teich dennoch hohe Individuenzahlen. Auffälligstes Merkmal der Bestandsstruktur ist, dass die Hälfte der Zellen (*Euglena oxyuris* und *Euglena texta* var. *salina*) aufgrund ihrer Zellgröße nicht direkt durch *Bosmina* verwertbar sind. Sie bilden zusammen mit Dinophyceen (*Ceratium furcoides* mit 3 Zellen pro ml) und wenigen *Closterium*-Zellen die größte Phytoplanktonkomponente. Das Vorkommen von Organismen bei bestimmten Umweltparametern gibt Hinweise auf die ökologische Toleranz dieser Taxa.

Alle untersuchten Proben, in denen Euglenophyceen gefunden wurden und für die pH-Werte vorliegen, liegen im neutralen bis alkalischen Bereich und unterscheiden sich demnach nicht von den pH-Bereichen, aus denen für Berlin-Brandenburg autökologische Daten vorliegen (KUSBER 1998a).

Besondere Information wurden aus dem Werra-Meißner-Kreis in Bezug auf die Salztoleranzen der Taxa erwartet. Tabelle 4 zeigt, dass die obere Toleranzgrenze bisher für keine der Euglenophyceen-Gattungen im Berlin-Brandenburger Raum aufgezeigt werden konnte. Die Erweiterung des Leitfähigkeitsspektrums im Werra-Meißner-Kreis war durch Untersuchung von Werra-Proben möglich, zusätzlich wurde als Extremstandort für Algen das Gradierwerk in Bad Sooden-Allendorf (148 - 156 mS cm⁻¹) beprobt. Am Gradierwerk wurde neben wenigen Bacillariophyceen nur der Phytoflagellat *Dunaliella* spec. (Chlorophyceae) nachgewiesen. In der Werra waren bei ersten Voruntersuchungen Euglenophyceen der Gattungen *Euglena* und *Phacus* gefunden worden (GEISSLER 1983). Aus dem Süßwasser bekannte Euglenophyceen wurden verschiedentlich aus Brackwasser gemeldet (LEMMERMANN 1906, PANKOW 1990). In der vorliegenden Untersuchung konnten nur *Euglena* spec., ein Teilungsartefakt bei *Euglena* cf. *deses* und *Colacium* cf. *vesiculosus* in der Werra beobachtet werden. *Trachelomonas*-Gehäuse wurden in der Werra mehrfach gefunden. Der Nachweis lebender Zellen dieser Gattung in der Werra konnte in dieser Untersuchung nicht erbracht werden. Insgesamt wurden die Befunde zur Toleranz der Taxa aus der Region Berlin-Brandenburg weitgehend bestätigt. Pigmentierte Euglenophyceen wurden im Werra-Meißner-Kreis nicht in schnell fließenden Gewässern gefunden. Dem Vorkommen von Euglenophyceen ist das Vorhandensein von eutrophierten, organisch belasteten Gewässern mit nicht zu starken Wasserturbulenzen förderlich.

Tab. 2. Taxaliste der Jahre 1994 - 1996.

Taxon	Holle-Teich	Fischteich	Werra
PHYTOPLANKTON			
Cyanophyceae			
<i>Anabaena solitaria</i> Kleb.		+	1
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.		++	
Euglenophyceae			
<i>Colacium vesiculosum</i> Ehrenb.	+	+	+
	(f. <i>cyclopicola</i>)		
<i>Euglena</i> spp.	+	++	2 Zellen
<i>Lepocinclis steinii</i> LemmERM.	+		
<i>Phacus</i> spp.	++	+	
<i>Trachelomonas</i> spp.	+	++	2 Gehäuse
Dinophyceae			
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) V.H. Langhans		+	
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müll.) Dujard.	+	?	
<i>Peridinium</i> spp.	++	++	
Chlorophyceae			
<i>Coelastrum reticulatum</i> (P.A. Dang.) Senn var. <i>reticulatum</i>		+	
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Menegh.	+	++	+
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		+	+
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen		+	
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs		+	
<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenb.) F. Stein		++	
<i>Scenedesmus opoliensis</i> P.G. Richter		+	++
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Bréb.		+	
<i>Scenedesmus</i> spp.			++
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansg.		+	
<i>Tetraedron minimum</i> Hansg.		+++	
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák			+
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröd.) LemmERM.		+	
Zygnematophyceae			
<i>Closterium</i> spp.	+	+	1
<i>Cosmarium</i> spp.	++	+	
<i>Staurastrum</i> spp.	+	+	
Bacillariophyceae			
Centrales-Taxa	+	+	++
Pennales-Taxa	++	++	++
Chrysophyceae			
<i>Chrysococcus</i> spec.	++		
<i>Dinobryon divergens</i> O.E. Imhof	++	+	
ZOOPLANKTON			
<i>Bosmina</i> spec.	++	+	
<i>Daphnia</i> spec.		+	
<i>Paulinella chromatophora</i> Lauterborn	+		

1: Einzelfund, +: mehrfach gefunden, ++: häufig gefunden, +++: sehr häufig gefunden,
?: Nachweis unsicher.

Tab. 3. Quantitative Analyse der Euglenophyceae im Fischteich am 27.8.1994.

Taxon	gezählte Zellen (12,5 ml Kammer)	Zellen ml ⁻¹
<i>Euglena spec.</i>	1	0,08
<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda	20	1.60
<i>Euglena texta</i> var. <i>salina</i> (F.E. Fritsch) T.G. Popova	3	0,24
<i>Phacus acuminatus</i> A. Stokes	2	0,16
<i>Trachelomonas</i> spp.	13	1,04
Euglenophyceae (Summe)	39	3,12

Tab. 4. Salztoleranzen ausgewählter Taxa der Euglenophyceae im Werra-Meißner-Kreis und in Berlin-Brandenburg.

Taxon	Werra-Meißner-Kreis Leitfähigkeit [mS cm ⁻¹]	Berlin-Brandenburg Leitfähigkeit [mS cm ⁻¹]
Untersuchte Gewässer		
Spannweite	0,142 - 156,000	0,031 - 1,521 (3)
Gattung		
<i>Colacium</i>	0,338 - 8,900	0,190 - 1,521 (2)
<i>Euglena</i>	0,338 - 10,000	0,031 - 1,521 (3)
<i>Lepocinclis</i>	0,338 - 0,342	0,255 - 1,521 (3)
<i>Phacus</i>	0,326 - 1,588	0,031 - 1,521 (3)
<i>Trachelomonas</i>	0,326 - 1,145	0,153 - 1,521 (3)
Art		
<i>Colacium vesiculosum</i> f. <i>cyclopicola</i> (Gicklh.) T.G. Popova	0,338 - 0,342	*
<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda	0,338 - 1,145	0,114 - 0,980 (1)
<i>Euglena texta</i> var. <i>salina</i> (F.E. Fritsch) T.G. Popova	0,338 - 0,925	0,199 - 1,521 (3)
<i>Lepocinclis steinii</i> LemmERM.	0,338 - 0,342	*
<i>Phacus acuminatus</i> A. Stokes	0,326 - 0,912	0,114 - 1,521 (3)
<i>Phacus longicauda</i> Ehrenb.	0,326 - 0,342	*
<i>Phacus orbicularis</i> K. Hübner	0,338 - 1,588	0,039 - 1,521 (3)
<i>Phacus pyrum</i> (Ehrenb.) Dujard. s.l.	0,338 - 0,925	0,031 - 1,521 (3)
<i>Phacus striatus</i> Francé	0,338 - 0,342	0,126 - 0,971 (3)
<i>Phacus tortus</i> (LemmERM.) Skvortsov	0,925	0,114 - 1,521 (2)
<i>Trachelomonas kelloggii</i> var. <i>nana</i> Balech	0,858 - 0,925	*
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein	0,326 - 0,342	*

(1) KUSBER (1998a), (2) KUSBER (unpublizierte Daten), (3) Kombination aus 1 und 2,

* z. Zt. keine publizierten Daten aus der Region verfügbar.

5. Kommentierte Artenliste

Colacium vesiculosum f. *cyclopicola* (Gicklh.) T.G. Popova

Syn.: *C. cyclopicola* (Gicklh.) Bourr.

Dokumentation: HUBER-PESTALOZZI (1955): Tafel 23, Abb. 109.

Zellgröße: L: 12,8 - 19,8, B: 8,3 - 8,6 µm.

Funddaten: Holle-Teich (14.8.1995).

Colacium vesiculosum Ehrenb. f. *vesiculosum*

Dokumentation: HUBER-PESTALOZZI (1955): Tafel 24, Abb. 111.

Das Taxon wurde für einen Kiesteich unterhalb der Leuchtberge angegeben. Wahrscheinlich gehören auch die Funde von *Colacium*-Zellen aus der Werra zur Nominatform. Der Fund vitaler Zellen in der Werra (Tab. 1, 4) bestätigt die große Salztoleranz, die für dieses Taxon angegeben wird (LEMMERMANN 1906).

Funddaten: Werra bei Schwebda (17.8.1995).

Euglena cf. *deses* Ehrenb.

Dokumentation: GOJDICS (1934), wiederabgedruckt in POCHMANN (1953): Abb. 18i.

Dieser Einzelfund aus Lebendbeobachtungen ist besonders bemerkenswert, da es sich um ein 'vielköpfiges' Exemplar handelte, also eine Zelle, die sich mehrfach unvollständig geteilt hatte. Solche Monsterbildungen sind bisher ausschließlich aus Kulturexperimenten für *Euglena deses* (GOJDICS 1934) und andere Euglenophyceen-Arten beschrieben und werden meist mit suboptimalen Lebensbedingungen erklärt (POCHMANN 1942, 1953). Das Vorkommen eines Teilungsartefakts in einem Werrabereich bei sehr hohen Salzkonzentrationen könnte ein Salzeffekt sein, allerdings sind auch andere, nicht gemessene Umweltparameter für diese Missbildung denkbar.

Funddaten: Werra bei Kleinwach (16.8.1995).

Euglena oxyuris Schmarda

Dokumentation: Taf. 2, Fig. 9 dieser Arbeit.

Zellgröße (Holle-Teich): L: 130,8 - 139,0 - 144,3 µm incl. 11,3 - 14,2 - 16,0 µm Kaudalstachel (n=5), B: 16,9 - 18,7 - 20,3 µm (n=6), P1: 27,7 - 29,9 - 33,4 x 4,1 - 12,9 µm (n=4), P2: 24,4 - 28,2 - 31,6 x 3,4 - 12,0 µm (n=4), G:L-Verhältnis: 0,36.

Zellgröße (Fischteich): L: 169,1 µm incl. 14,2 - 18,9 µm Kaudalstachel (n=2), B: 17,8 - 22,5 µm, P1: 26,4 - 29,3 x 7,2 - 9,7 µm, P2: 26,8 - 29,3 x 9,5 - 9,7 µm.

Die Zellen im Holle-Teich kommen in zwei Morphotypen vor. Ein stärker tordierter mit fast kielartigen lateralen Zellgrenzen und einer Geißel, der als planktisch angesehen wird, und ein etwas plumperer Morphotyp, der Krümmungsbewegungen zeigte, was für Zellen auf Substrat typisch ist. Die Paramylonkörper sind zwei langgestreckte abgeflachte Ringe. Der zweite Wert für die Paramylonkörper im Material aus dem

Holle-Teich stellt die Spanne zwischen der geringsten Dicke und der größten Breite dar, deshalb war hier eine Mittelwertbildung unzweckmäßig. Die Zellen des Fischteiches sind größer, BOURRELLY (1950) hatte auf das Vorkommen verschiedener Größenklassen für Populationen verschiedener Herkünfte für *E. oxyuris* hingewiesen.

Funddaten: Fischteich (15.8.1994, 27.8.1994), Holle-Teich (14.8.1995), Restloch Kalbe (14.8.1995).

Euglena texta (Dujard.) K. Hübner var. *salina* (F.E. Fritsch) T.G. Popova

Syn.: *L. salina* F.E. Fritsch, ?*L. texta* (var. *texta*) f. *minor* Hub.-Pest. nom illeg.

Dokumentation: Taf. 2, Fig. 6 dieser Arbeit.

Zellgröße (Holle-Teich): L: 33,8 - 36,5 µm, B: 25,0 - 26,4 µm, P: 5,2 - 5,4 - 5,9 x 4,3 - 5,0 - 5,4 µm (n=3).

Zellgröße (Fischteich): L: 38,3 - 45,7 - 50,0 µm (n=21), B: 27,1 - 36,3 - 41,5 µm (n=21), P: 2,9 - 5,2 - 7,2 x 2,5 - 4,6 - 7,0 µm (n=21).

Die Zellen aus dem Holle-Teich sind kleiner, mit zarterer Pellicula als die aus dem Fischteich und entsprechen damit, bis auf die Asymmetrie des Apikalbereiches, *Lepocinclis texta* f. *minor*, von HUBER-PESTALOZZI (1929) beschrieben. Zur taxonomischen Beurteilung der Zellgröße, siehe die Anmerkungen zu *E. oxyuris* und *Phacus orbicularis*.

Funddaten: Fischteich (12.8.1994, 15.8.1994, 27.8.1994), Holle-Teich (14.8.1995).

Euglena spp.

Mehrfach wurden lebende Zellen der Gattung *Euglena* gefunden, die nicht näher bestimmt wurden. Bemerkenswert ist der Fund einer vitalen Zelle in der Werra bei Wanfried bei 10 mS cm⁻¹ (Tab. 1, siehe aber Anmerkungen zu *E. cf. deses*). Bei der Begehung des Weiberhemdmoores fiel die relative Trockenheit weiter Teile auf. Auf einer feuchten *Sphagnum*-Fläche wurde am 14.8.1995 neben Diatomeen eine längliche *Euglena*-Zelle gefunden. Es könnte sich nach dem Habitus um *E. mutabilis* F. Schmitz gehandelt haben, eine Art, die für Moore und saure Gewässer angegeben wird (SCHEER & KUSBER 1997, KAPFER 1998). Da im feuchten Moos auf Messungen verzichtet wurde, dient die Leitfähigkeitsmessung eines Baches im Weiberhemdmoor als Ersatzmessung (0,142 mS cm⁻¹).

In den fixierten Proben konnten vor allem im Fischteich zwei weitere *Euglena*-Taxa unterschieden werden. Bei einer Art handelte es sich wahrscheinlich um *E. agilis* Carter, wengleich die meisten Zellen drei bis vier statt der beschriebenen zwei Pyrenoide enthielten.

Lepocinclis steinii Lemmerm.

Dokumentation: HUBER-PESTALOZZI (1955): Tafel 26, Abb. 122.

Zellgröße: L: 22,1 µm incl. 2,3 µm Kaudalstachel, B: 9,0 µm.

Funddaten: Holle-Teich (14.8.1995).

Phacus acuminatus A. Stokes

Dokumentation: Taf. 1, Fig. 1 dieser Arbeit.

Zellgröße: L: 24,6 - 26,7 - 28,9 µm (n=4) incl. einem zugespitzten Kaudalende bis zu 1,8 µm Länge, B: 17,4 - 19,7 - 22,5 µm (n=4), P1: 6,1 - 8,5 - 10,6 x 5,0 - 8,1 - 10,6 µm (n=3).

Funddaten: Fischteich (27.8.1994), Holle-Teich (13.8.1994, 14.8.1995).

Phacus tortus (Lemmerm.) Skvortsov

Dokumentation: Taf. 2, Fig. 7 dieser Arbeit.

Zellgröße: L: 80,0 µm incl. 34,3 µm Kaudalstachel, B: 34,0 µm, P1(Platte): 14,7 x 14,2 µm, P2: 7,7 x 7,2 µm.

Die Zellen sind deutlich tordiert, aber weniger stark gedreht als für *P. tortus* angegeben (HUBER-PESTALOZZI 1955). Die Streifung der Pellicula ist deutlich quergestrichelt, wie für *P. tortus* dokumentiert (KUSBER 1998b), das größere Paramylonkorn spulenförmig wie für die Art angezeigt (KUSBER 1998b).

Funddaten: Fischteich (15.8.1994).

Phacus longicauda (Ehrenb.) Dujard.

Dokumentation: Taf. 2, Fig. 8 dieser Arbeit.

Zellgröße: L: 126,7 - 137,1 - 150,1 µm incl. 52,5 - 57,9 - 65,4 µm Kaudalstachel (n=24), B: 45,1 - 50,7 - 55,0 µm (n=23), P1 (Platte): 9,0 - 15,7 - 24,8 x 8,8 - 15,7 - 27,1 µm (n=24), P1 (Achse): 2,3 - 7,0 - 11,3 x 2,3 - 7,0 - 11,3 µm (n=24), P2: 5,0 - 7,7 - 11,3 x 4,1 - 7,3 - 12,2 µm (n=20), G:L-Verhältnis bis zu 0,36.

Die Streifen der Pellicula sind als Doppellinie zu erkennen, weit voneinander entfernt und, im Gegensatz zu *P. tortus*, ohne Querstrichelung. Die Form des größeren Paramylonkorns wird von HUBER-PESTALOZZI (1955) als ringförmig angegeben. Diese Ringform wurde bereits von EHRENBERG (1838) dokumentiert. Es handelt sich bei dieser Darstellung um die Seitenansicht einer Spule, einer Achse, die von zwei Platten umgeben ist, von denen in dieser Ansicht nur die dem Betrachter zugewandte gut erkennbar ist. Die Größe der Paramylonspule variiert sehr stark. Unterhalb der Achse liegt der Zellkern, dahinter, zum Kaudalende der Zelle hin verschoben ist ein zweiter Paramylonkörper in Form einer einfachen Scheibe. Dieses Muster wird häufig ergänzt durch zahlreiche weitere Paramylonscheiben (Abb. 8). Obwohl *P. longicauda* in floristischen Arbeiten des Gesamtgebietes häufiger genannt wird, sind Zellen mit dieser Merkmalskombination relativ spärlich belegt, im Osten Deutschlands, vor allem im Oder-Neiße-Gebiet sicher dokumentiert (KASTEN 1999, KUSBER, unpubl.).

Funddaten: Holle-Teich (13.8.1994, 14.8.1995).

Phacus aff. *mirabilis* Pochm.

Dokumentation: Taf. 1, Fig. 2 dieser Arbeit, HUBER-PESTALOZZI (1955): Tafel 34, Abb. 329.

Zellgröße (Holle-Teich): L: 27,1 - 29,4 - 31,1 µm incl. 6,0 - 7,5 - 8,8 µm Kaudalstachel (n=17), B: 7,2 - 10,5 - 12,0 µm (n=17), Dicke der Paramylonkalotte 0,7 - 0,9 - 1,8 µm (n=6), G:L-Verhältnis: 0,57 - 0,61.

Zellen mit deutlich tordierter, d.h. gegeneinander versetzter Dorsal- und Ventralseite des Apikalbereiches. Etwa sieben sichtbare, gleichartige Streifen der Pellicula. In der Regel zwei laterale Paramylonkalotten, in einem Fall auch nur eine sichtbare Paramylonkalotte. Zur Taxonomie dieser Gruppe, siehe Anmerkung unter *P. pyrum* var. *trypanon*.

Funddaten: Holle-Teich (14.8.1995).

Phacus orbicularis K. Hübner var. *orbicularis*

Syn.: *Phacus orbicularis* f. *communis* T.G. Popova

Dokumentation: Taf. 1, Fig. 4 dieser Arbeit.

Zellgröße (Fischteich): L: 27,5 - 29,1 - 30,2 µm (n=3) incl. 2,3 - 2,3 - 2,5 µm Kaudalstachel (n=3), B: 22,5 - 23,7 - 24,6 µm (n=3), P1: 14,2 - 14,5 - 15,8 x 14,2 - 15,3 - 18,3 µm (n=3), P2: 7,4 - 8,0 - 9,0 x 7,0 - 7,8 - 9,0 µm (n=3).

Zellgröße (Altarm): L: 48,0 µm incl. 5,4 µm Kaudalstachel, B: 39,6 µm.

Die Zellen sind deutlich kleiner als in der Originaldiagnose angegeben (HÜBNER 1886).

Das Merkmal der Zellgröße wird taxonomisch unterschiedlich gewertet. Während einige Autoren kleinere Zellen als Forma abtrennen (STARMACH 1983, WOŁOWSKI 1998), ignorieren andere Autoren, wie DILLARD (2000), *P. orbicularis* f. *communis*. Bei *P. orbicularis* scheinen Größenklassen vorzukommen, wie es für *Euglena oxyuris* beschrieben wurde (BOURRELLY 1950). Die Zellen haben zwei konzentrische, zentral liegende Paramylonscheiben, die Streifung der Pellicula ist quergestrichelt.

Funddaten: Fischteich (15.8.1994), Holle-Teich (14.8.1995), Altarm der Werra (16.8.1995).

Phacus aff. *pyrum* var. *trypanon* (Pochm.) Németh

Dokumentation: HUBER-PESTALOZZI (1955): Tafel 53, Abb. 322 (als *Phacus trypanon*).

Zellgröße (Fischteich): L: 30,9 - 33,3 - 36,1 µm incl. 8,1 - 8,6 - 9,0 µm Kaudalstachel (n=11), B: 13,5 - 17,5 - 26,6 µm (n=11).

Taxonomisches Konzept nach NÉMETH (1997). Die Zellen entsprechen im Habitus *P. pyrum* var. *trypanon*, insbesondere in Bezug auf die Streifung. Zwischen etwa sechs

deutlichen Doppellinien liegt jeweils eine zarte, nicht vorspringende Linie. Der Apikalbereich ist weniger deutlich tordiert als bei *Phacus* aff. *mirabilis*. Insgesamt sind die Taxa in der Sektion Pleuraspis um *P. pyrum* so eng gefasst (POCHMANN 1942, HUBER-PESTALOZZI 1955), dass eine sinnvolle Ausgrenzung von Taxa aus Freilandmaterial kaum möglich scheint.

Funddaten: Fischteich (15.8.1994).

Phacus striatus Francé

Syn.: *Phacus aenigmaticus* Drezep.

Dokumentation: HUBER-PESTALOZZI (1955): Tafel 37, Abb. 217 (als *P. aenigmaticus*).

Zellgröße: L: 20,1 µm incl. 4,5 µm Kaudalstachel, B: 7,2 µm.

Funddaten: Holle-Teich (14.8.1995).

Phacus triqueter (Ehrenb.) Dujard.

Syn.: *Euglena triquetra* Ehrenb., non *Phacus triqueter* post auct. p.p.

Dokumentation: EHRENBERG (1838): Tafel 7, Abb.14.

Zellgröße (Holle-Teich): L: 33,4 µm incl. 6,3 µm Kaudalstachel, B: 20,1 µm, P1: 15,8 x 15,8 und 9 x 8,3 µm, P2: 9,0 x 9,0 µm.

Funddaten: Fischteich (15.8.1994), Holle-Teich (14.8.1995).

Trachelomonas hispida (Perty) F. Stein var. *hispida*

Dokumentation: Taf. 1, Fig. 3 dieser Arbeit.

Zellgröße: L: 24,8 - 26,8 µm, B: 18,0 - 20,3 µm, Stachellänge bis 1,8 µm.

Funddaten: Holle-Teich (13.8.1994, 14.8.1995).

Trachelomonas kelloggii var. *nana* Balech

Dokumentation: Taf. 1, Fig. 5 dieser Arbeit.

Zellgröße: L: 17,4 - 21,6 - 23,7 µm (n=9), B: 15,8 - 19,2 - 21,9 µm (n=9).

Funddaten: Fischteich (15.8.1994, 17.8.1995).

Trachelomonas spp.

In der Werra konnten keine lebenden *Trachelomonas*-Zellen gefunden werden. Allerdings wurden zwei Gehäuse von *T. volvocina* Ehrenb. mitgeführt. Ob *T. volvocina* in der Werra lebensfähig ist oder aus anderen Wasserkörpern in die Werra

tot oder lebendig eingeschwemmt wurde, ist unklar. Der Fischteich enthielt weitere *Trachelomonas*-Taxa, die allerdings nicht ausreichend dokumentiert sind.

6. Ausblick

Erste orientierende Untersuchungen der Euglenophyceen-Flora des Werra-Meißner-Kreises zeigten das Vorkommen häufiger und weitverbreiteter Taxa im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben waren insgesamt zu klein, um ein umfassende Kenntnis der Euglenophyceen-Flora zu erhalten, andererseits groß genug, um von den bekannten Taxa abweichende Merkmalskomplexe zu dokumentieren. Insbesondere wäre eine intensive Analyse des gesamten Potamoplanktons der Werra, das auf Artebene bei einem größeren Probenumfang die detaillierten Diatomeen-Analysen ergänzt, anzustreben. Von besonderem Naturschutzinteresse wäre eine länger angelegte Untersuchung der Algengruppen der Gewässer des Hohen Meißners.

7. Anmerkung

Die Daten wurden im Rahmen von Fortgeschrittenenpraktika der Freien Universität Berlin 'Untersuchungen zur Algenflora und -vegetation' unter der Leitung von Prof. Dr. U. Geissler und W.-H. Kusber (Sommersemester 1994 und 1995) und Grundpraktika 'Ökologie' unter der Leitung von W.-H. Kusber (Sommersemester 1994-1996) erhoben.

8. Literatur

- BOURRELLY, P. (1950): *Euglena oxyuris* Schmarda et formes affines. - Bull. Mus. National d'Histoire Naturelle 2^e série **21**(5): 612-616.
- DILLARD, G. E. (2000): Freshwater algae of the southeastern United States. Part 7. Pigmented Euglenophyceae. - Bibl. Phycol. **108**: 1-135+20 Pl.
- EHRENBERG, C. G. (1838): Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Leipzig.
- ETTL, H. (1983): Chlorophyta 1. Phytomonadina. - In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & D. Mollenhauer (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **9**. Stuttgart & New York.
- GALLE, P. (1997): Die Versalzung der Werra (Deutschland): Ursachen, Stand und Tendenzen. - Limnologia **27**: 3-8.

- GEISSLER, U. (1983): Die salzbelastete Flußstrecke der Werra - ein Binnenlandstandort für *Ectocarpus confervoides* (Roth) Kjellman. - Nova Hedwigia **37**: 193-217.
- GOJDICS, M. (1934): The cell morphology and division of *Euglena deses* Ehrenb. - Trans. American Microsc. Soc. **53**: 299-310.
- HOFMANN, G. (1997): Diatom communities in the rivers Werra and Ulster (Germany) and their response to reduced salinity. - Limnologica **27**: 77-84.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1929): Das Plankton natürlicher und künstlicher Seebecken Südafrikas. - Int. Vereinigung Theor. Limnol. Verh. **4**: 343-390.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1955): Euglenophyceen. - In: HUBER-PESTALOZZI, G. (ed.): Das Phytoplankton des Süßwassers **4**. Stuttgart.
- HÜBNER, E. F. W. (1886): Euglenaceen-Flora von Stralsund. - Programm des Realgymnasiums Stralsund **1886**: 1-20.
- JAHN, R. & S. WENDKER (1987): Untersuchungen zur Diatomeenflora der Werra - einem extrem salzbelasteten Biotop. - Nova Hedwigia **44**: 163-173.
- KAPFER, M. (1998): Assessment of the colonization and primary production of microphytobenthos in the littoral of acidic mining lakes in Lusatia (Germany). - Water, Air & Soil Pollution **108**: 331-340.
- KASTEN, J. (1999): Die überschwemmungsbedingte Dynamik der Phytoplanktoncoenosen in Altgewässern des Unteren Odertales. - S. 241-258 in: DOHLE, W., BORNKAMM, R. & G. WEIGMANN (eds.): Das Untere Odertal. Stuttgart.
- KOMÁREK, J. & B. FOTT (1983): Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. - In: HUBER-PESTALOZZI, G. (ed.): Das Phytoplankton des Süßwassers **7,1**. Stuttgart.
- KRÜGER, W. (1994): Mitteilungen über Diatomeengemeinschaften in der Werra und einigen ihrer Zuflüsse im Raum Witzenhausen. - Ökologie & Umweltsicherung **6**: 81-119.
- KRÜGER, W. (2001): Vergleichende Untersuchungen von Diatomeengemeinschaften in Baggerseen des Werratal bei Witzenhausen. - Ökologie & Umweltsicherung. **21**: 1- 174.
- KUHNERT, C. (1886): Die geologischen Verhältnisse des Werra-Meißner-Kreises. - Berliner Geogr. Abh. **41**: 25-39.
- KÜRSCHNER, H. & V. MAYER (1986): Ein Beitrag zur Vegetation des Weiberhemdmoores und seiner Randbereiche (Hoher Meißner, Nord-Hessen). - Berliner Geogr. Abh. **41**: 135-149.
- KUSBER, W.-H. (1998a): Regional-ecological studies on Euglenophyceae in the context of ecological research. - S. 406-410 in: FRIEDRICH, G. (ed.): Tagungsbericht 1997 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie.

- KUSBER, W.-H. (1998b): A study on *Phacus smulkowskianus* (Euglenophyceae) - a rarely reported taxon found in waters of the Botanic Garden Berlin-Dahlem. - *Willdenowia* **28**: 239-247.
- KUSBER, W.-H. & J. KASTEN (1997): Beitrag zur Ökologie von Euglenophyceen. - S. 328-332 in: FRIEDRICH, G. (ed.): Tagungsbericht 1996 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie. Krefeld.
- LEMMERMANN, E. (1906): Über das Vorkommen von Süßwasserformen im Phytoplankton des Meeres. - *Arch. Hydrobiol.* **1**: 409-425.
- NÉMETH, J. (1997): Az ostoros algák (Euglenophyta) Kishatározója 1. - In: V'izi Természet-és Környezetgazdálkodási Intézet **3**: 1-319.
- PANKOW, H. (1990): Ostsee-Algenflora. Jena.
- POCHMANN, A. (1942): Synopsis der Gattung *Phacus*. - *Arch. Protistenk.* **95**: 81-252.
- POCHMANN, A. (1953): Struktur, Wachstum und Teilung der Körperhülle bei den Eugleninen. - *Planta* **42**: 478-548.
- POPOVSKÝ, J. & L. A. PFIESTER (1990): Dinophyceae (Dinoflagellida). - In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & D. Mollehnauer (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **6**. Stuttgart & New York.
- SAUER, H. (1978): Meißner. S. 365-379 in: HILLESHEIM-KIMMEL, U., KARAFIAT, H., LEWEJOHANN, K. & W. LOBIN (eds.): Die Naturschutzgebiete in Hessen. Darmstadt.
- SAUER, H., BRAUNEIS, W. & J. W. BRAUNEIS (1990): Landschaftspflege und Naturschutz. - S. 204-206 in: Land an Werra und Meißner. Korbach.
- SCHEER, T. & W.-H. KUSBER (1997): Phykologische Untersuchung eines Berliner Kesselmoores. - S. 582-586 in: FRIEDRICH, G. (ed.): Tagungsbericht 1996 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie. Krefeld.
- SCHWEERS, W. (1999): Strömungsgeschehen, Stoffhaushalt und Gewässergüte im Auenbereich eines salzbelasteten Fließgewässers: Fallstudie eines Naturschutzgebietes im Unteren Werratal. - *Ökologie und Umweltsicherung* **17**: 1-221.
- STARMACH, K. (1966): Cyanophyta - Sinice Glaucophyta - Glaucophyta. - In: STARMACH, K. (ed.): Flora Słodkowodna Polski **2**. - Warszawa.
- STARMACH, K. (1983): Euglenophyta - Eugleniny. - In: STARMACH, K. & J. SIEMINSKA (eds.): Flora Słodkowodna Polski **3**. - Warszawa & Krakow.
- STARMACH, K. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae. - In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & D. Mollehnauer (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **1**. Stuttgart & New York.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. - *Mitt. Int. Vereinigung Theor. Angew. Limnol.* **9**: 1-38.
- VALENTIN, R. (1982): Diatomeen im Weiberhemdmoor (Hoher Meißner) - Beiträge zu deren Vorkommen und kleinräumigen Verteilung. - *Wissenschaftliche*

Hausarbeit im Rahmen der Ersten (Wissenschaftlichen) Staatsprüfung für das Amt des Studienrats. Berlin.

WOŁOWSKI, K. (1998): Taxonomic and environmental studies on euglenophytes of the Krakow-Czestochowa upland (Southern Poland). - *Fragm. Flor. Geobot. Suppl.* **6**: 3-192.

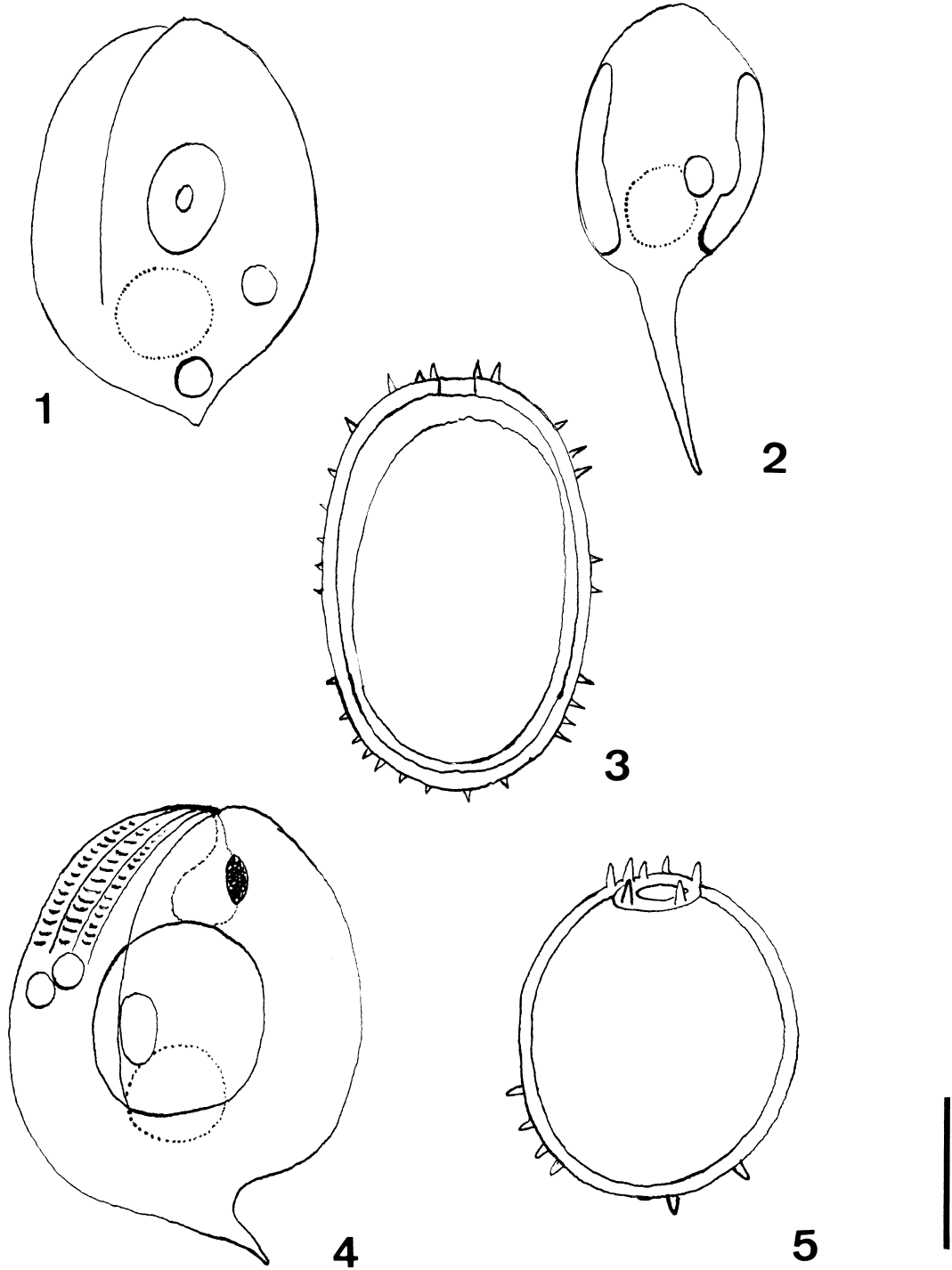
Anschrift des Verfassers:

Wolf-Henning Kusber
Freie Universität Berlin
Institut für Biologie
-Systematische Botanik und Pflanzengeographie
Altensteinstr. 6
D-14195 Berlin
E-Mail: kusberwh@zedat.fu-berlin.de

Abbildungsteil

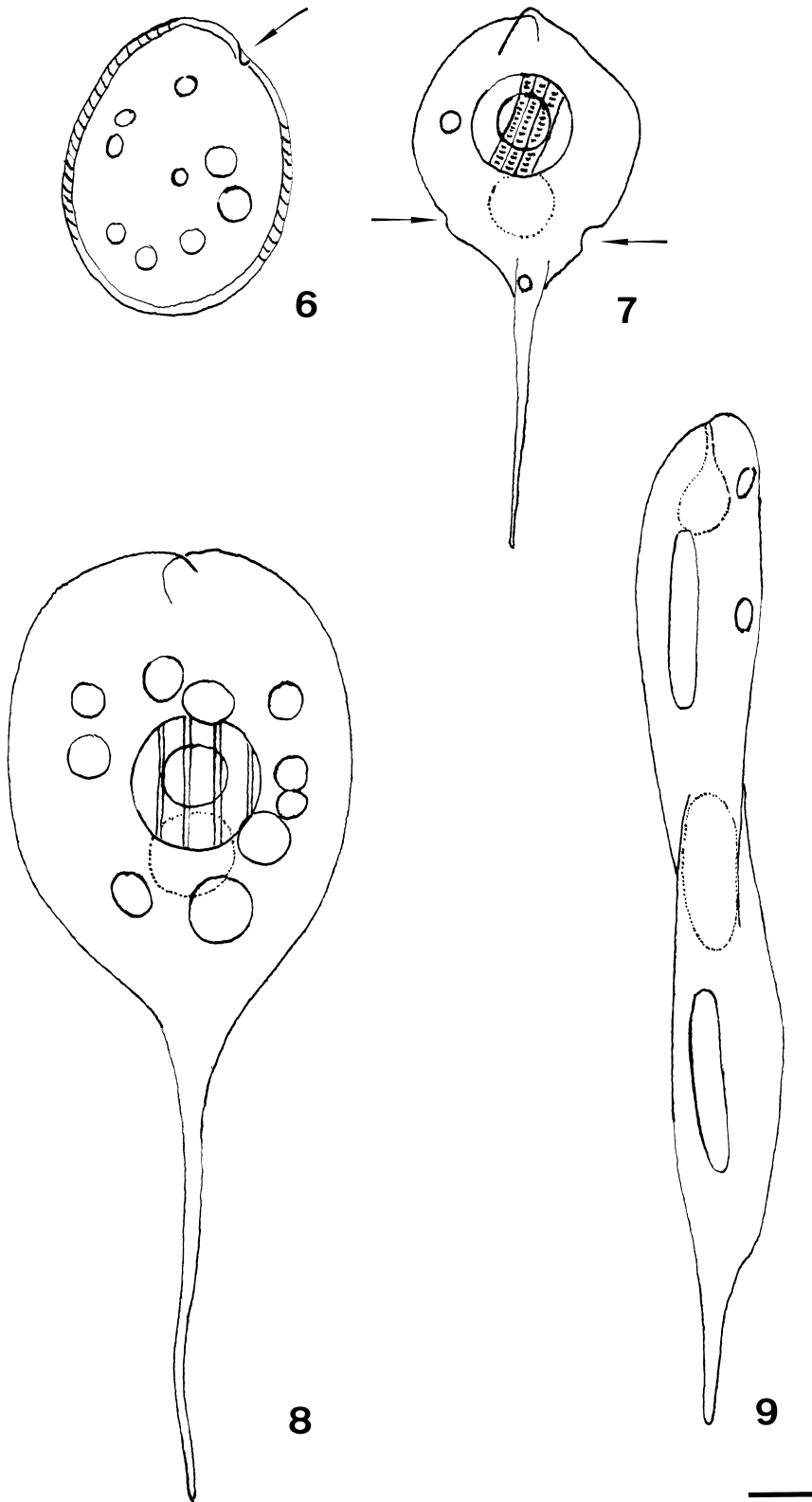
Tafel 1 Maßstab (Fig. 1-3, 5): 10 µm

- Fig. 1 *Phacus acuminatus* A. Stokes (Zellkern punktiert dargestellt)
- Fig. 2 *Phacus* aff. *mirabilis* Pochm.
- Fig. 3 *Trachelomonas hispida* (Perty) F. Stein var. *hispida*
- Fig. 4 *Phacus orbicularis* K. Hübner var. *orbicularis* (nach einer lebenden Zelle aus dem Werra-Altarm, siehe Artenliste S. 185)
- Fig. 5 Lorica von *Trachelomonas kelloggii* var. *nana* Balech



Tafel 2 Maßstab (Fig. 6-9): 10 µm

- Fig. 6 *Euglena texta* (Dujard.) K. Hübner var. *salina* (F. E. Fritsch) T. G. Popova (Zelle aus dem Fischteich, Pfeil: subapikaler Geißelporus)
- Fig. 7 *Phacus tortus* (Lemmerm.) Skvortsov (Zellkern punktiert dargestellt, Pellicula-Streifung nur über Paramylonkörper 1 eingezeichnet, Pfeile: Kerbung des Zellrandes sind Fixierungs-Artefakte)
- Fig. 8 *Phacus longicauda* (Ehrenb.) Dujard. (Pellicula-Streifung nur über Paramylonkörper 1 eingezeichnet)
- Fig. 9 *Euglena oxyuris* Schmarda



Mikroalgen und Naturschutz - Rote Listen, Bewertungsinstrumentarium und Auswertungsansätze

Wolf-Henning Kusber

Abstract

The term algae is defined with regard to ecological criteria. The role of microalgae in ecological research and nature conservation is mentioned briefly, partly in connection with the German Red List, which is regarded as a tool in nature conservation. This paper deals with the usage of these tools, i.e. fundamental principles and problems of analyses. The datasets, exemplarily analysed, are derived from floristic lists of diatoms (Bacillariophyceae) and desmids (Zygnematophyceae, Desmidiaceae) from protected or endangered areas in Germany: Berlin (nature reserve 'Pechsee und Barssee'), Brandenburg (floodplain Lower Odra), and Hessen (nature reserve 'Freudenthal', bog 'Weiberhemdmoor' on the hill 'Hoher Meißner').

Zusammenfassung

Der Begriff der Alge wird nach ökologischen Kriterien definiert. Die Rolle der Mikroalgen in ökologischer Forschung und im Naturschutz, insbesondere im Zusammenhang mit der Roten Liste der Bundesrepublik Deutschland, wird skizziert. Rote Listen werden als Werkzeug im Naturschutz verstanden. In dieser Arbeit geht es um den Werkzeuggebrauch, d.h. um Grundlagen und Probleme der Praxis der Auswertung floristischer Algen-Listen, anhand von konkreten Beispielen aus publizierten Datensätzen der Kieselalgen- und Zieralgenflora gesetzlich geschützter oder besonders schützenswerter Gebiete aus Berlin (Naturschutzgebiet Pechsee und Barssee), Brandenburg (Nationalpark Unteres Odertal) und Hessen (Naturschutzgebiet Freudenthal, Weiberhemdmoor auf dem Hohen Meißner).

1. Algen als pflanzliche Organismen

Pflanzen werden hier definiert als photosynthetisch aktive Organismen mit Chlorophyll a. Pflanzen können in Algen (prokaryontische Blaualgen und eukaryontische Algen verschiedener Evolutionslinien) und Landpflanzen (Archegoniaten und Samenpflanzen) eingeteilt werden.

Algen können demnach definiert werden als Pflanzen, ohne Archegonien und/oder verholzte (lignifizierte) Zellwände. Beide Definitionen, sowohl für Pflanzen als auch für Algen, sind nach ökologischen Kriterien erstellt. Damit umfassen sie Organismengruppen,

die aufgrund ihrer Evolution an weit entfernten Stellen des Organismensystems stehen. Die gemeinsame formale Behandlung dieser Organismengruppen, die mit dem selben Stoffwechselweg um Ressourcen konkurrieren, ist unter diesem ökologischen Aspekt sinnvoll. Eine gemeinsame Behandlung der Pflanzen im Sinne der oben genannten Definition durch den Code of Botanical Nomenclature (GREUTER et al. 2000) ist für die Zeit bis zur Verabschiedung eines umfassenden Biocodes zu fordern.

2. Algen in der ökologischen Forschung

Algen sind, nach der oben genannten Definition, pflanzliche Organismen, deren Photosynthese von zentraler Bedeutung ist. Überall dort, wo in ausreichendem Maße Licht, CO₂ und Wasser vorhanden sind, ist mit dem Vorkommen von Algen zu rechnen, entweder festsetzend auf Substrat, im Litoral der Gewässer, auf bzw. in feuchten Böden oder schwebend als Phytoplankton im Wasserkörper von stehenden und langsam fließenden Gewässern. Die Summe der Mikroalgen wird als Biomasse bzw. in nach der Utermöhl-Methode gezähltem Biovolumen (UTERMÖHL 1958, ROTT 1981) oder Chlorophyll-Gewicht pro Flächeneinheit oder Volumeneinheit angegeben. Aus Kosten- und Zeitgründen wird häufig die Messung des Chlorophyllgehaltes einer detailliert quantitativ und qualitativen Phytoplanktonanalyse vorgezogen (IRMER 2000), wobei dann eine Güteklassifizierung nicht immer vorgenommen werden kann, da auch mit den modernsten Analyseverfahren nicht zwischen Chlorophyceae, Euglenophyceae und den indikativ wichtigen Desmidiaceae unterschieden werden kann (FRIEDRICH et al. 1998, GERHARDT & BODEMER 1998, 2000). Für die Chrysophyceae und die indikativ bedeutsameren Bacillariophyceae gilt dasselbe.

Bei allen Ansätzen, die eine bestimmte Wasserqualität mit Hilfe von Organismen indizieren, ist eine genaue Kenntnis der Zusammensetzung der Arten bzw. Taxa notwendig. Zuerst wurde ein einheitlicher Ansatz der Bioindikation entwickelt (KOLKWITZ & MARSSON 1902), der alle Wasserorganismen einschließlich der Algen in Bezug zur heterotrophen Aktivität im organisch belasteten Gewässer setzte (Saprobien-system, SLÁDEČEK 1973, ROTT 1997). Das Problem bei der Anwendung des Saprobien-systems, dass photoautotrophe Organismen zwar eine mehr oder weniger starke Bindung an eine bestimmte Saprobien-stufe haben, aber diese aufgrund ihrer autotrophen Lebensweise schlechter indizieren können als rein heterotrophe Organismen, führte zum Ausschluss der pigmentierten Algen aus dem System (FRIEDRICH 1990). Als die bessere Möglichkeit der Bioindikation photosynthetisch aktiver Algen wurden die Nährstoffgehalte der Gewässer mit dem Vorkommen einzelner Arten für die Aufstellung von Trophieindikationssystemen verknüpft (HOFMANN 1994, SCHÖNFELDER 1997, SCHMEDTJE et al. 1998, ROTT et al. 1999).

3. Algen im Naturschutz

Die intensive Erforschung der Taxonomie der Höheren Pflanzen, insbesondere der Samenpflanzen, war mit Linné bereits auf einem hohen Stand, als Mikroalgen noch nahezu unbekannt waren. Der Forschungsvorsprung von einigen Jahrzehnten im Bereich der Höheren Pflanzen blieb bis zu den Naturschutzüberlegungen im 20. Jahrhundert erhalten. Hier stand zunächst die Art im Zentrum des Interesses ohne Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Biotop und Wuchsbedingungen. Beispiel dafür ist die nahezu vollständige Ausrottung von *Dryas octopetala* durch Sammeltätigkeit auf dem Meißner 1777 (MOENCH zit. in SAUER 1978, vergl. auch dazu KORNECK et al. 1996, S. 71, 163). Ein Zusammenhang zwischen der Gefährdung Höherer Pflanzen und der Veränderung ihrer Biotope wurde Anfang des 20. Jahrhunderts im Umland von Städten massiv wahrgenommen (für Berlin z.B. von GRAEBNER 1910). Erste Ansätze zu einem gesetzlichen Artenschutz bezogen sich zunächst auf besondere Blütenpflanzen, bei denen ein Rückgang und eine Gefährdung erkannt wurde. Neben Gebietsfloraen wurden Monographien geschützter Höherer Pflanzen publiziert, die sich auf die Polizeiverordnungen zum Schutz von Pflanzen in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts bezogen (STAATLICHE STELLE FÜR NATURDENKMALPFLEGE IN PREUSSEN O.J.).

Die Kenntnis, dass besondere Biotope eine einzigartige Algenflora haben, geht bis in das frühe 19. Jahrhundert zurück: "Die Infusorien findet man nicht in übelriechenden Pfützen dergleichen. Diese wimmeln zwar von Infusorien, aber ziemlich alle von denselben wenigen und gemeinen Arten ... Sehr reichhaltig an ausgezeichneteren Arten pflügen Torflachen oder Wiesengraben zu seyn." (EHRENBERG 1838). Noch am Anfang des 20. Jahrhunderts wurde allerdings der Rückgang des Vorkommens von Algen-Taxa ebensowenig erkannt (HOLTZ 1903) wie die mögliche Indikatorfunktion empfindlicher Sippen (HOLTZ 1903, MIGULA 1911). Ein zunächst erfolgversprechender Ansatz, pflanzensoziologische Methoden mit Methoden algenkundlicher Forschung zu verknüpfen (FETZMANN 1956), wurde nicht weiterverfolgt, da quantitative Biomassebestimmung auf der einen Seite (ROTT 1991) und qualitative pflanzensoziologische Beschreibungen von Mikroalgen-Dominanzgesellschaften (MÖLLER & PANKOW 1981, TÄUSCHER 1998, 1999) auf der anderen Seite auseinanderfielen. Eine genauere Untersuchung von Mikroalgenbeständen mit seltenen und gefährdeten Algentaxa könnte zur Beschreibung von mehrfach auftretenden Mikroalgengemeinschaften führen, die Informationen bereitstellen, die reduktionistische limnologische Ansätze in Bezug auf das Arteninventar nicht bereitstellen können. Eine pflanzensoziologische Benennung solcher Gemeinschaften von Mikroalgen mit Indikatorfunktion, die durch gefährdete Taxa charakterisiert werden, könnte sinnvoll sein.

Einen wesentlichen Fortschritt für die Naturschutzarbeit stellten die Roten Listen dar. Der Begriff 'Rote Liste' wird unterschiedlich gehandhabt. In der Bundesrepublik Deutschland fasst die Publikation der 'Roten Liste' Listen verschiedener Pflanzengruppen zusammen. Diese Listen umfassen Taxa, die gefährdet sind, Rote-Liste-Taxa i.e.S., und solche Taxa, die nicht gefährdet sind (zu den Kategorien siehe Abschnitt 4.2.1). Im Gegensatz dazu

werden in der österreichischen Roten Liste der Desmidiaceales nur solche Taxa aufgelistet, die gefährdet sind (LENZENWEGER 1986, 1999)

In einer ersten Phase der systematischen Erarbeitung Roter Listen für Monitoring und Naturschutzarbeit wurde in Deutschland zunächst versucht, makroskopisch sichtbare Algen einzustufen (Charophyceae, Armleuchteralgen: KRAUSE 1984, limnische Braunalgen und Rotalgen: FRIEDRICH et al. 1984). Da die meisten Vertreter dieser Algengruppen empfindlich auf eine Nährstoffanreicherung (Eutrophierung) ihrer Habitate reagieren (GEISSLER 1991, TREUBER et al. 1995), eignen sich Rote Listen dieser Algengruppen als Werkzeug im Naturschutz nur in jenen Biotoptypen, in denen tatsächlich solche Algen nachgewiesen werden oder wurden. Neben einer gründlichen Überarbeitung dieser Listen (Charophyceae: SCHMIDT et al. 1996, limnische Braunalgen und Rotalgen: KNAPPE et al. 1996) wurden die Listen der makroskopisch sichtbaren Algen um die Vaucheriaceae, Schlauchalgen (MOLLENHAUER 1996) ergänzt. Erstmals wurden 1996 mikroskopisch kleine limnische Kieselalgen (LANGE-BERTALOT 1996) und Zieralgen (GUTOWSKI & MOLLENHAUER 1996) eingestuft. Mit einer Roten Liste für die limnischen Kieselalgen steht jetzt erstmals eine Liste bereit für eine Algengruppe, die im Gegensatz zu den Armleuchter-, Braun- und Rotalgen in allen Biotoptypen zu finden ist. Mit derjenigen Liste von Zieralgen wird erstmals eine Liste für eine Algengruppe vorgestellt, die mit einem besonders großen Artenreichtum in nährstoffarmen und/oder Moorgewässern vorkommt. Damit kann eine noch bessere Verzahnung von Artenschutz und Biotopschutz (RIECKEN et al. 1994) erreicht werden, da ein Artenschutz ohne Biotopschutz nicht möglich ist (KUSEL-FETZMANN 1986, 1999, GEISSLER 1991, MOLLENHAUER & GUTOWSKI 1996). Wird das Strukturschema der inhaltlichen Begründung und Aufgabenstellung, der Durchführung und der gesellschaftlichen Nutzung der Ergebnisse des Naturschutzes zugrundegelegt (REICHHOFF 1998), zeigt sich, dass die zusätzlich erstellten Roten Listen helfen, die Strategie des Naturschutzes zu verbessern, indem sie ein erweitertes Instrumentarium für die biowissenschaftliche Begründung von Naturschutz bereitstellen. Gleichzeitig wird eine breite Datenbasis bereitgestellt, um mit Hilfe der Untersuchung von Mikroalgen Verfahren der qualitativen Erfolgskontrolle von Naturschutzmaßnahmen zu entwickeln.

4. Der Umgang mit der Roten Liste in der Praxis

Das Prinzip der Auswertung ist denkbar einfach. Eine konkrete Florenliste aus Freilanduntersuchungen wird mit Hilfe der Kategorien der Roten Liste ausgewertet und damit auch bewertet in Hinblick auf ihren Aussagewert für Naturschutzfragen. Allerdings sind die Probleme des Abgleichs zweier Datensätze, die der eigentlichen Auswertung vorausgehen, im Detail vielfältig. Jeder, der mit Listen arbeitet, wählt aus, trifft Entscheidungen und geht von Annahmen aus. Die Ergebnisse erscheinen verstreut, selten publiziert, in Gutachten und Examensarbeiten. Ziel der folgenden Abschnitte ist es, anhand konkreter Fragestellungen die Vorgehensweise der Auswertung offen zu legen, mögliche Varianten aufzuzeigen und sie auf ihre Tauglichkeit für die Auswertung zu prüfen.

4.1 Auswahl des Datensatzes

Prinzipiell eignen sich alle Datensätze zur Auswertung, die Algengruppen enthalten, für die eine Rote Liste erstellt wurde. Bei der Interpretation sollte berücksichtigt werden, dass sich die Florenlisten auf verschiedene Probenahmezeiträume, Probenumfänge und Auswertungsintensität stützen, dass sie aufgrund unterschiedlicher Fragestellungen mit verschiedenen Methoden erstellt wurden, und dass sie auf unterschiedlichem taxonomischem Bearbeitungsstand beruhen. Die hier beispielhaft vorgestellten Datensätzen weichen in Methodik und Datenlage zum Teil erheblich voneinander ab. Tabelle 1 zeigt Unterschiede besonders in der Behandlung der Kieselalgen (Diatomeen, Bacillariophyceae). Die auswertbaren Florenlisten unterscheiden sich, je nach dem, ob das gesamte Gewässer, oder ob mit Plankton- oder Benthosuntersuchungen nur ein Teil eines Gewässers detailliert untersucht wurde. Phytoplanktonarbeiten, die die gesamte Vielfalt der systematischen Algengruppen dokumentieren, bieten genaue Informationen über die Bedeutung der Kieselalgen im Untersuchungsgebiet in Bezug auf Biomasse und Stellung in der Nahrungskette (FLEIG & KUSBER 1998, KASTEN 1999). Spezialisierte Untersuchungen, die nur Schalenpräparate auswerten, können meist vollständigere Florenlisten bereitstellen, aber wenig Sicheres über die Bedeutung und tatsächliche Lebensfähigkeit der bestimmten Taxa im Untersuchungsgewässer aussagen (KUNDENREICH-WOLF 1980, SCHOLZ 1980, SCHWEERS 1999, VALENTIN 1982).

Tab. 1. Vergleich ausgewählter Algen-Florenlisten.

(P: Summe der Planktonalgen, K: Kieselalgen, Z: Zieralgen. Methodik: Untersuchung von A: Lebendproben, B: fixierten Proben, C: Kieselschalenpräparaten.)

	Unter- suchungs- gebiet	Unter- suchungs- zeitraum	Untersuchung	Algennamen Einträge, davon bestimmte Taxa	Methodik
KUNDEN- REICH-WOLF (1980)	Berlin: ein Moorgewässer	1978	Plankton + Bewuchs	56 (K), davon 48	C
SCHOLZ (1980)	Berlin: ein Moorgewässer	1978	Bewuchs	69 (K), davon 56	C
VALENTIN (1982)	Meißner: Moor	1981	Bewuchs	112 (K), davon 106	C
HAHN & NEUHAUS (1997)	Brandenburg: Boden	1994-95	Bewuchs	6 (K), davon 5	A,B,C
SCHEER & KUSBER (1997a)	Berlin: zwei Moorgewässer	1993	Plankton + Bewuchs	57 (Z), davon 56	A,B
KASTEN (1999)	Odertal: Oder, Auengewässer	1993-94	Plankton	337 (P), davon 274 69 (K), davon 56 20 (Z), davon 13	A,B,C
SCHWEERS (1999)	Werratal: zwei Baggerseen	1994-96	Plankton + Bewuchs	276 (K), davon 253	C

In der Regel ist die Frage, ob Einzelfunde bestimmter Schalen, insbesondere in Fließgewässern und fließgewässerbeeinflussten Wasserkörpern, von autochthon im Untersuchungsgewässer vorkommenden Kieselalgenzellen stammen, nicht eindeutig zu klären. Im anderen Extrem können Massenvorkommen von Schalen allgemein verbreiteter Taxa zu fehlerhaften Rückschlüssen auf die Gewässersituation führen, wenn etwa Populationen von *Asterionella formosa* zum überwiegenden Teil parasitiert sind oder Bestände von *Aulacoseira granulata* fast ausschließlich auf inaktive oder abgestorbene Zellen zurückgehen (KUSBER, unpublizierte Beobachtungen). Sehr schwierig ist es, das Vorkommen bestimmter lebender Kieselalgen aus einem Habitat direkt durch Auswertung von gewonnenen Kulturen zu belegen. Ein solches Verfahren, wie es bei Bodenalgenuntersuchungen angewandt wird, ist aufwendig und immer auf einen Ausschnitt der Gesamtflora begrenzt (HAHN & NEUHAUS 1997).

4.2 Zuordnung einzelner Taxa zu den Rote-Liste-Kategorien

In diesem Abschnitt werden die Spielregeln erarbeitet, nach denen eine Verknüpfung eines Eintrages mit einer Kategorie der Roten Liste vorgenommen werden kann. Nach diesen Spielregeln wird jede Florenliste in zwei Teilmengen zerfallen, Taxa, die einer Kategorie der Roten Liste zuzuordnen sind, und Einträge, die nicht zuzuordnen sind. Es wird hier für Auswertungen vorgeschlagen, letztere mit einem '?' zu kennzeichnen.

Bei der Auswertung von Florenlisten ergibt sich grundsätzlich eine Zuordnung der Taxa zu drei Gruppen. Die erste Gruppe umfasst die Rote-Liste-Taxa im engeren Sinne, also alle Taxa, die vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet sind, deren Gefährdung anzunehmen ist oder die extrem selten sind. Die zweite Gruppe umfasst alle ungefährdeten Taxa inklusive der als 'zurückgehend' eingestuft. Die dritte Gruppe umfasst alle Taxa, deren Vorkommen aus verschiedensten Gründen keinen Indikatorwert besitzt. Dazu gehören alle Taxa, bezüglich derer die Datenlage ungenügend ist, alle Taxa, die in der Roten Liste als im Gebiet zu erwarten angegeben wurden (LANGE-BERTALOT 1996) und in konkreten Florenlisten tatsächlich angegeben werden, und alle die Taxa, deren Namen nicht ohne Weiteres mit der Roten Liste zu synonymisieren sind.

4.2.1 Kategorien der Roten Liste

Die Kategorien der Roten Liste für Pflanzen der Bundesrepublik sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Vergleichbarkeit dieser Kategorien mit den internationalen IUCN-Kategorien ist in SCHNITTLER & LUDWIG (1996) erläutert. Bei dem direkten Vergleich der Roten Liste für Farn- und Blütenpflanzen mit denen für limnische Mikroalgen (Tabelle 2) sind durch die Untersuchungs-Methodik bedingte Unterschiede zu erkennen. Während bei Farn- und Blütenpflanzen differenzierte Länderlisten erstellt wurden, war das nur für die makroskopischen Armeleuchteralgen möglich (SCHMIDT et. al 1996). Für alle anderen Gruppen limnischer Algen existieren einheitliche Listen für die gesamte Bundesrepublik Deutschland, d.h. dass der Gefährdungsgrad einzelner Taxa regional, z.B. im Stadtgebiet

von Berlin, größer sein kann als nach einer bundesweiten Liste ersichtlich. Die Datenlage ist bei Mikroalgen grundsätzlich schlechter als bei Höheren Pflanzen, was sich an den hohen Prozentsätzen von Algen, für die eine ungenügender Datenlage angegeben wird, und der Unmöglichkeit, das Aussterben von Arten sicher anzugeben, ersichtlich ist. Wegen der Schwierigkeit, die Abwesenheit von mikroskopisch kleinen Algen nachzuweisen, wurde in den Listen der Mikroalgen der Bundesrepublik Deutschland die Kategorie '0' für ausgestorbene oder verschollene Taxa nicht vergeben (GUTOWSKI & MOLLENHAUER 1996, LANGE-BERTALOT 1996), im Gegensatz zur österreichischen Roten Liste für Desmidiáles (LENZENWEGER 1986, 1999). Die Rote Liste der Zieralgen Deutschlands (GUTOWSKI & MOLLENHAUER 1996) wagt eine Bewertung, die nach infraspezifischen Taxa differenziert. Dieses Verfahren ist zu begrüßen, wenn infraspezifische Taxa nicht nur morphologische Abweichungen wiedergeben, sondern auch Anpassungen an abweichende Umweltparameter (GEISSLER & JAHN 1986). Besondere Probleme ergeben sich bei Algentaxa, die im Gebiet bisher nicht nachgewiesen wurden, deren Vorkommen aber zu erwarten ist. Die Autoren der Roten Liste verfahren hier unterschiedlich. LANGE-BERTALOT (1996) kennzeichnet im Gebiet zu erwartende Diatomeen-Taxa mit einem Punkt, bezieht sie aber nicht in die 1437 Taxa des Gebietes mit ein. GUTOWSKI & MOLLENHAUER (1996) geben im Gebiet zu erwartende Desmidiáles-Taxa nicht an.

Tab. 2. Zusammenstellung der Kategorien der Roten Liste der Pflanzen Deutschlands. Prozentuale Anteile an der Gebietsflora nach KORNECK et al. 1996, GUTOWSKI & MOLLENHAUER 1996, LANGE-BERTALOT 1996.

	Farn- und Blütenpflanzen (alle Taxa)	Zieralgen (Desmidiáles)	Kieselalgen (Bacillariophyceae) (limnische Taxa)
Zahl der Taxa (=100%)	3319	798	1437
● (im Gebiet zu erwartende Taxa)			+195
	%	%	%
0 (ausgestorben oder verschollen)	1,6	0,0	0,0
1 (vom Aussterben bedroht)	3,9	3,9	1,5
2 (stark gefährdet)	9,1	29,1	3,9
3 (gefährdet)	12,7	29,4	8,5
G (Gefährdung anzunehmen)	1,1	0,4	7,3
R (extrem selten)	3,1	0,0	16,1
Summe der gefährdeten Taxa (Rote Liste Taxa i.e.S.)	31,5	62,8	37,3
V (zurückgehend)	k. A.	0,0	9,2
* (wahrscheinlich ungefährdet)	k. A.	9,4	23,7
** (ungefährdet)	k. A.	0,0	13,9
Summe der ungefährdeten Taxa			
	67,3	9,4	46,8
D (Datenlage ungenügend)	1,2	27,8	16,0
Summe der Taxa mit ungenügender Datenlage	1,2	27,8	16,0

4.2.2 Interpretation floristischer Listen

Jede floristische Liste besteht aus Pflanzennamen. Jeder Name wird als Eintrag bezeichnet (Beispiele 1 - 16). Jeder Eintrag steht in Beziehung zu einem Taxon oder mehreren Taxa. Ein Eintrag kann ein Teil eines Taxons (Morphotypen unterhalb des Ranges der Forma), ein Taxon (Art, Subspecies, Varietät, Forma) sein, oder für mehr als ein Taxon stehen (Gattung + spp., wobei die Gattung selbst ein Taxon ist, aber der Zusatz spp. auf mehrere differenzierbare, aber nicht differenzierte Taxa auf Artebene verweist). Tabelle 3 zeigt die unterschiedliche Behandlung von Einträgen für verschiedene Bewertungen in der Naturschutzarbeit. Bei der Darstellung der Biodiversität eines Biotops ist es sinnvoll, möglichst alle Taxa und/oder Arten zu erfassen, um einen Überblick über die organismische Vielfalt zu geben. Für Auswertungen nach der Roten Liste können in der Regel nur sicher bestimmte Taxa herangezogen werden.

Tab. 3. Bewertungsmöglichkeiten von Einträgen in Florenlisten. Zählung und Bewertung von Einträgen in Florenlisten (Zeile 1), Zählung von Arten und Taxa für Biodiversitätsuntersuchungen (Zeilen 2-3), Möglichkeit der Auswertung von Einträgen einer Florenliste bei vorausgesetzter Identität mit denen der Roten Liste (Zeile 4).

	Artnamen	infraspezifischer Name	unbestimmtes Taxon ('spec.')	unbestimmte Taxa ('spp.')	unsichere Bestimmung ('aff.', 'cf.')	Morphotyp
Zahl der Einträge	1	1	1	1	1	1
Zahl der Arten	1	0	1	≥2	1	0
Zahl der Taxa	1	1	1	≥2	1	0
Auswertung nach der Roten Liste	1	1	0	0	0	0

Folgende Einträge erscheinen typischerweise in floristischen Arbeiten:

Gattungsname ohne Artzusatz

Ist der Gattungsname durch 'spec.' gefolgt, ist eine unbestimmte Art der Gattung gemeint. Der Gattungsname, gefolgt von 'spp.' bezieht sich auf mehrere Taxa, die als abweichend von bestimmten Arten der Gattung anzusehen sind. Wenn kein Hinweis auf die Anzahl der unbestimmten Arten vorliegt, wird von größer/gleich zwei Taxa ausgegangen, bzw. werden für Biodiversitätsberechnungen zwei Taxa angenommen.

Gattungsnamen ohne Artzusatz sind für die Zahl der Einträge relevant, in die Auswertung nach Rote-Liste-Kategorien könnten solche Einträge nur als nicht bewertbar eingehen. Es wird hier vorgeschlagen, diese Einträge aus dieser Auswertung herauszunehmen, allerdings sollte der Anteil der nicht bewertbaren Taxa bei der Bewertung eines Biotops Berücksichtigung finden.

- Beispiel 1 (KASTEN 1999): *Closterium* spp.

Gattungsname + Artzusatz (Arname)

Auswertbarer Eintrag, sofern der Name so in der Roten Liste erscheint.

- Beispiel 2 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Gonatozygon brebissonii* de Bary (in der Roten Liste mit Kategorie 2 bewertet)
- Beispiel 3 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Tetmemorus laevis* (Kütz.) Ralfs ex Ralfs (in der Roten Liste als gefährdet mit der Kategorie 3 bewertet)

Arname + infraspezifischer Zusatz

Auswertbarer Eintrag, sofern der Name so in der Roten Liste erscheint.

- Beispiel 4 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Closterium nematodes* var. *proboscideum* W.B. Turner (in der Roten Liste mit Kategorie 2 als stark gefährdet bewertet)
- Beispiel 5 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Cosmarium depressum* f. *minutum* Heimerl (Basionym von *Cosmarium depressum* var. *minutum* (Heimerl) Willi Krieg. et Gerloff, das in der Roten Liste als Taxon mit ungenügender Datenlage bezüglich der Gefährdung angegeben wird)

Gattungsname + Artzusatz (Arname ohne infraspezifischen Zusatz in einer Art, für die mehr als ein infraspezifisches Taxon in der Roten Liste akzeptiert wird)

Bei diesem Fall besteht ein Spannungsverhältnis zwischen einer formalen und einer sinnvollen inhaltlichen Behandlung eines Eintrags. Formal kann der Eintrag als nicht mit der Roten Liste übereinstimmend aus der Auswertung herausgenommen werden. Inhaltlich kann es Gründe geben, dass der Eintrag einer Art wie die Nominatvarietät oder -form ausgewertet werden kann, wenn die Funde beispielsweise gut und erkennbar dokumentiert sind. Da die Entscheidung, ob das Artepitheton sich auf die Nominat-Varietät oder -Form bezieht, subjektiv bleibt, solange das Untersuchungsmaterial, wenn vorhanden, nicht erneut untersucht und dokumentiert wird, sollten Arnamen, die in der Roten Liste nicht eingestuft werden, als nicht einstuftbar gewertet werden. In Ausnahmen kann es sinnvoll sein, diese Auswertung mit einer Auswertung, die annimmt, mit einem Arnamen sei automatisch die Nominat-Varietät oder -Form gemeint, zu vergleichen (siehe Abschnitt 4.5.1).

- Beispiel 6 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Micrasterias truncata* (Corda) Brébisson in Ralfs (Eintrag nach der Roten Liste formal nicht bewertbar, Diskussion der Bewertungsmöglichkeiten in Abschnitt 4.5.1)

Gattungsname + 'cf.' oder 'aff.' + Zusatz

Die Bearbeiter bringen einen gewissen Zweifel an der Richtigkeit des Arnamens zum Ausdruck. 'Cf.' ('Vergleiche') wird häufig verwendet, wenn morphologische Abweichungen von der Artbeschreibung (der Diagnose oder der Diagnose durch die Autoren der Bestimmungsliteratur vermittelt) gefunden werden oder wenn nicht alle Merkmale für eine ausreichende Abgrenzung der Funde gegenüber ähnlichen Taxa beobachtet wurden.

'Aff.'-Einträge ('angenähert') werden von einigen Autoren dadurch von 'cf.'-Einträge abgegrenzt, dass eine Annäherung an einen bestimmten Habitus dokumentiert wird, ohne dass die Identität des Fundes sicher ist. Einige Autoren verwenden beide Abkürzungen synonym. In allen Fällen kann der Eintrag mitgezählt werden, auf eine Auswertung muss verzichtet werden.

- Beispiel 7 (KASTEN 1999): *Cosmarium cf. granatum* Bréb. ex Ralfs
- Beispiel 8 (SCHWEERS 1999): *Nitzschia aff. communis var. ovalis* Bréb.

Gattung + Zusatz + Morphotyp

Eine solche Bezeichnung wird als Eintrag gezählt, kann jedoch nicht als Taxon gewertet werden. Morphotypen werden nur dann ausgewertet, wenn der Morphotyp einer Art in einer Liste explizit genannt wird, die Art selbst nicht. Das Mitzählen eines Eintrags unterhalb der niedrigsten taxonomischen Rangstufe (Forma) ist deshalb sinnvoll, weil eine morphologische Abweichung genetische Ursachen haben könnte, die auf einem zukünftigen Forschungsstand zu einer taxonomischen Abtrennung würde.

- Beispiel 9 (KASTEN 1999): *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen var. *angustissima* (O. Müll.) Simonsen MT *curvata*
- Beispiel 10 (SCHWEERS 1999): *Diatoma vulgaris* MT *vulgaris*
- Beispiel 11 (SCHWEERS 1999): *Melosira lineata* MT *orichalcea* (Auswertung als *Melosira lineata*, siehe KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991).
- Beispiel 12 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Cosmarium sphagnicolum* West et G.S. West Morphotyp

Sonderfälle: Artname + infraspezifischer Zusatz für eine Art, deren infraspezifische Taxa nicht in der Roten Liste genannt werden.

In den Fällen, in denen alle infraspezifischen Taxa einer Art durch die Rote Liste gleich behandelt werden, kann ein Eintrag einer Florenliste bewertet werden (Beispiel 13).

- Beispiel 13 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Tetmemorus laevis* (Kütz.) ex Ralfs var. *laevis* (Nominatvarietät von *Tetmemorus laevis* (Kütz.) ex Ralfs, in der Roten Liste als gefährdet, Kategorie 3 bewertet)
- Beispiel 14 (SCHEER & KUSBER 1997a): *Staurodesmus glaber* var. *debaryanus* (Nordst.) Teiling (Taxon nicht in der Roten Liste aufgeführt, daher formal nicht auswertbar)

Sonderfälle: Abweichung der Schreibweise von Namen gegenüber der Roten Liste

Bei der Frage, unter welchen Bedingungen eine abweichende Schreibweise eines Eintrages ausgewertet werden kann, muss zunächst zwischen orthographischen und inhaltlichen Fehlern unterschieden werden. Orthographische und grammatische Fehler wie ein falsches Geschlecht des Epithetons und Druckfehler können korrigiert werden. Probleme ergeben sich bei abweichenden Autornamen, hier ist grundsätzlich zu klären, ob

es sich um formale Fehler handelt oder ob hier Homonymien vorliegen. Ein besonderes Problem stellen Synonymien dar. Je älter eine Publikation ist, desto stärker kann das dort zugrunde liegende Artkonzept von den heute allgemein verwendeten Bestimmungsbüchern abweichen. Der Vergleich von Diatomeen-Listen, die nach dem Gesamtwerk von HUSTEDT (1930-1961) bestimmt wurden, gibt es Schwierigkeiten bei der Synonymisierung mit den Konzepten von KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, 1991a, 1991b, 1997 und LANGE-BERTALOT 1996. Bei der hier vorgestellten Auswertung wurden Synonyme der Diatomeen nur soweit berücksichtigt, wie sie aus LANGE-BERTALOT (1996) ersichtlich sind, bei den Desmidiaceales wurde der Datensatz aus SCHEER & KUSBER (1997a) übernommen.

- Beispiel 15 (SCHWEERS 1999): '*Anomoeoneis sphaerophora*', berichtigt zu *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenb.) Pfitzer
- Beispiel 16 (KASTEN 1999): '*Fragilaria ulna acus*-Sippe' nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) ist formal kein Taxon im Sinne des Botanischen Codes, für diesen Ausdruck steht jedoch das Taxon *Fragilaria ulna* var. *acus* (Kützinger) Lange-Bert. zur Verfügung (LANGE-BERTALOT 1996)

4.3 Möglichkeiten der Vergrößerung oder Verkleinerung eines auswertbaren Datensatzes

Eine Vergrößerung des auswertbaren Datensatzes ist in den Fällen wünschenswert, in denen der Anteil auswertbarer Algennamen, verglichen mit der Anzahl von Einträgen in einer Florenliste, unverhältnismäßig klein ist. Ziel ist es, im Bereich nicht zuzuordnender Algennamen eine höhere Auflösung zu erhalten (Abschnitt 4.3.1 und 4.5.1). Im Gegensatz dazu könnte eine Verkleinerung des auswertbaren Datensatzes sinnvoll sein, wenn dadurch Fehlbewertungen zu vermeiden wären (Abschnitt 4.3.2).

4.3.1 Vergrößerung eines auswertbaren Datensatzes

Nachdem in Abschnitt 4.2 die Spielregeln für die Zuordnung von Einträgen von Algen-Namen zu den verfügbaren Kategorien festgelegt wurden, kann aus jeder beliebigen Florenliste ein auswertbarer Datensatz erarbeitet werden. Der Datensatz umfasst alle Namen, die identisch mit denen der Roten Liste sind oder deren Identität begründet angenommen werden kann (siehe Abschnitt 4.2.). In fast jedem Fall enthalten Florenlisten jedoch Namen, die nicht ohne weiteres den Kategorien der Roten Liste zugeordnet werden können. Aufgrund des Aufbaus der Roten Liste alle in Deutschland vorkommenden Taxa zu bewerten, müssen diese Namen Informationsträger sein, d.h. sie müssen mit den vorhandenen Kategorien verknüpfbar sein. Der idealtypische Datensatz enthält keine Unsicherheiten, bzw. nur Einträge, die eindeutig zuzuordnen sind. Da sich diese Arbeit auf die Auswertung von Florenlisten bezieht, nicht auf die Objektebene selbst, soll hier nur kurz auf die Möglichkeiten der praktischen Forschung eingegangen werden, Florenlisten zu bearbeiten. Die Nachuntersuchung eines Standortes, dessen Florenliste für die Auswertung nach der Roten Liste als unzureichend erachtet wird, kann grundsätzlich

nicht eine vorhandene Florenliste korrigieren, da mit einer erneuten Untersuchung, d.h. mit neuen Aufsammlungen, ein neuer Datensatz geschaffen wird. Eine Korrektur vorhandener Florenlisten ist nur dann möglich, wenn vorhandene Aufsammlungen bzw. Proben erneut untersucht oder Dokumente wie mikroskopische Fotos, ggf. auch Zeichnungen des interessierenden Gewässers und Untersuchungszeitraumes, erneut ausgewertet werden können. Diese Verfahren bringen vor allem dort einen Informationsgewinn, wo es möglich ist, unbestimmte Taxa möglichst genau nachzubestimmen, bei gegenüber Namen der vorhandenen Florenliste abweichenden Bestimmungsergebnissen ergeben sich erneute Interpretationsschwierigkeiten. Voraussetzung für alle Nachuntersuchungen sind vorhandene Proben und Dokumentationen, deren Hinterlegung in Forschungseinrichtungen wie Botanischen Museen (JAHN & GEISSLER 1993) nachdrücklich empfohlen wird.

Die sicherste Methode der Auswertung ist, nur Einträge auszuwerten, die eindeutig zuzuordnen sind.

Die Bearbeitung von Florenlisten nach theoretischen Annahmen zur taxonomischen Identität eines Eintrages ist prinzipiell möglich, als Routine-Verfahren aber abzulehnen und nur in Ausnahmefällen unter definierten Bedingungen sinnvoll. Es gibt nur wenige unstrittige Fälle, ein Taxon einer Florenliste trotz Nicht-Identität mit Einträgen der Roten Liste auszuwerten. Mehrere Beispiele gibt es in der Roten Liste der Zieralgen (GUTOWSKI & MOLLENHAUER 1996), wo mehrere Taxa der selben Kategorie zugeordnet werden. Der Eintrag '*Tetmemorus spec.*' kann deshalb als gefährdet angesehen werden (Kategorie 3 der Roten Liste), da alle vier Taxa der Gattung dieser Kategorie zugeordnet werden, genau so kann '*Tetmemorus brebissonii*' einer Florenliste - auch ohne Bestimmung der Varietät - bewertet werden, da beide infraspezifischen Taxa gleich eingeordnet werden.

Bei Florenlisten mit einem sehr hohen Anteil nicht zuzuordnender Algen-Namen stellt sich die Frage, ob es sinnvoll sein kann, durch Annahmen den Anteil zuzuordnender Einträge zu erhöhen. Dies ist theoretisch überall möglich, wo eine Florenliste einen Artnamen ohne infraspezifischen Zusatz enthält, die Rote Liste aber nur infraspezifische Taxa der Art bewertet. Die Annahme, mit dem Artnamen sei automatisch die Nominatvarietät oder Nominatform gemeint, ist wahrscheinlicher als die Annahme, mit dem Artnamen sei automatisch ein sehr seltenes oder unzureichend bekanntes Taxon gefunden worden, argumentativ begründbar ist die erstgenannte Annahme nicht. Wie unproblematisch Anteile nicht zuzuordnender Taxa bei größeren Datensätzen sind, soll in Tabelle 4, Spalten 4 - 5 gezeigt werden. Einzig bei sehr kleinen Datensätzen mit einem hohen Anteil von nicht zuzuordnenden Taxa kann eine alternative Auswertung mit Annahmen sinnvoll sein (siehe Abschnitt 4.5).

Ein altbekanntes Problem bei der Auswertung von Florenlisten, besonders älteren Datums, ist das der Synonymie der verwendeten Namen mit der heute gebräuchlichen Synonymie. An dieser Stelle wird der Begriff des 'gültigen Namens' vermieden. Gültig ist ein Pflanzename immer nur in Bezug auf die Nomenklaturregeln. Worum es hier geht, ist, die Pflanzennamen einer Florenliste auf einen einheitlichen, d.h. auch bewertbaren Standard zu bringen. Für die Synonymie der Bacillariophyceae bietet sich die Rote Liste selbst an, die einige wichtige Synonyme nennt. Bei diesem Standardverfahren können einige Fälle konspezifischer Taxa leicht übersehen werden. Alternativ ist es möglich, in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986-1997), in HUSTEDT (1930-1961) und in zahlreichen Einzelpublikationen weitere Synonymien aufzudecken. Erfahrungsgemäß steigt damit

auch die Unsicherheit bezüglich der Identität zweier oder mehrerer Taxa, da sich taxonomische Konzepte verschiedener Autoren oder derselben Autoren zu verschiedenen Zeiten unterscheiden können.

Tab. 4. Beispiel für den Einfluss der Anzahl auswertbarer Taxa auf das Auswertungsergebnis in mittelgroßen (VALENTIN 1982) und großen Florenlisten (SCHWEERS 1999).

Spalte 2 und 3: Auswertung ausschließlich bei Identität von Florenlisten-Eintrag und Eintrag in der Roten Liste (LANGE-BERTALOT 1996); Spalten 4 und 5: Vergrößerung des auswertbaren Datensatzes durch alternative Auswertung, die annimmt, mit einem Art-Eintrag sei jeweils die Nominatvarietät oder -form gemeint; Spalten 6 und 7: Verkleinerung des Datensatzes durch Ausschluss aller Einzelfunde; Spalte 7 gibt die Differenz zu Spalte 3 wieder.

Taxa der Sphagnum-Proben des Weiberhemdmoores (VALENTIN 1982)						
Kategorie	Spalte 2 Summe einzustu- fender Taxa	Spalte 3 Summe in %	Spalte 4 Taxa (Altern.)	Spalte 5 Differenz- Summe in %	Spalte 6 Taxa (o. Einzel- funde)	Spalte 7 Differenz- Summe in %
	39	=100,0	61	0	29	0
**	7	17,9	17	+9,9	7	+6,2
*	4	10,3	7	+1,2	2	-3,4
V	4	10,3	9	+4,5	4	+3,5
R	0	0	0	0	0	0
G	6	15,4	8	-2,3	3	-5,0
3	2	5,1	4	+1,4	2	+1,8
2	1	2,6	1	-0,9	1	+0,9
D	1	2,6	1	-0,9	1	+0,9
●	0	0	0	0	0	0
?	14	35,9	14	-12,9	9	-4,9
Taxa des Kiesteiches 6 aus dem Werra-Tal (SCHWEERS 1999)						
Kategorie	Summe einzustu- fender Taxa	Summe in %	Taxa (Altern.)	Differenz- Summe in %	Taxa (o. Einzel- funde)	Differenz- Summe in %
	211	=100,0	240	0	109	0
**	95	45,0	109	+0,4	65	+14,6
*	55	26,1	67	+1,9	27	-1,3
V	18	8,5	21	+0,2	4	-4,9
R	8	3,8	8	-0,5	1	-2,9
G	10	4,7	10	-0,6	2	-2,9
3	1	0,5	1	-0,1	0	-0,5
2	0	0	0	0	0	0
D	12	5,7	12	-0,7	6	-0,2
●	2	1,0	2	-0,1	0	-0,9
?	10	4,7	10	-0,6	4	-1,1

4.3.2 Verkleinerung eines auswertbaren Datensatzes

Eine Verkleinerung eines auswertbaren Datensatzes wird bei ökologischen Auswertungen überall dort gefordert, wo eine Verfälschung der Ergebnisse durch Überbewertung extrem seltener Taxa oder durch Bewertung in das Untersuchungsgebiet eingetragener toter Zellen oder Mikroreste wie Kieselschalen oder Zellwände toter Zellen zu erwarten ist. Bei

der Bewertung der Saprobien- oder Trophieindizes bei Gewässerorganismen gibt es die Möglichkeiten, eine Verfälschung der Bewertung zu vermeiden, indem Einzelfunde einer Liste eliminiert werden, oder Häufigkeiten in die Indexberechnung mit eingehen (ZELINKA & MARVAN 1961), wobei der Einfluss von Einzelfunden oder sehr seltener Taxa auf das Ergebnis vermindert wird. Ein solches Verfahren - bei Fragen der Ökosystembeschaffenheit und der Systemeigenschaften sinnvoll und notwendig - kann bei Fragen des Arten- und Naturschutzes nicht angewandt werden. Rote-Liste-Taxa mit einem hohen Indikationsgewicht können in einem Gewässer so selten vorkommen, dass sie in Aufsammlungen nur als Einzelfunde gefunden werden. Für Desmidiaceen-Untersuchungen wird aus diesem Grunde eine sehr starke Konzentration der Proben empfohlen (COESEL 1998). Voraussetzung für die Bewertung eines Algennamens ist, dass die Alge tatsächlich im Untersuchungsgewässer gelebt hat und lebens- bzw. vermehrungsfähig war. Eine solche Bonitierung der Funde ist bei der Aufnahme höherer Pflanzen ohne größere Probleme im Gelände möglich. Schwierigkeiten ergeben sich bei Mikroalgen, da eine Bestimmung vor Ort nicht möglich ist. Die Bonitierung von Zieralgenfunden ist im Labor relativ einfach, neben der Möglichkeit der Lebendbeobachtung können Zellinhalte fixierter Zellen von bei der Fixierung toten Zellen oder Zellwänden meist deutlich unterschieden werden. Zu der Bestimmung von Zieralgen-Taxa werden in der Regel ganze Zellen herangezogen, nicht nur Zellwände von Semi-Zellen. Schwieriger sind die Verhältnisse bei Kieselalgen. Für eine sichere Bestimmung werden Kieselschalen, also pro Zelle zwei verkieselte Zellwände benötigt. In präpariertem Zustand ist keine Bonitierung in Bezug auf die Zelle im Untersuchungsgewässer möglich. Eine Bonitierung lebender Zellen ist zwar möglich (COX 1996), wird aber in der Praxis noch wenig genutzt. Der Rückschluss von Schalenpräparaten auf die tatsächlichen Verhältnisse im Ökosystem ist nur mit gewissen Vorbehalten möglich. Fehlermöglichkeiten können der Eintrag von Kieselschalen über Fließgewässer, den Wind, Wasservögel oder andere Vektoren sein, Kieselschalen können aus dem Sediment aufgewirbelt und, im Extremfall, fossilen Ursprungs sein. Bei der Berücksichtigung von Einzelfunden bei den Kieselalgen bieten sowohl Berücksichtigung wie auch Nicht-Berücksichtigung von Einzelfunden Fehlermöglichkeiten. Tabelle 4, Spalten 6 - 7 zeigt die Veränderung der Anteile der Kategorien an der Florenliste verschiedener Wasserkörper zweier Untersuchungsgebiete. Wird jede eingetragene Schale bewertet, kann ein Standort zu positiv bewertet werden, werden Taxa der Rote Liste i.e.S., die im Gewässer leben, aufgrund ihrer Seltenheit nicht berücksichtigt, kann ein Gewässer zu negativ bewertet werden. In diesem Dilemma gibt es keine andere Möglichkeit, als Einzelfunde zu berücksichtigen und im Einzelfall das Ergebnis zu diskutieren.

4.4 Vergleich einzelner Datensätze (einer Zeitebene)

4.4.1 Methodik des Vergleiches einzelner Datensätze

Der Vergleich einzelner Florenlisten hat die Zuordnung der Taxa zu den Kategorien der Roten Liste zur Grundlage. Auf dieser Basis kann die Zahl der Taxa in jeder Kategorie, oder den Kategoriegruppen (ungefährdete Taxa, gefährdete Taxa, Taxa mit ungenügender Datenlage) verglichen werden. Dieses Verhältnis kann als ungekürzter Bruch angegeben werden (z.B. Taxa, die der Kategorie 3 der Roten Liste zugeordnet werden; Standort A zu

Standort B Taxa 1/2 oder 2/4). Geht es nur um die Relation dieser Taxonzahlen, kann dieser Bruch als Faktor angegeben werden (im genannten Beispiel ergibt sich der Faktor 0,5 für beide Zahlenbeispiele, was einen Informationsverlust in Bezug auf die tatsächlichen Taxon-Zahlen bedeutet). Das Verhältnis der Taxa ist jeweils von der Gesamtartenzahl des Standortes abhängig. Als Maß für die Bedeutung der Taxa einer Kategorie für die Flora eines Standortes wird deren prozentualer Anteil einzelner Gefährdungskategorien an der Flora angegeben. Der Faktor, der sich aus dem Verhältnis des prozentualen Anteils der Taxa einer bestimmten Kategorie des Standortes A zum prozentualen Anteil der Taxa einer bestimmten Kategorie des Standortes B ergibt wird hier als brauchbares Mittel vorgeschlagen, die relative Wertigkeit eines Standortes anzugeben.

4.4.2 Vergleich einzelner Gebietsfloren

Ein Vergleich verschiedener Gebiete nach den Anteilen der Rote-Liste-Arten kann nur wenig differenzierte Aussagen ermöglichen (Abb. 1), verglichen mit dem konkreten Vergleich zweier Wasserkörper. In Abb. 1A wird die Diatomeenflora dreier Gebiete miteinander verglichen. Die Gewässer des Unteren Odertales sind mit den Baggerseen des Werratales (SCHWEERS 1999, KRÜGER 2001) vergleichbar, bezüglich der Anteile der Taxa gleicher Kategorie. Den überwiegenden Anteil bilden Taxa, die ungefährdet sind oder als ungefährdet gelten. Im Gegensatz zur Florenliste des Unteren Odertales werden für die Baggerseen des Werratales einige Arten der Roten Liste i.e.S. angegeben, wodurch sich geringe Anteile der extrem seltenen 'R', der in ihrem Vorkommen zurückgehenden 'V' und als gefährdet '3' eingestuften Taxa an der Florenliste ergeben. Bei einer Trophieeinschätzung von Gewässern sind vor allem das Vorkommen oligotropher (d.h. unter nährstoffarmen Gewässerbedingungen besonders vitaler) Taxa, bzw. deren Anteile an einer Florenliste wichtig für eine Bewertung. Das Vorkommen oligotropher Taxa in einem Gebiet mit eutrophen Lebensbedingungen ist ebenso möglich wie das Vorkommen eutropher (d.h. unter nährstoffreichen Gewässerbedingungen besonders vitaler) Taxa unter oligotrophen Lebensbedingungen. Das Problem, anhand von Kieselalgen-Schalenpräparaten nichts über das tatsächliche Vorkommen lebender und vitaler Zellen, bzw. Populationen aussagen zu können, wurde bereits hingewiesen. Für eine möglichst realistische Trophieeinschätzung von Kieselalgen-Florenlisten nach der Roten Liste ist der Anteil oligotropher Taxa an der Gesamtflorenliste von Bedeutung. Besonders aussagekräftig ist der Faktor, der sich aus dem prozentualen Anteil oligotropher Taxa, geteilt durch den prozentualen Anteil eutropher Taxa einer Florenliste ergibt. In Tabelle 5 wurden die Kieselalgen-Florenlisten der drei Gebiete entsprechend ausgewertet.

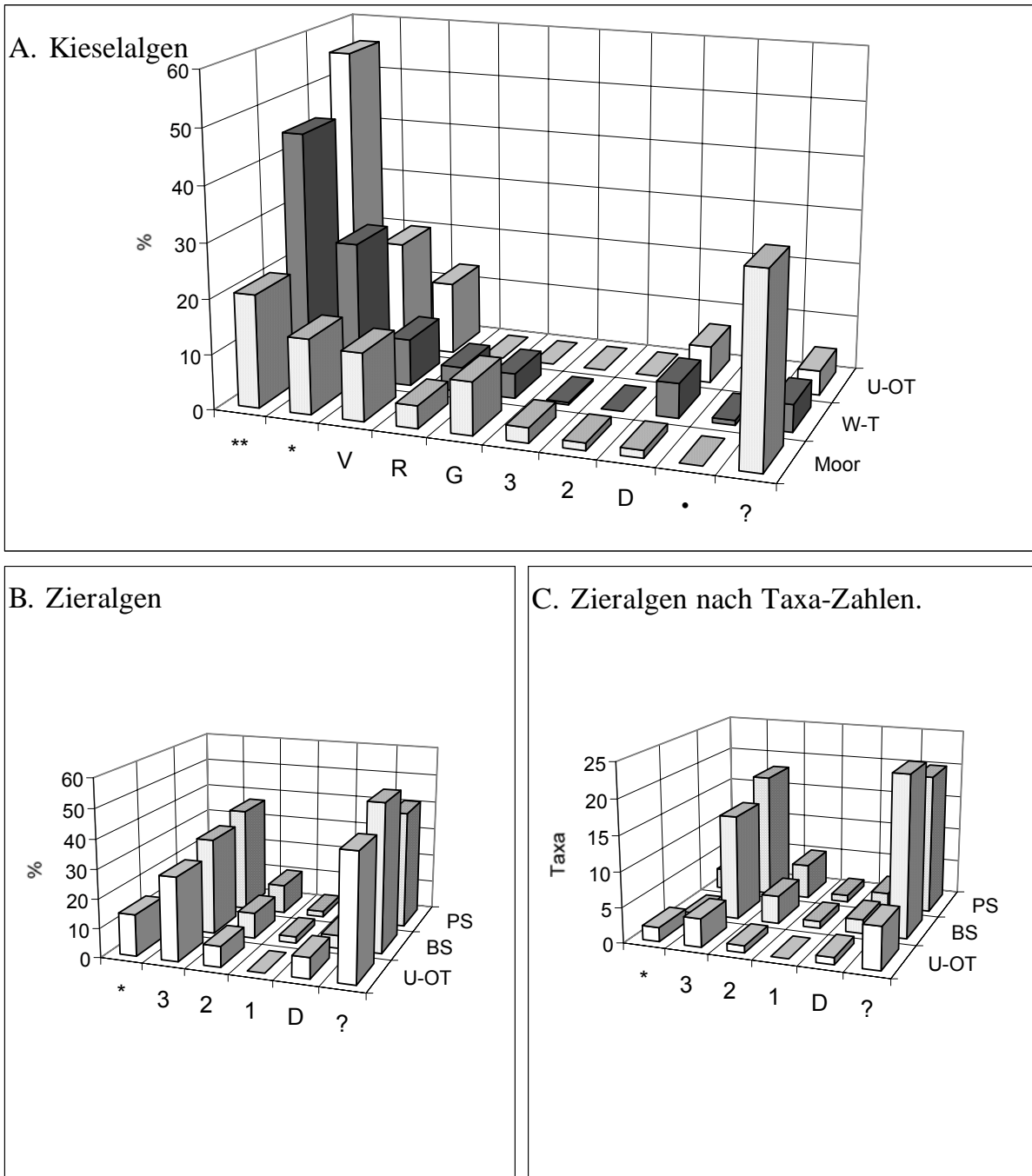


Abb. 1. Gebietsflore nach ihren Anteilen an den Kategorien der Roten Liste. Moor: Weiberhemdmoor (VALENTIN 1982), W-T: Baggerseen im Werratal (SCHWEERS 1999), U-OT: Unteres Odertal (KASTEN 1999), ?: keiner Kategorie der Roten Liste zuzuordnen, % bezieht sich auf die Zahl der Taxa.

Von besonderem fachlichem Interesse ist der mit 27% relativ hohe Anteil oligotropher Taxa an der Kieselalgenflora des Weiberhemdmoores. Er liegt erheblich über den 8,6% als oligotroph eingestufte Schalenfunde der Baggerseen des Werratales. Die Bedeutung des Anteiles oligotropher Taxa für die Flora des Weiberhemdmoores wird durch den Faktor von 2,2 (prozentualer Anteil oligotropher Taxa zu prozentualem Anteil eutropher Taxa) verdeutlicht, während dieser Faktor für die Gebietsflora der Baggerseen des Werratales mit 0,3 unbedeutend ist und für das Untere Odertal 0,0 beträgt. Die Überprüfung der Florenliste der Kieselalgen des Berliner Teltowkanals ergibt dasselbe

Verhältnis oligotropher zu eutropher Taxa (KUSBER & JAHN 2000). Die Verfeinerung dieses Verfahrens ist möglich, wenn die oligotropher Taxa entsprechend der Roten Liste differenziert werden, und wenn es möglich ist, im Gebiet ökologisch unterschiedliche Gewässer oder Gewässerteile genauer zu vergleichen.

Tabelle 6 zeigt die unterschiedlichen Anteile halophiler Taxa an der Gebietsflora der Kieselalgen. Der absolut und relativ erhöhte Anteil der halophilen Taxa in Baggerseen des Werratales gibt den Einfluss der salzbelasteten Werra wieder.

Abb. 1 B-C bietet einen Vergleich der Zieralgenflora des Unteren Odertales mit den Mooren Barssee und Pechsee in Berlin. Der prozentuale Anteil der Taxa der einzelnen Kategorien (Abb. 1 B) ist in allen Gebieten vergleichbar, bis auf das Fehlen von Taxa im Unteren Odertal, die der Kategorie 1 zugeordnet werden. Der qualitative Unterschied der Gebiete wird allerdings nur deutlich, wenn die tatsächlichen Anzahlen der Taxa der verschiedenen Kategorien miteinander verglichen werden (Abb. 1 C).

Tab. 5. Vereinfachte Trophieeinschätzung nach LANGE-BERTALOT (1996).

Legende: eu: Vitalität besonders in hoch mesotrophen bis eutrophen Gewässern, tol: tolerant in Bezug auf die Gewässertrophie, o: in oligotrophen Gewässern, hier unter Einbeziehung von Taxa aus kalkhaltigen und sauren oligotrophen Gewässern; nicht bewertet: Taxa, die nicht in Bezug auf die Gewässertrophie eingeordnet sind, unter Einbeziehung halophiler und aerophiler Taxa.

	Taxa Summe	eu %	tol %	o %	o/eu	nicht be- wertet %
Weiberhemdmoor (VALENTIN 1982)	74	12,2	10,8	27,0	2,2	50,0
Baggerseen des Werra-Tales (SCHWEERS 1999)	222	32,4	17,1	8,6	0,3	41,9
Gewässer des Unteren Odertales (KASTEN 1999)	45	35,6	22,2	0	0	42,2

Tab. 6. Anteil halophiler Kieselalgen-Taxa nach LANGE-BERTALOT (1996).

Taxa	Taxa Summe	halophile Taxa Anzahl	halophile Taxa der Florenliste [%]
Weiberhemdmoor (VALENTIN 1982)	74	2	2,7
Baggerseen des Werra-Tales (SCHWEERS 1999)	222	32	14,4
Gewässer des Unteren Odertales (KASTEN 1999)	45	3	6,7

4.4.3 Vergleich einzelner Gewässerstandorte

Die besten Voraussetzungen für einen Gewässervergleich sind die Gegenüberstellung von gleichartigen Gewässern oder gleichartigen Gewässertypen (Abb. 2). Von Vorteil ist es, wenn die Daten von den gleichen Bearbeitern und im selben Zeitraum mit derselben Bearbeitungsintensität erhoben wurden.

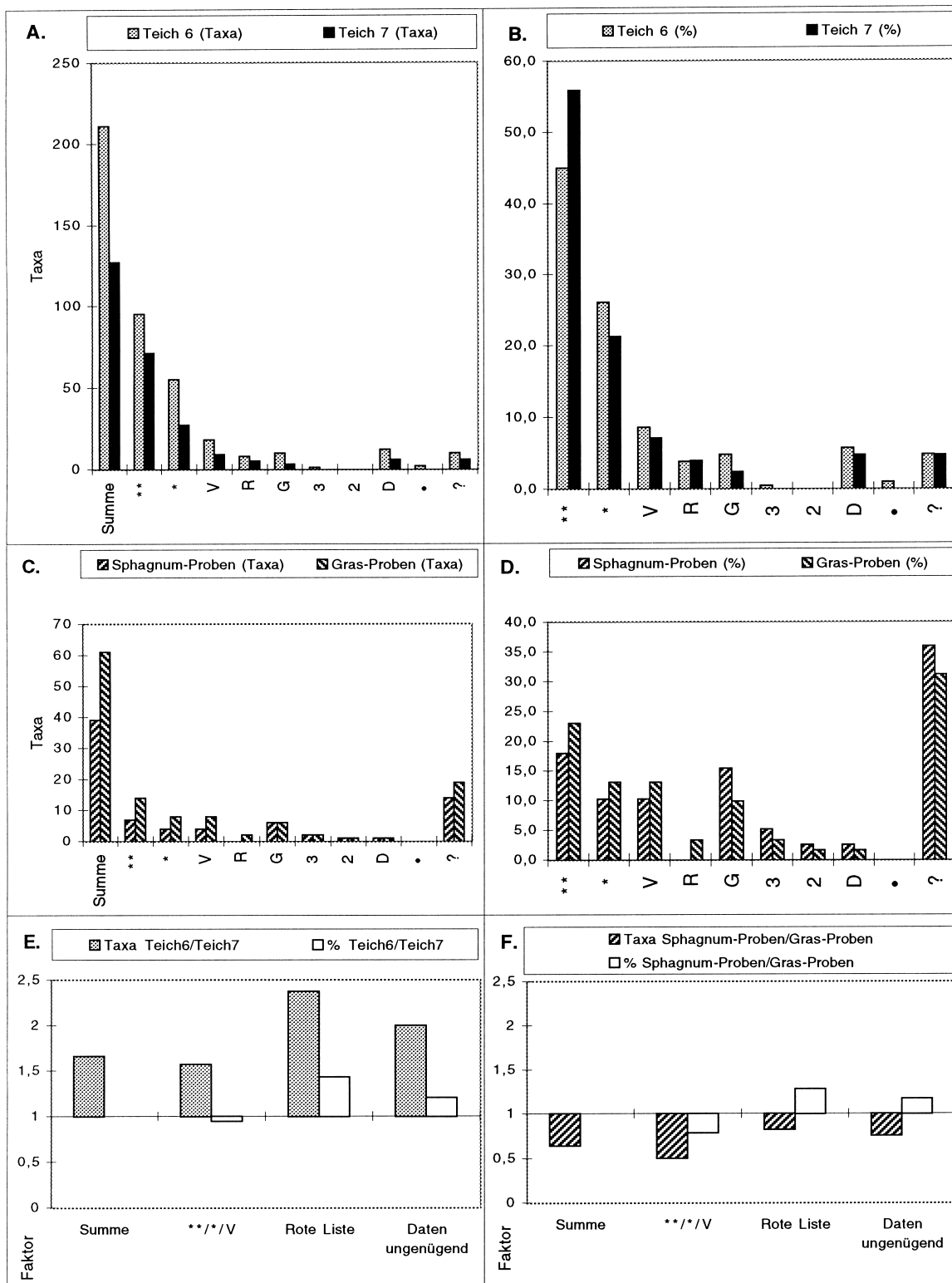


Abb. 2. Vergleich von Kieselalgenfloren in Hessen. A.-B. Teich 6 und Teich 7, Baggerseen aus dem Werratal (SCHWEERS 1999:6f), C.-D. Weiberhemdmoor (VALENTIN 1982): Vergleich der Florenliste aller Proben aus Sphagnum-Proben mit der aus Bewuchs an Carex-Polstern, E. Verhältniszahlen aus A. und B., F. Verhältniszahlen aus C. und D.

Diese Voraussetzungen sind bei Teich 6 und Teich 7, Baggerseen aus dem Naturschutzgebiet Freudenthal im Werra-Tal gegeben (SCHWEERS 1999). VALENTIN (1982) streute seine Probenahmen über ein größeres Gebiet im Weiberhemdmoor und wertete die Proben bereits nach kleinräumigen und saisonalen Verteilungsmustern aus. In dem hier vorliegenden Auswertungsversuch wurden aus der Gesamtheit der Kieselalgenfunde solche Proben zusammengefasst, die in *Sphagnum*-Polstern, und solche, die aus dem Bewuchs von Grashorsten gewonnen wurden.

4.5 Möglichkeit der Untersuchung von Zeitreihen

Voraussetzung für die Auswertung von Zeitreihen sind hinreichend verlässliche und umfangreiche Datensätze. Für das Naturschutzgebiet Pechsee und Barssee in Berlin liegen Daten seit den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts vor. Analysen der Florenveränderung wurde in den siebziger und neunziger Jahren durchgeführt (WEDDIGEN 1977, WEDDIGEN & GEISLER 1980, SCHEER 1994, SCHEER & KUSBER 1997a,b). Im Folgenden soll eine Auswertung der Biotopentwicklung seit der ersten Beprobung durch WILKAITES (1925) versucht werden. Im ersten Teil sollen grundsätzlich alle denkbaren Möglichkeiten der Auswertung getestet werden mit den Zielen, abschätzen zu können, wie verlässlich Trendaussagen zu Zeitreihenanalysen sein können und, zweitens, nachvollziehbar eine standardisierte Auswertung zu erarbeiten. Eine Setzung ist die Möglichkeit der Bewertung historischer Florenlisten mit Kriterien einer modernen Roten Liste. Der Vorteil der Bewertungsmöglichkeit historischer Florenlisten wird hier als größer und wichtiger angesehen, als eine eventuell leichte Verschiebung des Auswertungsergebnisses.

4.5.1 Methodik der Auswertung von Zeitreihen nach der Roten Liste

Der Datensatz der Zeitreihe wird den Kategorien der Roten Liste zugeordnet. Das Ergebnis kann dann als Trendgraphik dargestellt werden. Bei historischen Florenlisten ist der Anteil nicht zuzuordnender Taxa häufig sehr hoch. Bei Zieralgenlisten ergibt sich vor allem das Problem, dass in älteren Listen meist keine infraspezifischen Taxa angegeben werden, also nach den differenzierten Angaben der Roten Liste nicht auswertbar sind. Leider ist, bei fehlender Dokumentation, meist nicht erkennbar ob die Autoren mit einem Artnamen das meinten, was heute als Nominatvarietät oder Nominatform bezeichnet wird, oder ob innerhalb eines uneinheitlichen Materials nicht zwischen infraspezifischen Taxa unterschieden wurde. Anhand des Beispiels 6 aus Abschnitt 4.2.2 soll die Problematik für die Auswertung verdeutlicht werden. Der Eintrag in diesem Beispiel lautet *Micrasterias truncata* (Corda) Brébisson in Ralfs, er kann formal nicht nach der Roten Liste ausgewertet werden, da dort nur die infraspezifischen Taxa der Art bewertet werden. Bei den drei für Deutschland angegebenen infraspezifischen Taxa handelt es sich um *M. truncata* (Corda) Brébisson var. *truncata*, als gefährdet eingestuft in Kategorie 3; *M. truncata* var. *crenata* (Brébisson) Grönblad, als stark gefährdet eingestuft in Kategorie 2 oder *M. truncata* var. *quadrata* Bulnheim, als vom Aussterben bedroht eingestuft in Kategorie 1. Da der Fund aller Wahrscheinlichkeit nach einer dieser drei Kategorien

zuzuordnen ist, kann gefolgert werden, dass der Fund zwischen Kategorie 1 und 3 einzustufen ist, eine Nichteinstufung würde jedoch die Möglichkeit der Zuordnung zu allen Kategorien, incl. des ungefährdeten Status einbeziehen.

Bei dem Versuch einer möglichst exakten Zuordnung eines Taxons zu den Kategorien der Roten Liste ergibt sich das Problem der Unschärfe. Eine Unschärfe ergibt sich entweder durch die mögliche Verknüpfung von einem Eintrag einer Algenliste mit mehreren Kategorien der Roten Liste (Beispiel: *M. truncata*), oder sie liegt bereits in der Bewertung der Roten Liste selbst (Kategorie G der Roten Liste, die für den Bereich Kategorie 1 bis 3 steht). Für die Berechnung der Anteile einzelner Taxa an den Kategorien der Roten Liste bedeutet das, dass eine Bewertung, die eine Auswertbarkeit nur bei Identität von Eintrag der Florenliste und der Roten Liste akzeptiert, fachlich nicht angreifbar ist, aber einen Informationsverlust beinhaltet. Die Berechnung, die alle möglichen Informationen, die in dem Datensatz einer vorliegenden Florenliste verborgen sind, berücksichtigt, ist zu aufwendig. Konkret bedeutet das, dass die Kombination aller möglichen Verknüpfungen zwar die tatsächliche Information, die in einer konkreten Florenliste steckt, am besten wiedergibt, aber rechnerisch zu aufwendig für das gewünschte Ziel ist. Eine vereinfachte Variante der Auswertung wird im Folgenden vorgestellt.

Nach diesen theoretischen Überlegungen soll jetzt geklärt werden, wie weit sich das Ergebnis der Auswertung ändert, wenn bei formal nicht auswertbaren Namen Annahmen getroffen werden.

Dazu werden drei Auswertungen für die Zeitreihen der Zieralgenfloren von Pechsee und Barssee gegenübergestellt.

1. Auswertung (im Folgenden 'exakte Auswertung' genannt): Sie akzeptiert nur identische Einträge von Florenliste und Roter Liste (Beispiel: *M. truncata* wird als nicht auswertbar mit einem '?' gekennzeichnet).

2. Auswertung (im Folgenden 'alternative Auswertung' genannt): formal nicht auswertbare Einträge einer Florenliste werden durch die Annahme, bei einer Art, bei der nur infraspezifische Taxa durch die Rote Liste bewertet werden, handele es sich um die Nominatvarietät oder -form bewertbar. (Beispiel: *M. truncata* wird als Nominatvarietät mit der Kategorie 3 verknüpft).

3. Auswertung (als Fehlerabschätzung für die ersten Auswertungen gedacht): Annahme, bei einer Art, bei der nur infraspezifische Taxa durch die Rote Liste bewertet werden, handele es sich um das infraspezifische Taxon, das gegenüber der Nominatvarietät oder -form entgegengesetzt eingestuft wird (Beispiel: *M. truncata* wird mit der Kategorie 1 verknüpft).

4.5.2 Erarbeitung einer standardisierten Auswertung von konkreten Zeitreihen nach der Roten Liste

Drei Auswertungen für zwei Gewässer werden in Abb. 3 vorgestellt. Abb. 3A bis 3F beziehen sich auf die Zieralgenflora des Pechsees, Abb. 3G bis 3L auf die des Barssees (Daten aus SCHEER & KUSBER 1997a).

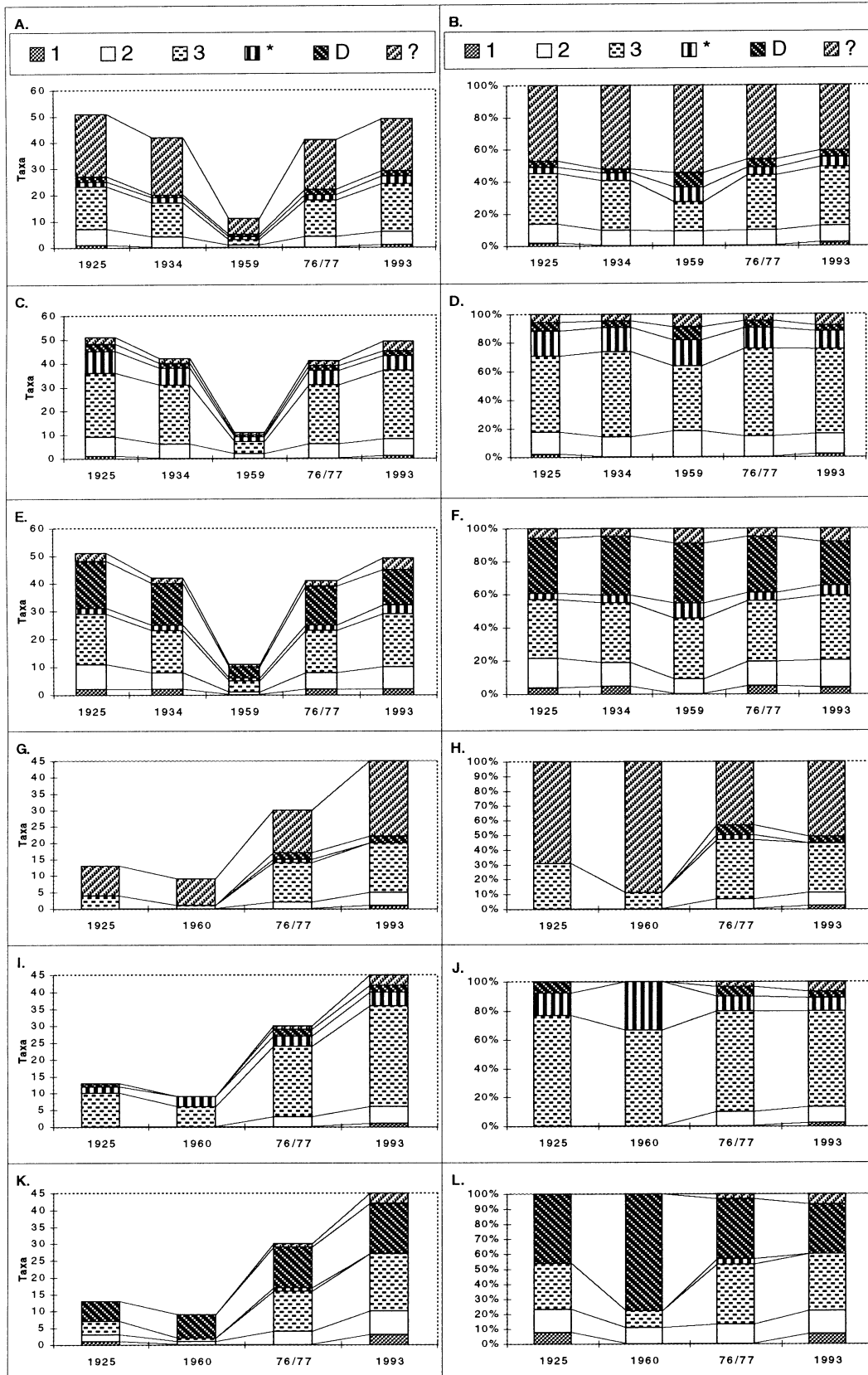


Abb. 3. Erarbeitung der Trends der Entwicklung der Zieralgenfloren im Grunewald (Berlin). A.-B. Pechsee (exakte Auswertung), C.-D. Pechsee (alternative Auswertung), E.-F. Pechsee (3. Auswertung zur Fehlerabschätzung), G.-H. Barssee (exakte Auswertung), I.-J. Barssee (alternative Auswertung), K.-L. Barssee (3. Auswertung zur Fehlerabschätzung). Daten aus SCHEER & KUSBER (1997a), Erklärung im Text.

Die linke Abbildung bezieht sich auf die Anzahl der Taxa, die rechte Abbildung stellt dieselben Daten als prozentuale Darstellung unter Verzicht auf konkrete Taxazahlen dar. Die oberen Abbildungen für ein Gewässer ergeben sich aus dem ersten Auswertungsansatz, die mittleren Abbildungen zeigen den zweiten, die unteren den dritten Auswertungsansatz.

Es soll geprüft werden, wie stark sich die Anteile der Flora an den Kategorien durch alternative Auswertungen verändern und inwiefern sich andere Interpretationsmöglichkeiten der Zeitreihe ergeben können.

Die exakte Auswertung (Abb. 3B und 3H) zeigt sehr hohe Anteile nicht auswertbarer Einträge der Florenlisten, die durch von der heutigen Bestimmungsliteratur abweichende taxonomische Konzepte des Datensatzes bedingt werden. Dieser Anteil kann durch die alternative Auswertung minimiert werden (Abb. 3D und 3J). Bei dem dritten Auswertungsansatz (Abb. 3F und 3L) kommt es zu einer sehr starken prozentualen Anhebung von Taxa nicht auswertbarer Einträge der Florenliste, die durch mangelhafte Datenlage der Taxa bedingt ist (Kategorie D der Roten Liste). Daneben kommt es zu einer Erhöhung der Anteile von Taxa, die den höchsten Gefährdungskategorien zugeordnet werden (Kategorien 1 und 2 der Roten Liste). Anders formuliert: Hinter den nicht zuzuordnenden Einträgen der Florenlisten '?' in Abb. 3B und 3H verbergen sich entweder allgemein verbreitete Taxa, die ungefährdet sind oder einer geringeren Gefährdungskategorie zugeordnet werden (Kategorien * und 3) oder extrem seltene, gefährdete (Kategorien 1 und 2), oder unbekannte Taxa (Kategorie D). Für die allgemeine Einschätzung der Florenlisten ergibt sich eine unterschiedliche Interpretation der Wertigkeit der Florenliste und damit auch des Gewässerstandortes.

Die exakte (Abb. 3B und 3H) und die alternative Auswertung (Abb. 3D und 3J) stellen die Flora vergleichbar dar. Wichtigster Unterschied ist der Anteil von ungefährdeten Taxa an der Flora des Barssees (Abb. 3J), der bei der ersten Auswertung (Abb. 3H) nicht sichtbar ist, d.h. es kann sein, dass die exakte Auswertung (Abb. 3B und 3H) die Flora als etwas höher wertig einstuft als die alternative Auswertung. Sehr stark abweichend kann die Bewertung nach der dritten Auswertungsmethode sein, was zu einer starken Überbewertung der Qualität der Flora bei geringen auswertbaren Artenzahlen führen kann. Beispiel ist der Vergleich bewertbarer Anteile für den Barssee im Jahr 1960. Nach der ersten Methode nur Taxa der Kategorie 3 (Abb. 3H), nach der zweiten Taxa der Kategorie 3 zu ungefährdeten Taxa im Verhältnis 2/3 zu 1/3 (Abb. 3J), nach der dritten Taxa der Kategorie 3 zu Taxa der Kategorie 2 im Verhältnis 1 zu 1 (Abb. 3L).

In Bezug auf die unterschiedlichen Auswertungsmethoden verhalten sich die Zeitreihen der Zieralgenfloren von Pechsee und Barssee unterschiedlich. Für den Pechsee ergeben sich keine wesentlichen Verschiebungen der prozentualen Anteile durch die Zeit, daher ist keine alternative Auswertung notwendig. Für den Barssee ergibt eine zusätzliche alternative Auswertung eine höhere Auflösung für alte Datensätze (Abb. 3J).

Die Standardisierung der Auswertung liegt darin, mit möglichst wenigen graphischen Darstellungen möglichst viele Informationen über den Biotop bereitzustellen. Notwendige Informationen für die Bewertung einer Zeitreihe sind Gesamtzahl der Taxa, Artenzahlen die nach den Kategorien der Roten Liste als gefährdet und ungefährdet eingestuft werden sowie das prozentuale Verhältnis der informationstragenden Kategorien untereinander.

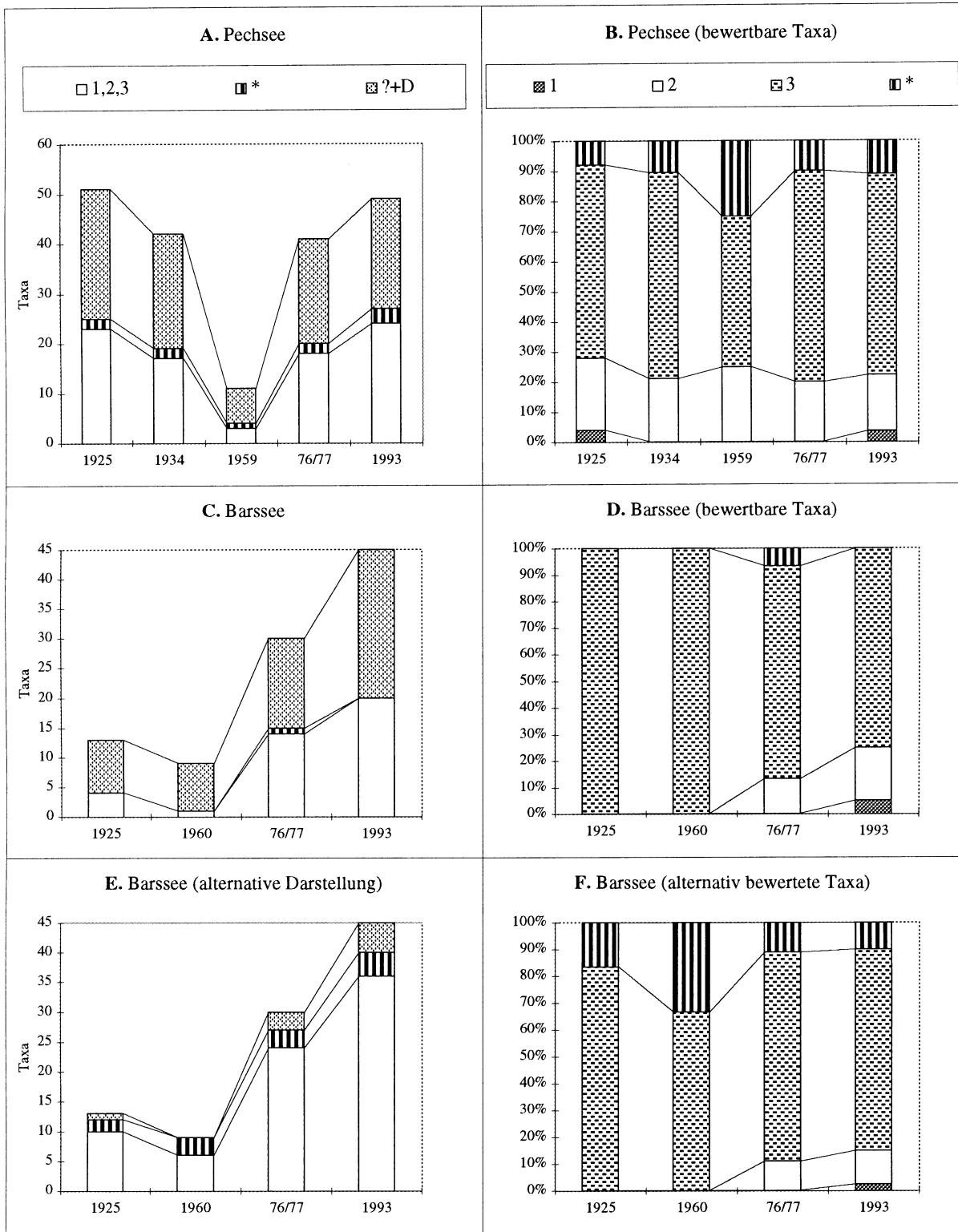


Abb. 4. Trends der Entwicklung der Zieralgenfloren im Grunewald (Berlin). Daten aus SCHEER & KUSBER (1997a).

Eine alternative Auswertung der Datensätze wird nur bei einem zu großen Anteil nicht auswertbarer Taxa zusätzlich empfohlen.

Gegenüber der Probeauswertung in Abb. 3 ergeben sich in Abb. 4 folgende Veränderungen. Auf die schwer lesbare detaillierte Darstellung aller Kategorien bei der Darstellung der Anteile nach Taxazahlen (Abb. 3 A, C, E, G, I und K) werden die Kategorien in Abb. 4. A, C und E zusammengefasst nach ungefährdeten, gefährdeten und nicht einstuftbaren Taxa. Bei der prozentualen Darstellung der Kategorien (Abb. 4B, D und F) wird auf die Darstellung nicht einstuftbarer Taxa verzichtet, da dieser Prozentsatz bereits aus der Aufstellung nach Taxa ersichtlich ist.

4.5.3 Ergebnisse der standardisierten Auswertung von konkreten Zeitreihen nach der Roten Liste

Der Pechsee ist durch eine Zieralgenflora gekennzeichnet, deren Arteninventar 1993 quantitativ dem zu Beginn der Untersuchungen 1925 entsprach (Abb. 4A). Gegenüber den Untersuchungen von 1976/1977 ist ein leichter Anstieg der Artenzahlen zu verzeichnen. Die geringen Artenzahlen 1934 und 1959 können mit den vergleichsweise sehr geringen Probeumfängen zusammenhängen. Die Zieralgenflora 1925 und 1993 ist durch hohe Anteile an Taxa, die als gefährdet angesehen werden, gekennzeichnet (überwiegend nach der Kategorie 3, wenig nach der Kategorie 2, vereinzelt nach der Kategorie 1 eingestufte Taxa). Nur relativ wenige Taxa sind nach der Roten Liste als ungefährdet eingestuft. Das Muster der Anteile einzelner Kategorien verändert sich nicht im Zeitverlauf (Abb. 4B). Nach den Bewertungskriterien der Roten Liste war der Zustand der Zieralgenflora des Pechsees 1993 qualitativ mit dem von 1925 vergleichbar, d.h. in Bezug auf seine relativ vielfältige Zieralgenflora mit gefährdeten Taxa, die in Berliner Gewässern extrem selten oder gar nicht vorkommen, als schutzwürdig einzustufen. Ein Aspekt, der bei der Auswertung nach der Roten Liste nicht berücksichtigt wird, ist die qualitative Veränderung der Artenzusammensetzung der Zieralgenflora in der Zeit (SCHEER & KUSBER 1997a).

Der Barssee ist durch eine starke Zunahme der Zieralgen-Taxa von 1925 über 1976/77 bis 1993 gekennzeichnet. Die geringe Artenzahl von 1960 könnte damit zusammenhängen, dass hier eine Arbeit mit Erkenntnisinteresse außerhalb der Zieralgenflora vorliegt (BETHGE 1960). Der prozentuale Anteil von gefährdeten Taxa ist seit 1925 hoch (Abb. 4F) bis sehr hoch (Abb. 4D), die alternative Auswertung zeigt geringe Anteile von ungefährdeten Taxa (Abb. 4F). Beide Auswertungen zeigten den Trend zu einer prozentualen Erhöhung der Anteile stark gefährdeter Taxa (Rote-Liste-Kategorien 1 und 2) nach 1960 (Abb. 4D und F). Die Vorsicht der Formulierung liegt in der geringen Untersuchungsintensität von 1960 und der Möglichkeit, dass sich unter nicht zuzuordnenden Taxa von 1925 und 1960 auch stärker gefährdete Taxa befunden haben könnten (Abb. 3L). Eine Erhöhung der Anzahl gefährdeter Taxa seit 1925 (Abb. 3C und E) ist dagegen gut zu erkennen. Nach den Bewertungskriterien der Roten Liste hat sich der Zustand der Zieralgenflora des Barssees zwischen 1925 und 1976/77-1993 verbessert, eine weitere leichte Verbesserung ist zwischen 1976/77 und 1993 zu verzeichnen.

Für den Sanierungserfolg des Barssees nach 1976/77 (SCHEER & KUSBER 1997a, b) spricht eine Erhöhung der Taxa-Zahlen und der Anteile stark gefährdeter Zieralgen nach der Sanierung. Werden die Verhältnisse der Zieralgenflora des Barssees mit denen des Pechsees 1976/77 und 1993 jeweils verglichen, ist eine Annäherung der Artenzahlen des Barssees an die des Pechsees zu erkennen (Anstieg des relativen Verhältnisses der Taxa-Zahlen des Barssees zu denen des Pechsees von 0,7 1976/77 zu 0,9 im Jahr 1993). Der prozentuale Anteil gefährdeter Taxa an der Zieralgenflora war 1976/77 im Barssee, 1993 im Pechsee etwas höher. Die Sanierung mit einer Verbesserung des Wasserregimes hat den Barssee als Standort für Zieralgen im Allgemeinen und gefährdete Zieralgen im Besonderen erhalten, quantitativ in Bezug auf Artenzahlen verbessert, eine relative qualitative Verbesserung gegenüber dem Pechsee war jedoch nicht nachweisbar.

4.6 Vergleich von Auswertungen von Zieralgen- und Kieselalgen-Listen nach der Roten Liste

Bei den bisherigen Untersuchungen wurden Kieselalgen und Zieralgen jeweils getrennt betrachtet. In diesem Abschnitt soll gefragt werden, ob Datensätze aus Florenlisten für Zieralgen und Kieselalgen miteinander verglichen werden können. Tabelle 2 zeigt bereits große Unterschiede in der Bewertung von Kieselalgen und Zieralgen durch die Bearbeiter der Roten Liste. In Tabelle 7 wird ein Vergleich konkreter Florenlisten am Beispiel vom Gebiet des Unteren Odertales sowie Pechsee und Barssee versucht. In allen Fällen ist die Anzahl der Kieselalgentaxa größer als die der Zieralgen. Das Verhältnis von gefährdeten Kieselalgen zu gefährdeten Zieralgen ist für alle Gebiete bzw. Standorte sehr gering. Es scheint mehrere Gründe zu geben, warum der Vergleich einzelner Datensätze so wenig aussagekräftig ist. Ein Grund ist, dass Kieselalgenlisten, die auf der Basis von HUSTEDT (1930-1961) erstellt wurden, einen hohen Anteil an nach der Roten Liste nicht einzustufender Taxa enthalten. Bearbeitungszeiträume und Methodik der Kieselalgen- und Zieralgenarbeiten sind unterschiedlich (Pechsee und Barssee), und dort, wo mit einheitlicher Methodik gearbeitet wurde (KASTEN 1999), wurden für diesen Vergleich (Tabelle 7) zu viele Daten zu einer relativ unspezifischen Gebietsflora vereint. Auffällig ist, dass die Datenlage für Zieralgen insgesamt schlechter ist als für Kieselalgen, was an vielen Florenlisten gezeigt werden kann, die zwar regelmäßig Zieralgengattungen, aber keine genauen Bestimmungen enthalten. Das hängt damit zusammen, dass Zieralgentaxa relativ wenig bekannt sind und Funde des Freilands in ihren Merkmalen häufig stark variieren. Trotz der relativ ungeeigneten Datensätze, die für Tabelle 7 herangezogen wurden, stellt sich die Frage, in welchen Biotoptypen welche Algengruppen besonders aussagekräftige Ergebnisse für die Bewertung eines Habitats liefern. Grundsätzlich dürften in Fließgewässern mehr oder weniger ortsgebundene pennate Kieselalgen ein größeres Indikationsgewicht haben, als planktische Kieselalgen und Zieralgen, bei denen erst zu klären ist, ob sie die Wasserqualität der fließenden Welle indizieren, oder die angrenzender Stillgewässer oder Feuchtgebiete. Bei Moorgewässern scheinen Zieralgen eine bessere Indikatorfunktion zu besitzen, vorausgesetzt bei Störungen des Habitats setzen sich tolerante bzw. ubiquitäre Kieselalgen mit kurzen Lebenszyklen bevorzugt durch.

Tab. 7. Vergleich von Kieselalgen- und Zieralgenflora eines Gebietes bzw. Gewässers. (Daten aus WEDDIGEN 1977 zit. in SCHEER & KUSBER 1997a.)

Unteres Odertal (KASTEN 1999)

Kategorien	Diatomeen Taxa	Desmidiales Taxa	Taxa Diatomeen / Desmidiales	% Diatomeen / Desmidiales
Taxa (gesamt)	68	17	4,0	1,0
** , *, V	40	2	20,0	5,0
R, G, 3, 2, 1	0	5	0	0
D, ●, ?	28	10	2,8	0,7

Barssee, Berlin (Diatomeen: SCHOLZ 1980, Desmidiales nach WEDDIGEN 1977)

Kategorien	Diatomeen Taxa	Desmidiales Taxa	Taxa Diatomeen / Desmidiales	% Diatomeen / Desmidiales
Taxa (gesamt)	56	30	1,9	1,0
** , *, V	20	1	20,0	10,7
R, G, 3, 2, 1	6	14	0,4	0,2
D, ●, ?	30	15	2,0	1,1

Pechsee, Berlin (Diatomeen: KUNDENREICH-WOLF 1980, Desmidiales nach WEDDIGEN 1977)

Kategorien	Diatomeen Taxa	Desmidiales Taxa	Taxa Diatomeen / Desmidiales	% Diatomeen / Desmidiales
Taxa (gesamt)	69	41	1,7	1,0
** , *, V	23	2	11,5	6,8
R, G, 3, 2, 1	6	18	0,3	0,2
D, ●, ?	40	21	1,9	1,1

5. Ausblick

Zurzeit sind sowohl die Rote Liste der Kieselalgen als auch die der Zieralgen für sich genommen funktionierende und brauchbare Werkzeuge für den Naturschutz. Für die nähere Zukunft ist es zunächst wichtig, die Datenlage zu verbessern. Auch hier ist der Kenntnisstand in der Algenkunde gegenüber dem der Erforschung Höherer Pflanzen um Jahrzehnte zurück, wo es aufgrund der guten Datenlage bereits möglich ist, sogenannte Blaue Listen zu erstellen, also Listen von Arten der Roten Liste, deren Gefährdung abnimmt oder die aufgrund von Naturschutzmaßnahmen nicht mehr gefährdet sind (GIGON & KNORR 2000, GIGON et al. 1998).

Für eine Verbesserung der Roten Listen der Mikroalgen, insbesondere der Zieralgen, sind größere Datensätze zu Vorkommen und Ökologie, d.h. ein vertieftes Verständnis der ökologischen Ansprüche der Algen notwendig. Dabei ist es wichtig, die Taxonomie unsicherer Sippen zu klären (siehe auch MOLLENHAUER 2000).

Grundlagenforschung an ausgesuchten Referenzgewässern, mit detailliertem und kleinräumigem Vergleich der Kieselalgen- und Zieralgenflora in Bezug zu einem umfassenden Datensatz an Umweltparametern, könnte Ergebnisse liefern, die erklären

helfen unter welchen Bedingungen welche Kieselalgen und Zieralgen vergesellschaftet sind und unter welchen Bedingungen Veränderungen der Vergesellschaftung zu erwarten sind. Neben Ergebnissen, die für eine bessere Ökosystemsteuerung genutzt werden können, wäre eine noch bessere wissenschaftliche Absicherung der Naturschutzwerkzeuge, für deren Überarbeitung und Gebrauch, zu erwarten.

6. Danksagung

Frau Prof. Dr. Ursula Geissler danke ich für die Anregung und kritische Durchsicht des Manuskripts und Frau Dipl. Biol. Andrea Hahn für die Diskussion früherer Manuskriptentwürfe.

7. Literatur

- BETHGE, H. (1960): Beiträge zur Kenntnis der Lebewelt norddeutscher Seen. Der Barssee bei Berlin. - Ber. Deutsch. Bot. Ges. **73**: 326-338.
- COESEL, P. F. M. (1998): Sieralgen en Natuurwaarden. - Wetenschappelijke Mededeling **224**: 1-56.
- COX, E. (1996): Identification of freshwater diatoms. London.
- EHRENBERG, C. G. (1838): Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Leipzig.
- FETZMANN, E. L. (1956): Beiträge zur Algensoziologie. - Sitz. Österr. Akad. Wiss. Mat.-Naturw. Kl. **165**: 709-783.
- FLEIG, A.-K. & W.-H. KUSBER (1998): Limnologisch-phykologische Untersuchung dreier eutropher Seen im Naturpark "Märkische Schweiz". - S. 391-395 in: FRIEDRICH, G. (ed.): Tagungsbericht 1996 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie. Krefeld.
- FRIEDRICH, G. (1990): Eine Revision des Saprobiensystems. - Z. Wasser- Abwasser-Forsch. **23**: 141-152.
- FRIEDRICH, G., U. GEISSLER & J. GERLOFF (1984): Vorläufige Rote Liste der Braun- und Rotalgen des Süßwassers (Phaeophyceae und Rhodophyceae). - S. 187-189 in: BLAB, J., E. NOWAK, W. TRAUTMANN & H. SUKOPP (eds.): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. Greven.
- FRIEDRICH, G., V. GERHARDT, U. BODEMER & M. POHLMANN (1998): Phytoplankton composition and chlorophyll concentration in freshwaters: comparison of delayed fluorescence excitation spectroscopy, extractive spectrophotometric method, and Utermöhl-method. - Limnologica **28**: 323-328.
- GEISSLER, U. (1991): Zu Veränderungen in der Algenflora und zur Situation von Roten Listen in Berlin (West). - Landschaftsentw. & Umweltforsch., Schriftenreihe Fachbereich Landschaftsentw. Techn. Univ. Berlin **S 6**: 125-128.

- GEISSLER, U. & R. JAHN (1986): Intraspecific taxa of diatoms as indicators of water quality ? -Proceedings 8. International Diatom Symposium. Paris, 1984: 766-772.
- GERHARDT, V. & U. BODEMER (1998): Delayed fluorescence excitation spectroscopy: a method for automatic determination of phytoplankton composition of freshwaters and sediments (interstitial) and of algal composition of benthos. - *Limnologia* **28**: 313-322.
- GERHARDT, V. & U. BODEMER (2000). Delayed fluorescence excitation spectroscopy: a method for determining phytoplankton composition. - *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* **55**: 101-120.
- GIGON, A. & F. KNORR (2000): Blue Lists - a new conservation instrument. - *Plant Talk* **20**: 34-37.
- GIGON, A., R. LANGENAUER, C. MEIER & B. NIEVERGELT (1998): Blaue Listen der erfolgreich erhaltenen oder gefährdeten Tier- und Pflanzenarten der Roten Listen - Methodik und Anwendung in der nördlichen Schweiz. - Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich.
- GRAEBNER, P. (1910): Die Gefährdung der Flora der Grunewaldmoore. - *Mitteil. Brandenburg. Provinzialkommission Naturdenkmalpflege* **4**: 89-94.
- GREUTER, W., J. MCNEILL, F. R. BARRIE, H. M. BURDET, V. DEMOULIN, T. S. FILGUEIRAS, D. H. NICHOLSON, P. C. SILVA, J. E. SKOG, P. TREHANE, N. J. TURLAND & D. L. HAWKSWORTH (2000): *International Code of Botanical Nomenclature (St. Louis Code)*. Königstein.
- GUTOWSKI, A. & D. MOLLENHAUER (1996): Rote Liste der Zieralgen (Desmidiaceae) Deutschlands. - *Schriftenreihe Vegetationsk.* **28**: 679-708.
- HAHN, A. & W. NEUHAUS (1997): Boden-Diatomeen einer landwirtschaftlichen Nutzfläche bei Potsdam, Deutschland. - *Nova Hedwigia* **65**: 285-298.
- HOFMANN, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. - *Biblioth. Diatomol.* **30**: 1-241. Berlin & Stuttgart.
- HOLTZ, L. (1903): *Kryptogamenflora der Mark Brandenburg*. **4,1** Characeen. Leipzig.
- HUSTEDT, F. (1930-1961): *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete*. **1-3**. Leipzig.
- IRMER, U. (2000): Die neue EG-Wasserrahmenrichtlinie: Bewertung der chemischen und ökologischen Qualität von Oberflächengewässern. - *Acta Hydrochimica Hydrobiol.* **28**: 7-14.
- JAHN, R. & U. GEISSLER (1993): Zur Bedeutung von Proben-Sammlungen mikroskopischer Organismen anhand von Diatomeen-Beispielen. *Festschr. Prof. W. Krutzsch - Mus. f. Naturk.* Berlin 19-26.
- KASTEN, J. (1999): Die überschwemmungsbedingte Dynamik der Phytoplanktoncoenosen in Altgewässern des Unteren Odertales. - S. 241-258 in: DOHLE, W., R. BORNKAMM & G. WEIGMANN (eds.): *Das Untere Odertal*. Stuttgart.

- KNAPPE, J., U. GEISSLER, A. GUTOWSKI & G. FRIEDRICH (1996): Rote Liste der limnischen Braunalgen (Fucophyceae) und Rotalgen (Rhodophyceae) Deutschlands. - Schriftenreihe Vegetationsk. **28**: 609-623.
- KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1902): Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. - Mittheilungen der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung **1**: 33-72.
- KORNECK, D., M. SCHNITTLER & I. VOLLMER (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. - Schriftenreihe Vegetationsk. **28**: 21-187.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1986): Bacillariophyceae 1. Naviculaceae. -In: Ettl, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2**. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991a): Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. - In: Ettl, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2**. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991b): Bacillariophyceae 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. - In: Ettl, H., G. GÄRTNER, J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2**. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1997): Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae (Ergänzter Nachdruck der 1. Auflage). - In: Ettl, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2**. - Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, Lübeck & Ulm.
- KRAUSE, W. (1984): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyta). - S. 184-187 in: BLAB, J., E. NOWAK, W. TRAUTMANN & H. SUKOPP (eds.): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. Greven.
- KRÜGER, W. (2001): Vergleichende Untersuchungen von Diatomeengemeinschaften in Baggerseen des Werratal bei Witzenhausen. - Ökologie & Umweltsicherung. **21**: 1-174.
- KUNDENREICH-WOLF, U. (1980): Diatomeen im Naturschutzgebiet Pechsee in Berlin-Grunewald - Bestandsaufnahme und Versuch einer ökologischen Auswertung. - Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten (Wissenschaftlichen) Staatsprüfung für das Amt des Studienrats, angefertigt am Fachbereich Biologie der FU Berlin.
- KUSBER, W.-H. & R. JAHN (2000): Algen im Teltowkanal, Berlin-Treptow, am GEO-Tag der Artenvielfalt, 2. & 3. Juni 2000. - URL: <http://www.bgbm.fu-berlin.de/jahn/GEO-Tag/algen.htm> (04.07.2000).
- KUSEL-FETZMANN, E. (1986): Zur Gefährdung der österreichischen Süßwasseralgen. - S. 194-198 in: NIKLFELD, H. (ed.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Wien.

- KUSEL-FETZMANN, E. (1999): Zur Gefährdung der österreichischen Süßwasseralgen. - S. 267-275 in: NIKLFELD, H. (ed.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Wien.
- LANGE-BERTALOT, H. (1996): Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. - Schriftenreihe Vegetationsk. **28**: 633-677.
- LENZENWEGER, R. (1986): Rote Liste gefährdeter Zieralgen (Desmidiaceae) Österreichs. - S. 200-202 in: NIKLFELD, H. (ed.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Wien.
- LENZENWEGER, R. (1999): Rote Liste gefährdeter Zieralgen (Desmidiaceae) Österreichs. 2. Fassung. - S. 276-281 in: NIKLFELD, H. (ed.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Wien.
- MIGULA, W. (1911): Die Desmidiaceen. Ein Hilfsbuch für Anfänger bei der Bestimmung der am häufigsten vorkommenden Formen. Stuttgart.
- MÖLLER, B. & H. PANKOW (1981): Algensoziologische und saprobiologische Untersuchungen an Vorflutern der Elbe. - Limnologica **13**: 291-350.
- MOLLENHAUER, D. (1996): Rote Liste der Schlauchalgen (Vaucheriaceae) Deutschlands. - Schriftenreihe Vegetationsk. **28**: 625-632.
- MOLLENHAUER, D. (2000): Exponat des Monats März: Desmidiaceae - Zieralgen. - Natur & Museum **130**: 99.
- MOLLENHAUER, D. & A. GUTOWSKI (1996): Zu den Roten Listen für die Algen Deutschlands. - Schriftenreihe Vegetationsk. **28**: 527-546.
- REICHHOFF, L. (1998): Naturschutz in unserer Zeit. - S. 15-31 in: WEGENER, U. (ed.): Naturschutz in der Kulturlandschaft: Schutz und Pflege von Lebensräumen. - Jena, Stuttgart, Lübeck & Ulm.
- RIECKEN, U., U. RIES & A. SSYMANK (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. Greven.
- ROTT, E. (1981): Some results from phytoplankton counting intercalibrations. - Schweiz. Z. Hydrol. **43**: 34-62.
- ROTT, E. (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern. Teil 1: Saprobielle Indikation. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserkataster, Wien.
- ROTT, E., P. PFISTER, H. VAN DAM, E. PIPP, K. PALL, N. BINDER & K. ORTLER (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserkataster, Wien.
- SAUER, H. (1978): Meißner. - S. 365-379 in: HILLESHEIM-KIMMEL, U., H. KARAFIAT, K. LEWEJOHANN & W. LOBIN (eds.): Die Naturschutzgebiete in Hessen. Institut für Naturschutz, Darmstadt.

- SCHEER, T. (1994): Phytoplanktonuntersuchungen im Berliner Naturschutzgebiet Barssee und Pechsee unter besonderer Berücksichtigung von Veränderungen in der Desmidiaceenflora. - Diplomarbeit am Fachbereich Biologie der Freien Universität Berlin.
- SCHEER, T. & W.-H. KUSBER (1997a): Bestandsveränderungen der Desmidiaceen im Naturschutzgebiet Barssee und Pechsee (Berlin) in den letzten sieben Jahren unter anthropogenen Einflüssen. - *Nova Hedwigia* **65**: 385-409.
- SCHEER, T. & W.-H. KUSBER (1997b): Phykologische Untersuchung eines Berliner Kesselmooses. - S. 582-586 in: FRIEDRICH, G. (ed.): Tagungsbericht 1996 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie. Krefeld.
- SCHMEDTJE, U., A. GUTOWSKI, G. HOFMANN, P. LEUKART, A. MELZER, D. MOLLENHAUER & S. SCHNEIDER (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. - *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* **4/98**: 1-516.
- SCHMIDT, D., K. VAN DER WEYER, W. KRAUSE, L. KIES, A. GARNIEL, U. GEISSLER, A. GUTOWSKI, R. SAMIETZ, W. SCHÜTZ, H.-C. VAHLE, M. VÖGE, P. WOLFF & A. MELZER (1996): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands (2. Fassung, Stand: Februar 1995). - *Schriftenreihe Vegetationsk.* **28**: 547-576.
- SCHNITTLER, M. & G. LUDWIG (1996): Zur Methodik der Erstellung Roter Listen. - *Schriftenreihe Vegetationsk.* **28**: 709-739.
- SCHÖNFELDER, I. (1997): Eine Phosphor-Diatomeen-Relation für alkalische Seen und Flüsse Brandenburgs und ihre Anwendung für die paläolimnologische Analyse von Auensedimenten der unteren Havel. - *Diss. Bot.* **283**: 1-149.
- SCHOLZ, K. (1980): Diatomeen im Naturschutzgebiet Barssee in Berlin-Grünwald. Bestandsaufnahme und Versuch einer ökologischen Auswertung. - *Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten (Wissenschaftlichen) Staatsprüfung für das Amt des Studienrats, angefertigt am Fachbereich Biologie der FU Berlin.*
- SCHWEERS, W. (1999): Strömungsgeschehen, Stoffhaushalt und Gewässergüte im Auenbereich eines salzbelasteten Fließgewässers: Fallstudie eines Naturschutzgebietes im Unteren Werratal. - *Ökologie und Umweltsicherung* **17**: 1-221.
- SLÁDEČEK, V. (1973): System of water quality from the biological point of view. - *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* **7**: 1-218.
- STAATLICHE STELLE FÜR NATURDENKMALPFLEGE IN PREUSSEN (o.J.): Atlas der geschützten Pflanzen und Tiere Mitteleuropas. Abteilung 3. Die geschützten Pflanzen Brandenburgs. Berlin-Lichterfelde.
- TÄUSCHER, L. (1998): Mikroalgengesellschaften der Gewässer Nordostdeutschlands und ihre Nutzung zur Bioindikation. - *Feddes Repertorium* **109**: 617-638.
- TÄUSCHER, L. (1999): Planktic and benthic diatom assemblages as indicators of water quality in the floodplains of the middle area of the River Elbe and lower area of the River Havel (Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Germany). - *Ber. IGB* **7**: 82-85.

- TREUBER, C., C. FLÖTER & U. GEISSLER (1995): Characeen in Gewässern des westlichen Berlins - ein Beitrag zur Kenntnis ihrer Verbreitung und Bestandsveränderung. - Schriftenreihe Vegetationsk. **27**: 451-455.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik.- Mitt. Int. Vereinigung Theor. Angew. Limnol. **9**: 1-38.
- VALENTIN, R. (1982): Diatomeen im Weiberhemdmoor (Hoher Meißner) - Beiträge zu deren Vorkommen und kleinräumigen Verteilung. - Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten (Wissenschaftlichen) Staatsprüfung für das Amt des Studienrats. Berlin.
- WEDDIGEN, U. (1977): Vergleichende ökologische Untersuchungen der Algenflora zweier Berliner Naturschutzgebiete (Pech- und Barssee) unter besonderer Berücksichtigung der Conjugatophyceae. - Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten (Wissenschaftlichen) Staatsprüfung für das Amt des Studienrats, angefertigt am Fachbereich Biologie der FU Berlin.
- WEDDIGEN, U. & U. GEISSLER (1980): Vergleichende Untersuchungen zur Algenflora zweier Berliner Naturschutzgebiete (Pechsee und Barssee) unter besonderer Berücksichtigung der Desmidiaceen. - Nova Hedwigia **33**: 95-144.
- WILKAITIS, V. (1925): Beiträge zur Kenntnis der Desmidiaceen-Flora der Mark Brandenburg. - Phil. Diss. der Friedrich-Wilhelm Universität Berlin.
- ZELINKA, M. & P. MARVAN (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. - Arch. Hydrobiol. **57**: 389-407.

Anschrift des Verfassers:

Wolf-Henning Kusber
Freie Universität Berlin
Institut für Biologie
-Systematische Botanik und Pflanzengeographie
Altensteinstr. 6
D-14195 Berlin
E-Mail: kusberwh@zedat.fu-berlin.de

Aus der Vorgängerreihe "Mitteilungen aus dem Ergänzungsstudium Ökologische Umweltsicherung" sind noch erhältlich:

Heft 2/1977:

Forschungs- und Projektarbeiten aus dem Ergänzungsstudium
Ökologische Umweltsicherung und Vorträge anlässlich der Gründung
des Verbandes der Umweltingenieure am 3.6.1977.
14 Beiträge, 190 Seiten

€ 2,50

Heft 4/1978:

Bericht zum 3. Kolloquium Ökologischer Umweltschutz
am 29.9.1977 in Witzenhausen.
8 Beiträge, 85 Seiten

€ 2,50

Heft 5/1978:

Ornithologische Untersuchungen in einem aufgelassenen
Braunkohletagebau im Nordhessischen Bergland (Hess.-Lichtenau).
Hans Schmidt, München, 156 Seiten

€ 2,50

Heft 7/1981:

Vorträge im Rahmen des Ergänzungsstudiums
Ökologische Umweltsicherung 1979/1980.
8 Beiträge, 180 Seiten

€ 2,50

Heft 8/1984:

Rekultivierung und Landschaftspflege I.
12 Beiträge, 213 Seiten

€ 2,50

Heft 9/1990:

Rekultivierung und Landschaftspflege II.
5 Beiträge, 193 Seiten

€ 5,00

Heft 10/1985:

Bericht zum 8. Kolloquium Ökologischer Umweltschutz
"Fließgewässer als Landschaftsindikatoren"
am 18. Oktober 1984 in Witzenhausen.
5 Beiträge, 174 Seiten

€ 2,50

Heft 11/1986:

Veränderungen im Nährstoffkreislauf einer Heidefläche durch
Pfleßmaßnahmen am Beispiel der "Termenei"/Fuldataal.
Edmund Ruttert, Witzenhausen, 168 Seiten

€ 5,00

Heft 12/1989:

Erprobung von Bodenhilfsstoffen zur Sanierung von geschädigten Waldböden.
A. Krügener u. H. Schmeisky, 120 Seiten

€ 5,00

Heft 14/1989:

Ökologische Untersuchungen an epigäischen Arthropoden
einer Braunkohlenabraumhalde unter besonderer
Berücksichtigung der Carabiden.
Nicoline Aue, 76 Seiten

€ 2,50

Heft 15/1990:

Besiedlung unterschiedlich rekultivierter Salz-,
Asche- und Braunkohlehalden durch epigäische Arthropoden,
unter besonderer Berücksichtigung der Carabidae.
Klaus Vowinkel, 128 Seiten € 6,00

Heft 16/1990:
Eignung verschiedener Nutztierassen zur
Landschaftspflege auf gefährdeten Grünlandstandorten.
Johannes Lutz, 143 Seiten € 6,00

Heft 17/1990:
Ökologische Untersuchungen an neuangelegten perennierenden
Kleingewässern auf einer sauren Abraumkippe im Braunkohlen-
tagebauegebiet Borken/Nordhessen.
Dirk Drescher, 140 Seiten € 6,00

Heft 18/1990:
Einfluß von Kalken und Rückstandsaschen auf die Kulturfähigkeit von
sulfat-sauren Tertiärsedimenten des Nordhessischen Braunkohlentagebaus.
Eberhard Seiler, 176 Seiten € 7,00

Neue Reihe: "Ökologie und Umweltsicherung"

Heft 1/1992:
Status und Verbreitung des Braunbären (*Ursus arctos*)
in Europa sowie Maßnahmen zur Erhaltung der Art.
Bernhard Hörning, 182 Seiten € 10,00

Heft 2/1993:
Auswirkungen der Werraversalzung auf die ökologischen
Verhältnisse der Auenlandschaft des Werratal.
Margit Kahlert, 170 Seiten € 8,00

Heft 3/1993:
Entwicklung abiotischer Milieufaktoren in einem neuentstehenden See
eines ehemaligen Braunkohlentagebauegebietes in Nordhessen.
Wilma Maria Anna Westermann, 194 Seiten € 10,00

Heft 4/1993:
Die physikalischen Eigenschaften der Böden von Braunkohleabraumhalden
in ihrer Wirkung auf die Begrünung und Erodierbarkeit.
Ali Latif, 238 Seiten € 10,00

Heft 5/1993:
Die Flora und Vegetation im Uranbergbaurevier Ronneburg -
Pflanzensoziologische Untersuchungen an Extremstandorten.
Hartmut Sängler, 227 Seiten u. Anhang (76 S.) € 12,00

Heft 6/1994:
Beiträge zur Limnologie von Fließgewässern in der Umgebung Witzenhausens.
M.P.D. Meijering (Ed.), 119 Seiten € 7,00

Heft 7/1994:
Stark verzögerte Schnittnutzung auf feuchten Grünlandstandorten

- Pflanzenbauliche und ökologische Aspekte -
Bernhard Hübner, 133 Seiten u. Anhang (51 S.) € 9,00

Heft 8/1994:

Zur Ökologie des Fließgewässersystems der Nieme
- Ein Beitrag zum Naturschutz in Südniedersachsen -
Peter Haase, 213 Seiten € 10,00

Heft 9/1994:

Die Fluktuation von Ackerwildkraut-Gesellschaften und ihre
Beeinflussung durch Fruchtfolge und Bodenbearbeitungs-Zeitpunkt.
Thomas van Elsen, 407 Seiten € 16,00

Heft 10/1996:

Ökophysikalische und -chemische Faktoren des Wilhelmshäuser Bachsystems
und ihre Veränderung durch Nutzungseingriffe.
Ternala Alexander Barus, 139 Seiten € 9,00

Heft 11/1996:

Beitrag des Weißklee (*Trifolium repens L.*) zur Ertragsbildung von
Grünlandnarben unter besonderer Berücksichtigung von Methoden
zur Quantifizierung seiner Stickstoff-Fixierungsleistung.
Jochen Neuendorff, 189 Seiten € 11,00

Heft 12/1997:

Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie - 1 -
Untersuchungen zum Standort, zur Begrünung mit Komposten und zur
Gehölzsukzession von Rückstandshalden mit anhydritischen Auflageschichten.
Michael Lücke, 219 Seiten u. Anhang (30 S.) € 12,00

Heft 13/1997:

Ermittlungen zum Nitrataustrag aus Dauergrünland unter Weidenutzung auf
Flußmarsch unter besonderer Berücksichtigung von Exkrementstellen.
Ludger Klempt, 164 Seiten u. Anhang (65 S.) € 12,00

Heft 14/1998:

Sukzession in Gipssteinbrüchen.
Andreas Rolf Schulmeister, 129 Seiten u. Anhang € 11,00

Heft 15/1998:

Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsintensitäten auf die epigäische
Arthropodenfauna von Harzer Bergwiesen: Ein Beitrag zur Land-
nutzungsgeschichte und zum Konfliktfeld Naturschutz-Landwirtschaft
Claus-Jürgen Vowinkel, 352 Seiten € 16,00

Heft 16/1999:

Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie - 2 -
Untersuchungen zur Substratandeckung mit geringen Schichtstärken aus
Bodenaushub-Wirbelschichtasche-Gemischen und ihrer Begrünung
Günter Podlacha, 200 Seiten € 13,00

Heft 17/1999:

Strömungsgeschehen, Stoffhaushalt und Gewässergüte
im Auenbereich eines salzbelasteten Fließgewässers:

Fallstudie eines Naturschutzgebiets im Unteren Werratal
Wilko Schweers, 221 Seiten u. Anhang € 15,00

Heft 18/1999:

Zoozönosen, Chemismus und Struktur regionaler Bachtypen
im niedersächsischen und nordhessischen Bergland
Peter Haase, 155 Seiten u. Anhang € 11,00

Heft 19/2000:

Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie - 3 -
Untersuchungen zum Salzaustrag, zur Sukzession sowie Maßnahmen
und Erkenntnisse zur Begrünung
Helge Schmeisky, Hubertus Hofmann (Ed.), 212 Seiten € 14,00

Heft 20/2001:

Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie - 4 -
Untersuchungen zur Nutzbarkeit aufbereiteter Salzschlacke der Sekundär-
aluminium-Industrie als Rekultivierungsmaterial einer Kali-Rückstandshalde
Tobias Scheer, 190 Seiten € 13,00

Heft 21/2001:

Studien über Mikroalgen in Nordhessen
Tobias Scheer, Helge Schmeisky (Ed.), 230 Seiten € 14,00

Heft 22/2001:

Erfolgs- und Leistungsbeurteilung der Selbstverwaltung
Deutscher Beregnungsverbände im Hinblick auf die Bildung
von Wassernutzungsorganisationen in Brasilien
Osvaldo König, 235 Seiten € 14,00

Heft 23/2003:

Raum-Zeit-Dynamik von Flora und Vegetation
auf Halden des Uranbergbaus
Hartmut Sänger, 334 Seiten u. Anhang (135 S.) € 19,00

Heft 24/2004:

Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie - 5 -
Untersuchungen zur Begrünung und zur Sukzession
auf einer anhydritisch geprägten Rückstandshalde
der Kaliindustrie im Werragebiet
Hubertus Hofmann, 212 Seiten € 14,00