

Zur Diatomeenflora (Bacillariophyceae) tuffabscheidender Quellen und Bäche im Südlichen Frankenjura

Von E. Reichardt, Treuchtlingen

Abstract

Contribution to the diatom-flora (Bacillariophyceae) of tuff-forming streams in the Southern Frankenjura.

The investigated habitats are dominated by relatively few diatoms which are known to be calciphilous. Besides some very rare or poorly known species could be observed partly they are fairly common at the investigated locations. Light- and scanning electron microscopical investigations were carried out and such diatoms are discussed morphologically or taxonomically. Three species are described as new (*Caloneis constans*, *Gomphonema extensum*, *Navicula crassulexigua*), and *Cymbella obtusa* var. *diminuta* Grun. is raised to species rank.

Einleitung

Kalktuffabscheidungen sind an kalkreichen Quellwässern häufig zu beobachten. Im Gegensatz zu rein abiogen gefällten Kalksintern spielen bei der Entstehung von Tuffen biogene Kalkabscheidungen vor allem durch Moose, aber auch Algen eine bedeutende Rolle. Die Form solcher Kalktuffbildungen kann dabei recht unterschiedlich sein. Einfache Kalkauskleidungen von Bachläufen oder Bereiche stark inkrustierter Moospolster sind zu beobachten, aber auch solch eindrucksvolle „Naturwunder“ wie „Steinerne Rinnen“ oder Tuffkaskaden.

Im Bereich der Südlichen Frankenalb sind solche Kalktuffabscheidungen besonders häufig zu finden. Die wasserstauenden Tone an der Obergrenze des Dogger bewirken an vielen Stellen des Albrandes an der Schichtgrenze Dogger/Malm den Austritt der kalkgesättigten Malmwässer, welche die Grundlage zur Entstehung von Kalktuffen bilden („Ornatenton-Quellhorizont“).

Die chemischen und physikalischen Wasserparameter sind an solchen Standorten sehr ähnlich. Die kalkreichen Wässer entspringen in sehr temperaturkonstanten Quellen (um 8°C) und weisen hier ein pH auf, das um oder knapp über dem Neutralpunkt liegt. Bis zum Ende der Tuffabscheidungen steigt dieser Wert durch CO_2 -Entzug und der damit verbundenen Kalkfällung deutlich an und liegt dann im allgemeinen um oder über 8. Genauere Angaben über den Chemismus von Kalktuffabscheidungen im allgemeinen und speziellen finden sich z.B. bei GLASSL & SCHIEBER 1989, 1990 oder WALLNER 1934 (hier auch weitere Literaturangaben).

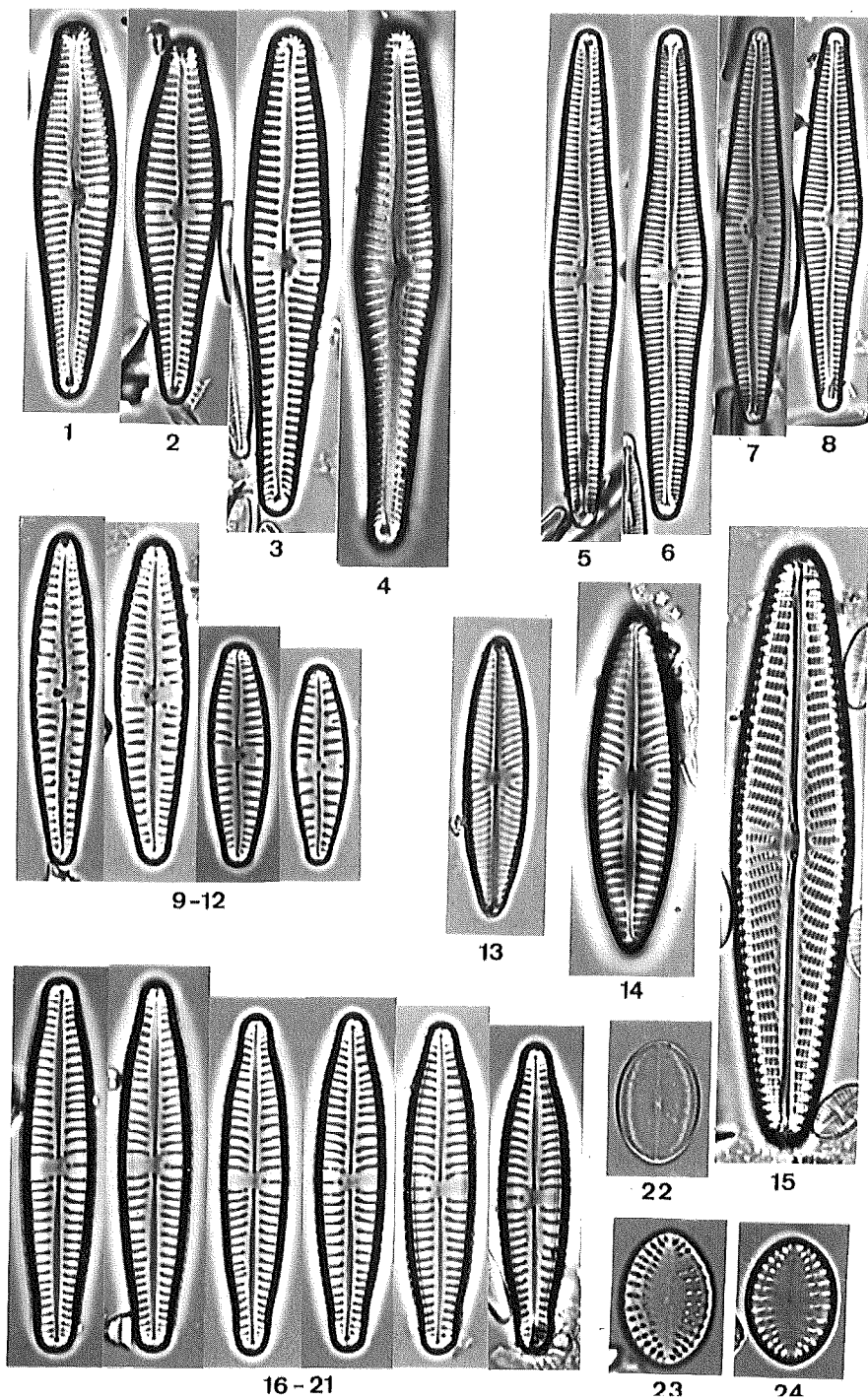
Die Diatomeenflora einiger solcher Gewässer und der damit aufs Engste verbundenen Moospolster war bereits Gegenstand einer Arbeit (REICHARDT 1982). Dort wurden aber nur Steinerne Rinnen im Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen bearbeitet. Die Ergebnisse fortgesetzter Diatomeenuntersuchungen in tuffbildenden Gewässern im weiteren Bereich der Südlichen Frankenalb sollen hier dargestellt und mit den bekannten Ergebnissen verglichen werden.

Material und Methoden

Für die vorliegende Arbeit wurden folgende Lokalitäten und Proben untersucht (in Klammern die Materialnummern in meiner Sammlung):

„Rotschlucht“ bei Rohrbach, Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen.

So wird das Bächlein genannt, das etwa 200m östl. der bekannten „Rohrbacher Steinernen Rinne“



Tafel 1: (LM, Vergr. 1500/1) 1.-4. *Gomphonema clavatum* Ehr. - 5.-8. *Gomphonema hebridense* Greg. - 9.-12. *Gomphonema angustum* Ag. - 13. *Navicula lundii* Reichardt (Einzelexemplar aus Mat. Nr. 18) - 14. *Navicula moenofranconica* Lange-B. 15. *Navicula striolata* (Grun.) Lange-B. 16.-21. *Gomphonema extantum* n.sp. (18. Holotypus) - 22.-24. *Cocconeis pseudothumensis* Reichardt (22. Raphenschale, 23.-24. raphenlose Schalen)

(vgl. REICHARDT 1982, VON DER DUNK 1980) verläuft. Die Kalkablagerungen zeigen sich hier hauptsächlich als flächige Bachauskleidungen; daneben findet man kleine Steilstufen aus Kalktuff mit stark inkrustierten Moosen.

1. Dünnere Algenbelag auf stark überströmtem, plattenartig abgelagertem, dichtem Kalktuff. 15.10.1978 (S167)
2. Stark inkrustiertes Moos in Steilstufe (kleiner Wasserfall). 15.10.1978 (S168)

„Kaskadenbach“ bei Wolfsbronn, Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen.

Bei Wolfsbronn befindet sich eine sehr schöne Steinernen Rinne (vgl. REICHARDT 1982, VOIGTLÄNDER 1966). In der Umgebung können weitere, weniger spektakuläre Kalktuffablagerungen beobachtet werden, die jedoch kaum bekannt sind. Die auffälligsten befinden sich im obersten Abschnitt des Baches, der etwa 1km nordwestl. der Steinernen Rinne, genau westl. oberhalb der ehemaligen Papiermühle herabfließt. Das Wasser strömt hier kaskadenartig über viele moosbesetzte Tuffdämme und -wannen. Am unteren Ende der Kaskadenbildungen lassen sich subfossile Tuffablagerungen feststellen, und neben den Kaskaden können auch die Reste einer alten Steinernen Rinne erkannt werden.

3. Nasses, aber nicht direkt überflossenes, inkrustiertes Moos auf Kalktuff. 28.9.1988 (S918)
4. Nasses Moos im Spritzwasserbereich eines kleinen Wasserfalls am unteren Ende der Kaskadenbildungen. 12.4.1992 (S1305)
5. Stark inkrustiertes Moos an Tuffdamm im obersten Teil der Kaskaden. Entnahmestelle knapp unterhalb des Wasserspiegels. 12.4.1992 (S1306)
6. Nasses, kaum inkrustiertes Moos auf Tuffdamm im oberen Teil der Kaskaden. 12.4.1992 (S1307)

Steinerne Rinne bei Oberweiler, Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen.

Oberweiler liegt etwa 1km östl. von Wolfsbronn. Im Wald oberhalb des Weilers befindet sich eine kleine, wenig auffällige Steinernen Rinne.

7. Feuchtes Moos (Kapillarfeuchte) am Oberrand der Rinne. 16.10.1990 (S1144)

Steinerne Rinne bei Hechlingen, Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen. (vgl. REICHARDT 1982).

8. Übertropftes, inkrustiertes Moos am Außenrand des Tuffdamms im untersten Teil der Rinne. 28.10.1990 (S1145)
9. Teilweise inkrustiertes Moos oberhalb des Wasserspiegels in und an der hölzernen Zulauf Rinne nach der Quellfassung. 28.10.1990 (S1146)

Steinerne Rinne bei Erasbach, Landkreis Neumarkt/Opf.

Diese Rinne wurde von GLASSL & SCHIEBER (1990) ausführlich beschrieben.

10. Bespritztes, leicht inkrustiertes Moos am Ende des Damms in Höhe des Wasserspiegels. 7.7.1985 (S662)
11. Leicht feuchtes Moos (Kapillarfeuchte) am oberen Rinnenrand am Ende des Damms. 7.7.1985 (S663)
12. Leicht feuchtes Moos (Kapillarfeuchte) an der Außenseite des Damms. 7.7.1985 (S664)
13. Inkrustiertes Moos im Spritzwasserbereich einer kleinen Steilstufe im mittleren Abschnitt der Rinne. 7.7.1985 (S665)
14. Schwach feuchtes, nicht merklich inkrustiertes Moos auf dem Damm im oberen Teil der Rinne. 7.7.1985 (S666)
15. Nasses, schwach bespritztes und inkrustiertes Moos an schattiger Stelle vor der Ausbildung des Tuffdamms. 7.7.1985 (S667)
16. Überflossenes Moos in der Rinne am Beginn des Tuffdamms. 7.7.1985 (S668)

Tuffkaskaden am „Hohen Brunnen“ bei Berching, Landkreis Neumarkt/Opf.

Eine umfassende Beschreibung dieser eindrucksvollen Tuffbildungen gaben GLASSL & SCHIEBER (1989).

17. Leicht inkrustierter Auftrieb in kleiner Tuffwanne. 11.4.1992 (S1300)
18. Feuchtes, nicht überflossenes Moos an Kaskadenwand. 11.4.1992 (S1301)
19. Kräftig überströmtes, stark inkrustiertes Moos. 11.4.1992 (S1302)
20. Kapillarfeuchtes Moos im unteren, nicht mehr direkt überflossenen Teil der Tuffbildungen. 11.4.1992 (S1303)

Marienklause bei Beilngries, Landkreis Eichstätt.

Die parkähnliche Anlage nordwestl. von Beilngries wird von einem Bächlein durchflossen, das vielfach Kalkabscheidungen zeigt. Am Steilhang unterhalb der Quelle (oberhalb der Straße nach Hirschberg) strömt dieses Bächlein auf einem kleinen Tuffdamm herab.

21. Bespritztes Moos am Rand des erwähnten Tuffdammes. 11.4.1992 (S1304)

Die Proben wurden zuerst mit verd. HCl entkalkt und ausgewaschen. Nach Entfernung der organischen Bestandteile durch Kochen in konz. Schwefelsäure und Oxidation mit Salpetersäure oder einem Alkalinitrat erhält man ziemlich reine Diatomeenmaterialien, da sandige Partikel kaum vorhanden sind. Diese wurden nach Standardmethoden für die Lichtmikroskopie (LM) in Naphrax oder Hyrax eingebettet bzw. für die Rasterelektronenmikroskopie (REM) auf REM-Stubs aufgetrocknet und mit Gold besputtert. Die Häufigkeitsangaben basieren auf der Auszählung von jeweils 300-400 Schalen.

Die Diatomeen

Eine Übersicht über die beobachteten Diatomeen zeigt die auf der folgenden Seite beginnende Tabelle. Die Zahlen geben den prozentualen Anteil an der jeweiligen Diatomeenassoziation an, eine relative Häufigkeit von weniger als 0,3% wird durch „+“ dargestellt. „E“ bedeutet, daß nur eine Einzelschale bzw. -zelle beobachtet wurde, „B“ steht für Bruchstück(e).

Sehr vereinzelt wurden auch noch andere Diatomeen gefunden. Teils sind es verschleppte Schalen, teils handelt es sich um Arten, die in ähnlichen Biotopen (feuchten Moosen) weit verbreitet sind, aber hier nicht besonders zur Entfaltung gelangen. Bemerkenswert sind vielleicht die Einzelexemplare von *Navicula lundii* Reichardt und *Nitzschia harderi* Hust.

Das ermittelte Artenspektrum ist typisch für kalkreiche Gewässer. Insgesamt fällt aber doch die relativ geringe Artenvielfalt auf. In anderen vom Autor untersuchten kalkreichen Gewässern oder feuchten Moosen finden sich im allgemeinen deutlich mehr Arten (vgl. z.B. BUJNOCH 1991, ISERENTANT 1988, REICHARDT 1981). Der Eindruck der Artenarmut wird noch verstärkt, wenn man sich vor Augen hält, daß die Hauptmasse der Diatomeen von nur wenigen Arten gestellt wird. Läßt man die Ubiquisten un- oder wenig belasteter Gewässer bzw. atmosphärischer Standorte wie *Achnanthes minutissima*, *A. lanceolata* mit ssp. *frequentissima*, *Amphora pediculus*, *Diploneis ovalis*, *D. oblongella*, *Gomphonema micropus*, *Navicula cryptotenella*, *N. minuscula*, *Nitzschia linearis* und *N. perminuta* einmal außer acht, so bleiben aber doch einige Arten übrig, die für die bearbeiteten Biotope durchaus als charakteristisch bezeichnet werden können. Folgende Arten wurden in allen hier untersuchten Gewässern registriert:

Caloneis bacillum var. *fontinalis*, *C. alpestris*, *Diploneis minuta*, *Gomphonema angustum*, *Navicula langebertalotii*.

Einige *Cymbella*-Arten müssen hier ebenfalls genannt werden, obwohl sie in Probe Nr. 21 fehlen:

Cymbella austriaca, *C. falaisensis*, *C. subaequalis*.

Überhaupt sind *Cymbella*-Arten in den untersuchten Materialien auffallend häufig und verbreitet. Doch nur die oben genannten kommen konstant im ganzen Untersuchungsgebiet mit Ausnahme von Probe Nr. 21 vor. Daß in dieser Probe die Gattung *Cymbella* völlig fehlt, ist doch sehr bemerkenswert.

Zu den charakteristischen Diatomeen der Tuffhabitats gehören aber auch einige recht seltene und wenig bekannte Arten, z.B. *Cocconeis pseudothumensis*, *Navicula muraloides*, *N. striolata*, *N. sublucidula* sowie *N. langebertalotii* und *Diploneis minuta*. Besondere Beachtung verdienen die beiden zuletzt genannten Arten, da sie in allen (!) untersuchten Gewässern vorkommen (auch in REICHARDT 1982).

Ein Blick auf die Verteilung der Diatomeen innerhalb der einzelnen Lokalitäten läßt erkennen, daß sich manche Arten bevorzugt in feuchten Moosen finden und vom Wasser umspülte bzw. überflutete Standorte meiden. Hier sind zu nennen: *Amphora normannii*, *Caloneis constans*, *Cymbella austriaca*, *C. cesatii*, *C. delicatula*, *C. falaisensis*, *Diploneis minuta*, *Eunotia arcubus*, *Navicula bryophila*, *N. langebertalotii*, *N. sublucidula*.

Folgende Arten wachsen dagegen verstärkt oder ausschließlich an aquatischen Standorten: *Cymbella minuta*, *C. tumidula*, *Navicula crassulexigua*, *Nitzschia linearis*.

Gomphonema angustum ist in allen Proben verbreitet und läßt keine signifikante Präferenz für den einen oder anderen Standortstyp erkennen.

Mat.-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Achnanthes Bory																					
biasolettiana Grun.	64,9	3,1		0,6		0,5	7,1										0,8	+	+		0,4
conspicua A.Mayer		0,6								+	+	0,3	+	+	+	0,8					
grischuna Wuthrich	E	+	2,4	+	0,9	+				+	+		0,8	0,2	0,5	1,8					+
laevis Oestrup				+																	+
lancoolata (Bréb.) Grun.	+	1,9	1,2	+	2,5	0,5	+	1,2		0,5	+	0,3	1,0	+	0,9	3,6				+	1,5
" ssp. dubia (Grun.) L.-B.										0,2	+	+	0,5	0,5	0,5	2,3					+
" ssp. frequentissima L.-B.	+		0,3		+				+							0,2					+
laueburgiana Hust.										+	+	+	0,8	0,2	0,5	3,1	E				+
minutissima Kütz.	19,4	46,6	36,3	79,2	75,6	46,0	57,8	39,7	22,9	68,6	68,8	37,2	60,0	75,9	70,6	15,2	38,3	33,0	42,1	52,9	85,5
" v. affinis (Gr.) L.-B.			1,5		+		6,4										1,6	+	+		
Amphora Ehr.																					
inariensis Krammer	+	2,2					+			2,1	+	2,0	1,0	0,2	0,5	8,0	0,3			0,6	
libyca Ehr.	+	+								+			0,2	+	+						
normannii Rabh.	+	+					+	0,5	+												
ovalis (Kütz.) Kütz.										E			+								
pediculus (Kütz.) Grun.	1,7	9,9	9,1	+	6,0	0,5	1,7	+	13,6	2,3	+	3,4	14,5	3,2	5,7	18,0	0,8	+	+		3,2
Caloneis Cleve																					
alpestris (Grun.) Cleve	+		B	+	+		+	+	0,3	+	+	0,6	1,2	0,2	0,2						+
bacillum v. fontinalis (Gr.) +	1,9		13,9	0,6	11,0	1,6	2,9	0,5	25,3	+	0,5	2,6	2,3	4,1	6,8	15,9	1,1	0,3	0,8	+	2,1
" v. lancetula (Sch.) Hu.	1,5	5,3					+			+	+	+									
constans n.sp.										+	+										
tenuis (Greg.) Krammer						7,8	+	+		+	1,4	8,9		1,4	0,2	+				+	1,1
Cymbella Ag.																					
affinis Kütz.	+																				
austriaca Grun.		0,6	0,9	+	0,6	3,0	3,2	2,1	3,6	0,2	0,5	1,1	+	4,3	0,9		1,1	+	0,3	0,6	
cesatii (Rabh.) Grun.						0,6	7,6			1,1	4,0	4,0	+	1,4	+				0,3	3,4	3,6
cymbiformis v. nonpunctata Fo.								+											0,5	0,3	+
delicatula Kütz.								0,3											0,2	37,2	23,3
diminuta (Grun.) n.stat.								0,5	0,6	+	1,3								E		3,3
falaisensis (Gr.) Kr. & L.-B.	+		1,8	0,9	0,6	26,7	1,2	52,9	13,3	7,3	16,6	14,9	0,2	1,6	+		0,8	22,3	11,0	18,7	
microcephala Grun.	0,2	0,3		0,6			+	+											+	1,1	0,2
minuta Hilse	2,9																				0,6
sinuata Greg.										+	+	0,3					0,8	+	+		B
subaequalis Grun.	+	0,6		+			+	+		0,5	+						4,3	+	0,8		
tumidula Grun.																					0,8
Cocconeis Ehr.																					
placentula v. pseudolineata Geitl.										+											
pseudochumensis Reichardt										+	+	+	+	0,2	+	+					
Denticula Kütz.																					
tenuis Kütz.	0,6		0,9		0,6			E	0,3												
Diploneis Ehr.																					
minuta Pet.	+	1,6		0,6	0,6		+	+		+				0,5	+	+					+
oblongella (Naeg.) Cl.-E.	+	0,9		0,6	+	0,6	+	+	3,9	+	+		0,2	+	0,2	0,3	0,5			+	
ovalis (Hilse) Cleve	+	0,9		0,6	0,6	+	0,2	+	0,6	+	+		+	0,2	+	0,5	+			+	+
Eunotia Ehr.																					
arcubus Nörpel & Lange-B.	+			+			+	+	4,8	+	0,5	+							0,3		+
Fragilaria Lyngbye																					
parasitica (W.Sm.) Grun.	E	+								+	E	E	+	+	0,5	+	E		E		
pinnata Ehr.																					
Gomphonema Ehr.																					
angustum Ag.	0,2	14,3	22,7	8,5	1,6	4,8	12,5	1,1	0,6	2,8	+	12,9	7,3	1,6	7,3	6,7	8,0	1,1	7,6	+	5,1
clavatum Ehr.							+			0,5	1,1	0,3	0,7	0,5			1,3	2,3	0,3	+	+
extentum n.sp.										+	+		0,5								+
hebridense Greg.										+	+										+
lateripunctatum Rei. & L.-B.										+	0,5										+
micropus Kütz.	+	+					+			0,5	+	+	+	+	+	1,0	0,5		0,6	+	E
Meridion Ag.																					
circulare (Grev.) Ag.	1,0	+	0,3	5,1	0,6	0,9		B	6,9	6,9	1,6	0,6	4,3	0,9	0,7	0,5					1,3
Navicula Bory																					
bryophila Pet.	+							+	+	+	+	3,4	+	0,5	0,5		0,3	0,3	+	0,8	
crassulexigua n.sp.										2,8	0,7	3,7	2,3	1,1	1,9	16,7	E	E			
cryptotenella Lange-B.	1,7	0,3		E	+		3,2			+	+	1,7					0,5		+		+
desalpina Lange-B.	+	+																			+
Lange-bertalotii Reichardt	+	0,3	3,3	0,3	+		2,5	+	1,8	+	+	+	+	0,4	+	+	0,5		+	0,6	0,2
menisculus v. grunowii L.-B.	0,5	+	E				+	E		+	0,2	0,6	+	0,2	+	0,3					
minima Grun.	+	+	E		+		0,2	1,3	+	+	+					0,3					0,6
minuscula Grun.		0,3	1,2	0,3	+		0,7		0,3	2,1	2,3	1,4	2,3	0,5	+	+	33,2	0,6	6,7		
muraloides Hust.										+	+	+	+	0,4	0,7	1,8	+				
pellucida (Bréb.) Hilse																	2,1				
reichardtiana Lange-B.	0,2	0,9								0,2		+	+	+	+	0,8					
striolata (Grun.) Lange-B.																					+
stroemii Hust.																				E	+
subhamulata Grun.	+		0,3				+														
sublucida Hust.	+	2,8	1,5																		
subrotundata Hust.										+	+			+	+	1,3				0,8	
tripunctata (O.F.M.) Bory	1,0	1,2			+																+
Nitzschia Hassall																					
amphibia Grun.								+	+												
dissipata (Kütz.) Grun.	+						E			+											+
linearis (Ag.) W.Sm.	+	0,6	+				0,2	+	+	0,2	E					1,0	1,1		1,1		+
perminuta (Grun.) M.Perag.	+	+		1,8			+	1,1	+		E	+				0,5	1,1	0,6	+	0,6	+
Simonsenia Lange-B.																					
delognei (Grun.) Lange-B.	4,8	2,2																			

Bemerkungen zu einigen Arten

Caloneis bacillum (Grun.) Cleve var. *fontinalis* (Grun.) A.Mayer (als f.) Taf. 2/10-17; 4/7

Diese Diatomee gehört zu den charakteristischen Elementen tuffabscheidender Gewässer. Die konstante Merkmalskombination der linearen Schalen mit recht stumpf gerundeten Enden und der auffällig weiten Axialarea in Verbindung mit der ebenfalls sehr breiten Zentralarea grenzt dieses Taxon klar von den vielen anderen Formen aus dem *Caloneis bacillum*-Komplex ab. Die entfernt gestellten Zentralporen und die sehr konstante Breite (fast immer knapp 5µm) sind weitere Merkmale. Die Länge dagegen variiert in stärkerem Maße: 8-27µm lange Exemplare wurden gemessen. Die kürzesten verlieren dabei ihre charakteristische lineare Schalenform und werden elliptisch-lanzettlich. Dies ist aber eine Folge des (gesetzmäßigen) Formwechsels und kann nicht als Variationsfähigkeit gedeutet werden. Solche kurzen, scheinbar untypischen Formen wurden in REICHARDT (1982) als *Caloneis silicula* f. *minutissima* Hust. aufgeführt. HUSTEDT'S Taxon hat aber mit den vorliegenden Formen nichts zu tun (vgl. SIMONSEN 1987, Pl.330/28,29).

HUSTEDT (1937-39, S.283) bestätigt die Eigenständigkeit der var. *fontinalis*, hält sie aber für eine rein ökologische Variante und bezeichnet die Schalenmerkmale als ungeeignete Abgrenzungskriterien. Dem muß hier klar widersprochen werden. Wenn HUSTEDT (l.c.) die genannten morphologischen Merkmale als frei variabel innerhalb des Formenkreises um *Caloneis bacillum* (Grun.) Cleve ansieht, so beruht das auf der allgemeinen Unkenntnis der einzelnen Genotypen, die unter diesem Namen vereinigt sind (vgl. KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, S.391). So gelingt es HUSTEDT (l.c. Taf.XV/14-19) auch nicht, die Unterschiede zwischen der Nominatvarietät und der var. *fontinalis* in seinen Zeichnungen auszudrücken. Alle seine Abbildungen zeigen die Merkmale der var. *fontinalis*.

In der restlichen Literatur findet man nur selten Abbildungen, die GRUNOW'S Taxon entsprechen. Meist werden ganz andere Formen aus dem Formenspektrum von „*Caloneis bacillum*“ dargestellt, die nicht selten auch eine ganz andere Autökologie aufweisen. Die Folge, daß die „Varietät“ als Synonym in die Art einbezogen wurde, ist dadurch nicht verwunderlich.

Caloneis constans n.sp.

Taf. 2/1-7; 4/6

Valvae lineares apicibus obtuse rotundatis, 24-64µm longae, 7,3-9,5µm latae. Rami raphae modice laterales positi poris centralibus vix dum ad idem latus deflexis. Area axialis late lanceolata, area centralis fascia ad margines dilatata structuris modice semilunariibus ad instar. Striae transapicales medio parte parallelae, ad apices modice radiantes, 18-20 (plerumque 19) in 10µm.

Holotypus: Sub no. S1272-T01 in collectione Reichardt

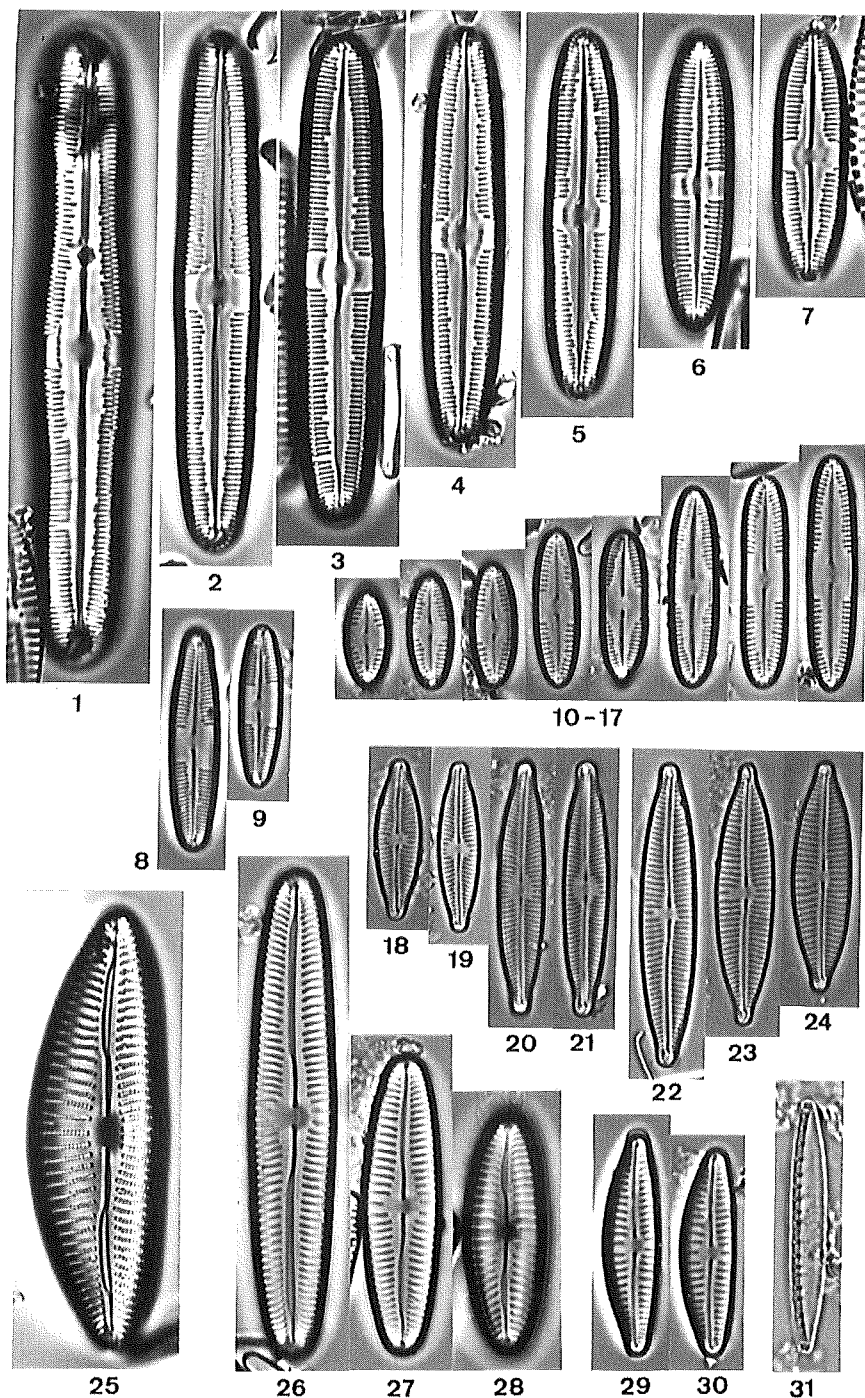
Isotypus: Sub no. Zu 4/30 in collectione Bremerhaven (BRM)

Typushabitat: Sumpfige Quelle am „Ornatenton-Quellhorizont“ südwestl. der

Dornmühle bei Wettelsheim, Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen.

Schalen linear mit stumpf gerundeten Enden, 24-64µm lang, 7,3-9,5µm breit. Raphe gerade, schwach lateral, Zentralporen sehr schwach seitlich abgebogen. Axialarea breit lanzettlich, Zentralarea eine bis zum Schalenrand reichende Querbinde, beiderseits des Zentralknotens mit schwachen mondsichelförmigen Zeichnungen. Transapikalstreifen in der Mitte parallel, gegen die Pole schwach radial, 18-20 (meist 19) in 10µm. Längslinie nahe am Schalenrand.

Die neu beschriebene Art wurde in REICHARDT (1982) als *Caloneis schumanniana* var. *linearis* (Hust.) A. Mayer geführt. Weitere, teilweise reichhaltige Funde in den untersuchten und anderen Materialien aus dem „Ornatenton-Quellhorizont“ im Südl. Frankenjura machen jedoch deutlich, daß es sich bei den vorliegenden Formen um eine morphologisch und ökologisch gut begründete Art handelt. Die lineare Schalenform ist kaum variabel, lediglich Sporangial- und deren Folgezellen weisen eine schwache Auftreibung in Schalenmitte auf. Die Zentralarea ist bei allen (!) bisher gefundenen Exemplaren als gleichmäßige Querbinde ausgebildet. Die schwachen mondsichelförmigen Flecken in der Zentralarea erweisen sich im REM als seichte Mulden in der Schalenfläche. Sie sind viel schwächer ausgebildet als bei *Caloneis schumanniana* bzw. deren Varietät *linearis*.



Tafel 2: (LM, Vergr. 1500/1) 1.-7. *Caloneis constans* n.sp. (3. u. 6. aus Mat. Nr. 11, übrige Fig. aus dem Typenmaterial; 5. Holotypus) - 8.-9. *Caloneis bacillum* var. *lancettula* (Schulz) Hust. 10.-17. *Caloneis bacillum* var. *fontinalis* (Grun.) A.M. - 18.-21. *Cymbella falaisensis* (Grun.) Kr. & Lange-B. - 22.-24. *Cymbella cesatii* (Rabh.) Grun. (kleine Exemplare zum Vergleich) - 25. *Cymbella austriaca* Grun. - 26.-28. *Cymbella subaequalis* Grun. - 29.-30. *Cymbella diminuta* (Grun.) nov.stat. - 31. *Nitzschia harderi* Hust.

In REICHARDT (1982) wird diese Art nicht genannt. Unter *Cymbella microcephala* wird dort aber auf abweichende Formen hingewiesen, die „eine gewisse Ähnlichkeit mit *Cymbella cesatii* aufweisen“. Damit ist *Cymbella falaisensis* gemeint (vgl. REICHARDT 1982, Taf. 3/4,5). Nach der klaren Darstellung der Art in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1985) kann sie eigentlich nur noch mit kleinen Exemplaren von *C. cesatii* verwechselt werden. Bei Beachtung der in KRAMMER & LANGE-B. (l.c. S.26) genannten Unterscheidungsmerkmale sind die beiden Arten aber immer auseinanderzuhalten (vgl. Taf. 2/18-21 u. 22-24).

Cymbella diminuta (Grun.) nov.stat.

Taf. 2/29-30; 5/3-4

Basionym: *Cymbella obtusa* var. *diminuta* Grunow (In: VAN HEURCK 1880-1885, Type No. 129)

Dieses Taxon kann keinesfalls nur als kleine Form von *Cymbella subaequalis* Grun. (Syn.: *C. obtusa* Greg.) aufgefaßt werden. Kleine Exemplare aus dem Teilungszyklus der *C. subaequalis* zeigen einen anderen Habitus: Sie bleiben breiter mit stumpfer und breiter gerundeten Polen, und der laterale Verlauf der Raphenspalten ist immer gut nachweisbar. Solche fast elliptischen Formen wurden teilweise als f. *krasskei* (Foged) Reimer abgetrennt, obwohl bereits KRASSKE (1943, S.57) bemerkte, daß sie „nicht besonders zu benennen sind“. *C. diminuta* dagegen ist schmaler und besitzt meist schwach vorgezogene, jedenfalls aber schlankere Enden. Die Raphe erscheint im LM filiform. Wenn beide Arten gemeinsam vorkommen, sind sie gut auseinanderzuhalten. ISERENTANT (1988, Pl.2/30) und REICHARDT (1982, Taf.3/9-12) bilden *C. diminuta* aus Tuff-Habitaten ab. In beiden Fällen wurde die Art zwar falsch bestimmt, daß sie aber überhaupt nicht im Zusammenhang mit *C. subaequalis* gesehen wurde, spricht nur für ihre Eigenständigkeit.

Im REM offenbaren sich Unterschiede in der Feinstruktur. Während die Areolenforamina bei *C. subaequalis* als feine Spalten ausgebildet sind, erscheinen sie bei *C. diminuta* punktförmig (vgl. Taf.5/1,3). In den Alveolen von *C. diminuta* erkennt man etwas eigenartig geformte, lippenartige Stümpfe („stubs“), bei *C. subaequalis* dagegen sind die Areolen in den Alveolen einzeln abgetrennt (vgl. Taf.5/2,4).

Cocconeis pseudothumensis Reichardt

Taf. 1/22-24; 5/9

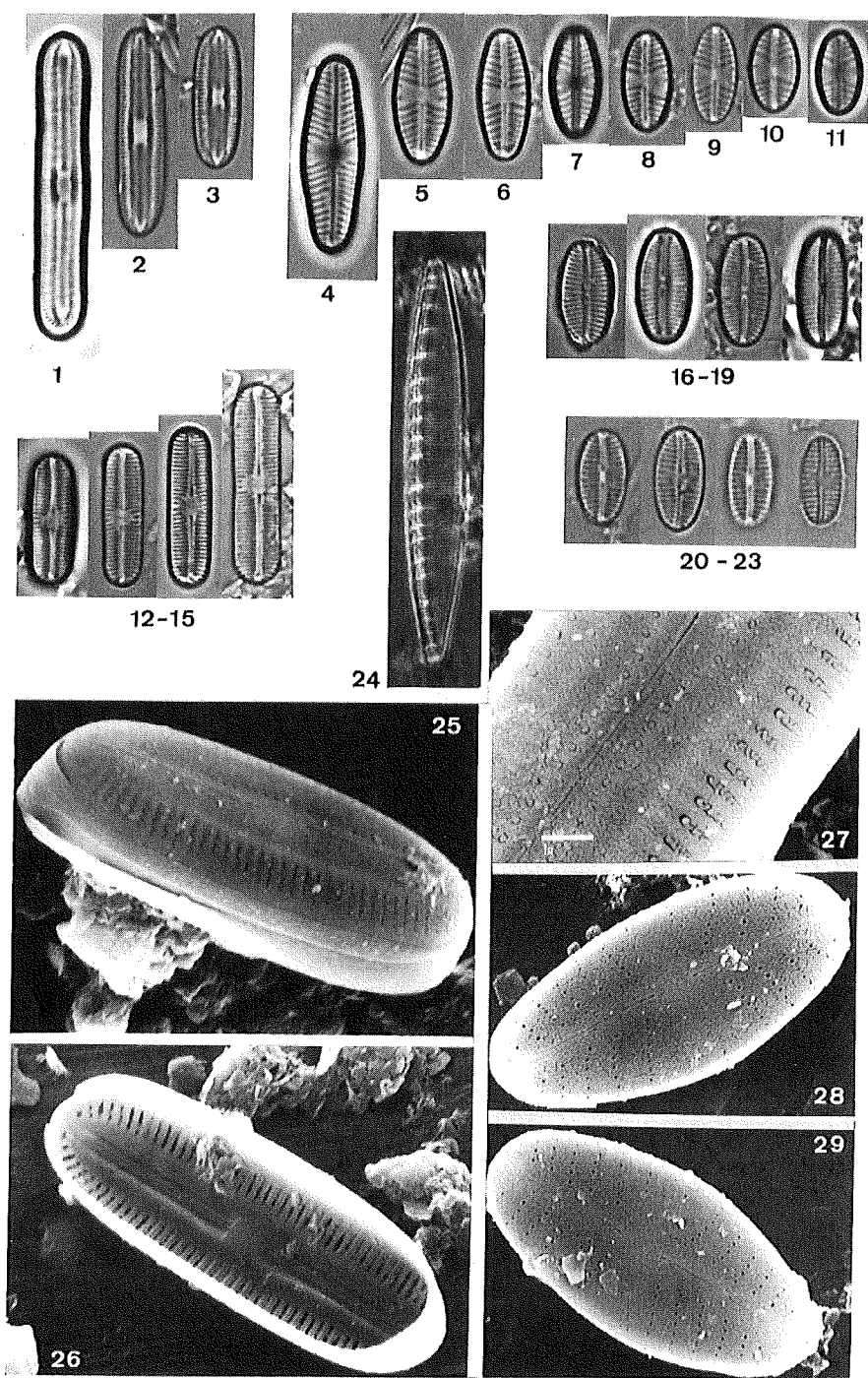
Für diese, aus einer Steinernen Rinne beschriebenen Art (REICHARDT 1982) liegen bisher nur wenige gesicherte Nachweise vor. Die neuen Funde bestätigen die bisherige Feststellung, daß es sich um eine wenig variable Art handelt.

Diploneis minuta Pet.

Taf. 3/1-3, 25-27

Die Art war lange Zeit nur aus Island bekannt, und bis heute liegen nur sehr wenige gesicherte Funde aus anderen Gebieten vor. Ihr konstantes Vorkommen in allen hier untersuchten Gewässern (auch in REICHARDT 1982) ist daher besonders bemerkenswert. Aufgrund der reichlichen Funde können die Größenangaben erweitert werden: Länge 11-24µm, Breite 3,5-4,5µm, bei den hier beobachteten Formen wurden 34-36 (meist 36) Streifen in 10µm gezählt, in anderen Materialien können auch bis 39 Streifen in 10µm gemessen werden.

Bei der Untersuchung im REM (vgl. Taf.3/25-27) sind vor allem die verschlungen gewellten „Areolenschlitze“ bzw. Foramina auf der Schalenaußenseite bemerkenswert („sinuous line“ in GERMAIN 1979). Beiderseits der Raphe erkennt man die Poren der Längskanäle mit kleinen hufeisenförmigen Foramenlippen. Auf der Schaleninnenseite fallen die die Raphe begleitenden Furchen auf. Die Alveolen sind ganz von arten Siebmembranen überspannt (vgl. KRAMMER 1986), die bei der Präparation leicht zerstört werden.



Tafel 3: (LM, Vergr. 2000/1) 1.-3. *Diploneis minuta* Pet. - 4.-11. *Navicula crassulexigua* n.sp. (7. Holotypus) - 12.-15. *Navicula lange-bertalotii* Reichardt - 16.-19. *Navicula sublucidula* Hust. - 20.-23. *Navicula muraloides* Hust. - 24. *Nitzschia bardevi* Hust. (gleiches Exemplar wie Taf.2/31, polarisierte Dunkelfeldbeleuchtung 2500/1) (REM, Vergr. wie angegeben) 25.-27. *Diploneis minuta* Pet. (25. Außenansicht 6400/1 - 26. Innenansicht 6100/1 - 27. Außenansicht 12000/1) - 28.-29. *Navicula crassulexigua* n.sp. (Außenansichten 8000/1)

Eunotia arcubus Nörpel & Lange-B.

Es handelt sich dabei um eine neue Bezeichnung für die bisher als *Eunotia arcus* Ehr. geführten Diatomeen aus kalkreichen Gewässern. Diese haben mit *E. arcus* (Typus) aber nichts zu tun.

Gomphonema angustum Ag.

Taf. 1/9-12

Die bisher vielfach verkannte Art hat ihren Verbreitungsschwerpunkt eindeutig in sehr kalkreichen Gewässern und gehört zu den häufigsten Arten der untersuchten Materialien. Zur Abgrenzung gegenüber ähnlichen Arten vergleiche REICHARDT & LANGE-BERTALOT (1991).

Gomphonema clavatum Ehr.

Taf. 1/1-4

Unter *Gomphonema clavatum* wurden verschiedene Arten und Sippen zusammengefaßt, die trotz intensiver Untersuchungen (REICHARDT & LANGE-BERTALOT in Vorb.) bisher noch nicht gesichert in ihre natürlichen Glieder aufgespalten werden konnten. Die hier gefundenen Formen stehen etwa zwischen *G. clavatum* vom locus typicus (Franzensbad) und *G. subclavatum* Grun., lassen sich diesen Arten aber weder klar zuordnen noch sind sie eindeutig davon abzugrenzen. Als *Gomphonema montanum* Schum. (vgl. REICHARDT 1982) sollten diese Formen aber nicht mehr geführt werden.

Gomphonema hebridense Greg.

Taf. 1/5-8

Das Auffinden dieser Art in der Steinernen Rinne von Erasbach ist bemerkenswert, denn normalerweise kommt sie eher in elektrolytarmen Gewässern vor. Mittlerweile liegen mir aber auch umfangreiche Populationen aus den Kalkalpen vor. Weder im LM noch im REM sind irgendwelche Unterschiede zu den typischen Formen auszumachen.

Gomphonema extantum Reichardt & Lange-Bertalot n.sp.

Taf. 1/16-21; 5/5-8

Valvae lineari-lanceolatae ad vertices et polos basales versus cuneatim attenuatae finibus protractis late rostratiformibus et late rotundatis, quomodo ad instar et habitu *G. micropus* (syn. *G. angustatum*) valde similes sed tamen distinguendae signis typicis subsequenter enumerantibus. Longitudo 16,9-43µm, latitudo 5,6-7,4µm. Raphe fere recta poris centralibus inconspicuis. Area axialis angusta, linearis. Area centralis unilateraliter ad marginem valvae extanta, striae (vel singula stria) abbreviatae etiam in limbo valvae semper absunt ex contrario *G. micropus*. Altera pars areae centralis habet una stria modice abbreviata cum stigma solitaria coniuncta. Striae transapicales modice radiantes et arcuatae apparentes, 9-12 in 10µm, plerumque 10-11 in 10µm. Foramina areolarum modificata non punctiformia (in REM). Altera indica submicroscopica vide in REM-Fig. 5/5-8.

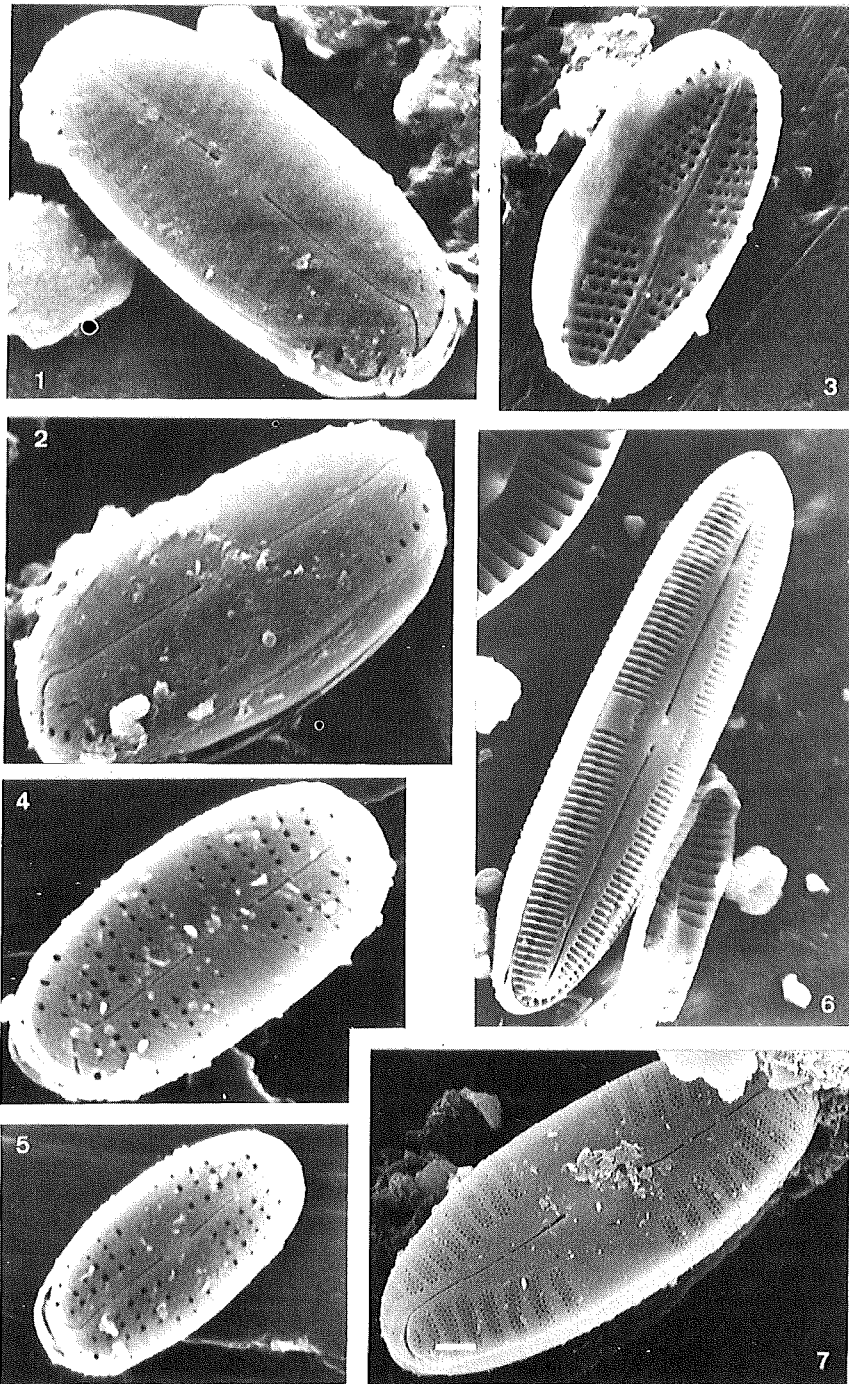
Holotypus: Sub no. S663-T01 in collectione Reichardt

Isotypus: Sub no. Zu 4/31 in collectione Bremerhaven (BRM)

Typushabitat: Steinerne Rinne bei Erasbach, Landkreis Neumarkt/Opf. (Probe 11 dieser Arbeit)

Schalen schwach keilförmig linear bis linear-lanzettlich mit deutlich geschnäbelt vorgezogenen Enden, 16,9-43µm lang, 5,6-7,4µm breit. Raphe gerade mit unauffälligen Zentralporen. Axialarea eng linear, Zentralarea auf einer Seite immer bis zum Schalenrand reichend, auf der gegenüberliegenden Seite mit einem nur wenig verkürzten Streifen, der mit einem Stigma endet. Transapikalstreifen bogig, schwach radial, 9-12 (meist 10-11) in 10µm.

Die neue Art ähnelt langgestreckten Formen von *Gomphonema micropus* Kütz. (Syn.: *G. angustatum* (Kütz.) Rabh.) mit denen sie durch Konvergenzen scheinbar verbunden ist. Bei Beachtung der genannten Merkmale können beide Arten aber eindeutig getrennt werden. Die konstant einseitige Zentralarea



Tafel 4: (REM) 1.-3. *Navicula sublucidula* Hust. (1. Außenansicht 8300/1 - 2. Außenansicht, deutlich sichtbar der Rand des Conopeus 8200/1) - 3. Innenansicht 6300/1) - 4.-5. *Navicula muraloides* Hust. (Außenansichten 8500/1 und 6400/1) - 6. *Caloneis constans* n.sp. (Außenansicht; die fein perforierte Schicht zwischen den Transapikalrippen ist durch Korrosion entfernt, die Transapikalrippen liegen frei; darunter erkennt man eine Reihe innerer Kammeröffnungen 2500/1) - 7. *Caloneis bacillum* var. *fontinalis* (Grun.) A.M. (Außenansicht 6000/1)

läßt sich mit Sicherheit oft nur in Gürtelbandansicht nachweisen. In Schalenansicht zeigen auch manche Formen von *G. micropus* eine unilaterale Zentralarea, im Mantelbereich ist im allgemeinen aber immer ein (gelegentlich bis 3) stark verkürzter Streifen vorhanden. Weiterhin erscheint *G. extantum* im LM stärker verkieselt und zeigt oft schwach gerippte Schalenränder. Ursache hierfür sind die auch auf der Außenseite schwach erhabenen Transapikalrippen. Im REM zeigen sich signifikante Unterschiede in der Feinstruktur. (vgl. Taf.5/5-8) Besonders auffällig sind die eigenartig geformten Areolenforamina, die nicht kontinuierlich über den Schalenrand hinauslaufen, sondern beim Übergang zum Schalenmantel eine deutliche Unterbrechung zeigen. Bemerkenswert sind auch die unauffälligen Zentralporen, die als einfache Enden der Raphenschlitze ausgebildet sind. *G. micropus* besitzt dagegen auffällig vergrößerte, rundliche Zentralporen. Weiterhin weist *G. extantum* nicht nur am Fußpol, sondern auch am Kopfpol ein kleines Porenfeld auf. Auf der Schaleninnenseite erkennt man sehr schmale Alveolen, in denen die Areolen einzeln durch kleine Bälkchen („struts“) voneinander getrennt sind. Die Zentralspalten biegen nach einem fast rechtwinkligen Knick mit einem ziemlich flachen Bogen zur Stigmaseite hin ab und zeigen keine weiteren Besonderheiten.

HUSTEDT (1930, S.373, Fig. 692) beschrieb als *G. angustatum* var. *linearis* eine habituell sehr ähnliche Form. Abgesehen davon, daß dieses Taxon nirgends typisiert und ein nomen nudum ist, zeigt die Zeichnung gegenüber dem Stigma einen kurzen randständigen Streifen. *G. extantum* kann somit kaum vorgelegen haben. Dies gilt auch für andere, früher beschriebene und habituell ähnliche Formen.

Die neue Art konnte inzwischen in mehreren kalkreichen Gewässern Süddeutschlands und der Nördlichen Kalkalpen nachgewiesen werden. Ein besonders reichhaltiges Vorkommen liegt mir aus dem Schambachried (Kalkflachmoor) bei Treuchtlingen vor. Hier lebt die Art sympatrisch mit habituell sehr ähnlichen, langgestreckten Formen von *G. micropus*.

Navicula crassulexigua n.sp.

Taf. 3/4-11, 28-29

Valvae ellipticae ad elliptico-lanceolatae apicibus obtuse rotundatis, 6-15µm longae, 3,5-4,8µm latae. Raphe filiformis, recta. Area axialis anguste linearis, area axialis fere ampla margines valvae non attingens nonnullis striis brevissimis terminata. Striae transapicales radiantis, 18-23 in 10µm.

Holotypus: Sub no. S668-T01 in collectione Reichardt

Isotypus: Sub no. Zu 4/32 in collectione Bremerhaven (BRM)

Typushabitat: Steinerne Rinne bei Erasbach, Landkreis Neumarkt/Opf. (Probe 16 dieser Arbeit)

Schalen elliptisch bis elliptisch-lanzettlich mit stumpf gerundeten Enden, 6-15µm lang, 3,5-4,8µm breit. Raphe gerade, fadenförmig. Axialarea schmal linear, Zentralarea groß, bis nahe an den Schalenrand reichend und hier von einigen stark verkürzten Streifen begrenzt. Transapikalstreifen deutlich radial, 18-23 in 10µm.

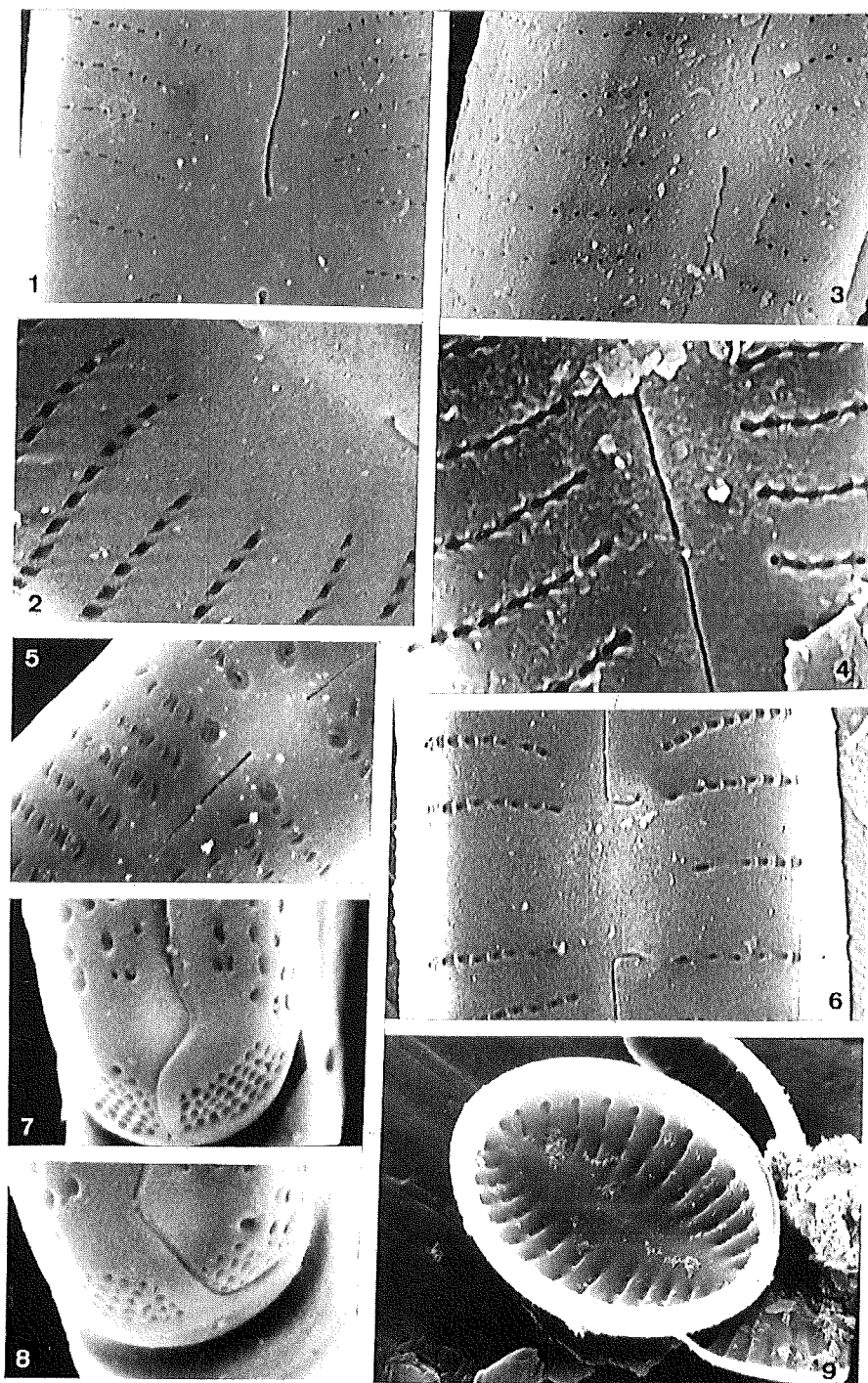
Die neue Art erinnert mit ihrer relativ groben Streifung an *Navicula seminulum* Grun. Letztere unterscheidet sich aber durch die durchschnittlich stärker gestreckte Schalenform und die Ausbildung der Zentralarea, die weniger groß und an den Rändern regelmäßig begrenzt ist. Weitere Unterschiede bestehen in der Feinstruktur. *N. crassulexigua* besitzt im Gegensatz zu *N. seminulum* durchwegs nur einfache Areolenreihen und entspricht in dieser Beziehung *Navicula minima* Grun. Diese ist aber viel feiner gestreift.

Navicula lange-bertalotii Reichardt

Taf. 3/12-15

Beschreibung, Diskussion, Synonymik und Angaben zum Vorkommen im süd-mittelfränkischen Raum dieser für das Untersuchungsgebiet charakteristischen Art finden sich in REICHARDT (1985). Mittlerweile liegen mir zahlreiche weitere Funde aus kalkreichen Gewässern im Alpenvorland, den Nördlichen Kalkalpen und dem Plitvicer Seengebiet vor. Die Art ist demnach in entsprechenden Biotopen weiter verbreitet. Das belegen auch die Funde von BUJNOCH (1991) im Koppelstein-Gebiet.

Inzwischen konnte auch nachgewiesen werden, daß die Art nicht zu *Navicula digitulus* Hust. gezogen werden kann (in KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986-1991, Bd. 2/1, Fig.77/27-28 wurde sie mit „?“ zu *N. digitulus* gestellt). Die beiden Arten sind feinstrukturell sehr unterschiedlich gebaut. *N. digitulus* besitzt beispielsweise kein Conopeum (nach LANGE-BERTALOT, pers. Mitt.).



Tafel 5: (REM) 1.-2. *Cymbella subaequalis* Grun. (1. Außenansicht 8000/1 - 2. Innenansicht 13000/1) - 3.-4. *Cymbella diminuta* (Grun.) nov.stat. (3. Außenansicht 9500/1 - 4. Innenansicht 14000/1) - 5.-8. *Gomphonema extantum* n.sp. (5. Außenansicht 6600/1 - 6. Innenansicht des Zentralbereichs 10000/1 - 7. Fußpol 11800/1 - 8. Kopfpol der gleichen Schale wie Fig.7 13500/1) - 9. *Cocconeis pseudothumensis* Reichardt (raphenlose Schale, Innenansicht 4200/1)

Diese Art wurde in der Vergangenheit stets mit anderen Arten in Verbindung gebracht und findet sich in der Literatur unter verschiedenen Bezeichnungen. Im Untersuchungsgebiet konnten nur Einzelexemplare in Mat. Nr. 7, 11 und 19 beobachtet werden. Weitere Funde liegen mir aus ähnlichen Biotopen im süddeutschen Raum vor (vgl. auch BUJNOCH 1991, Taf.6/3).

Navicula muraloides Hust.

Taf. 3/20-23; 4/4-5

Auch diese seltene Art konnte im REM untersucht werden. Bemerkenswert sind die isolierten Areolen seitlich der Pole, die z.B. auch bei *Navicula lange-bertalotii* oder *Navicula sublucidula* beobachtet werden können. Im Gegensatz zu den genannten Arten besitzt *N. muraloides* aber kein Conopeum!

Navicula sublucidula Hust.

Taf. 3/16-19; 4/1-3

Die sehr seltene Art wurde bisher mit größerer Häufigkeit eigentlich nur in den mittelfränkischen Steinernen Rinnen beobachtet (vgl. REICHARDT 1982). Daß dies kein Zufall war, beweisen die neuerlichen Funde. Die Angaben in REICHARDT (1982, S.102) zum lichtmikroskopischen Erscheinungsbild sind nach wie vor völlig zutreffend und können nicht erweitert werden. Erstmals war es aber möglich, die Art im REM zu untersuchen.

Der Feinbau entspricht dabei weitgehend dem von *Navicula lange-bertalotii*; d.h. die Areolen werden außen von einem Conopeum überspannt, das nur seitlich unterhalb der Pole einige isolierte Areolen freiläßt. Auf der Schaleninnenseite erkennt man eine schwach verstärkte Mittelrippe mit kleinen Helictoglossae. Bei manchen Schalen waren in den Areolen auch noch Siebmembranen vorhanden, die den Präparationsprozeß überstanden hatten.

Nitzschia harderi Hust.

Taf. 2/31; 3/24

Es wurde nur ein Exemplar in Material Nr. 19 gefunden. Die Zuordnung solcher Einzelfunde ist im allgemeinen immer sehr problematisch, besonders, wenn es sich wie hier um eine wenig bekannte Art handelt. Das gefundene Exemplar stimmt aber in allen erkennbaren Merkmalen und Dimensionen mit dem Typus überein (vgl. SIMONSEN 1987, pl.540/18-22). Mit Hilfe von polarisiertem Licht und Dunkelfeldbeleuchtung konnte auch die Streifung (46 in 10µm) aufgelöst werden.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. H. Lange-Bertalot (Frankfurt) danke ich für vielfältige Hinweise und seine Hilfe bei der Abfassung der lateinischen Diagnosen.

Literatur

- BUJNOCH, W. 1991: Kieselalgen (Diatomeen) des Koppelstein-Gebietes am Mittelrhein. Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz 14: 267-294. — GERMAIN, H. 1979: Details of structure in three small freshwater *Diploneis*. Nova Hedwigia, Beih. 64: 207-217. — GLASSL, R. & M. SCHIEBER 1989: Die Tuffkaskade „Hohen Brunnen“ bei Berching/Opf. Acta Albertina Ratisbonensia 46: 199-225. — GLASSL, R. & M. SCHIEBER 1990: Die Tuffrinne von Erasbach. Archaeopteryx 8: 127-139. — HUSTEDT, F. 1930: Bacillariophyta. In: PASCHER, A.: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Heft 10 (Jena). — HUSTEDT, F. 1937-39: Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra nach dem Material der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. Arch. Hydrobiol. Suppl. Bd.15: 131-506 u.638-790, Taf.9-43; Suppl. Bd.16: 1-394. — ISERENTANT, R. 1988: Les Diatomées d'un Travertin de Pente („Cron“) en Lorraine Belge. Mém. Soc. Roy. Bot. Belg. 10: 17-25. — KRAMMER, K. 1986: Kieselalgen: Biologie, Baupläne der Zellwand, Untersuchungsmethoden. (Stuttgart). — KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT 1985: Naviculaceae. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen zu einigen Gattungen. Bibliotheca Diatomologica 9. — KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT 1986-1991: Bacillariophyceae.-

In: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNG & D. MOLLENHAUER (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd.2/1-4. (Stuttgart, Jena). — KRASSE, G. 1943: Zur Diatomeenflora Lapplands. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 61: 81-88. — REICHARDT, E. 1981: Die Diatomeenflora quelliger und sumpfiger Standorte in der Umgebung von Treuchtlingen. Nova Hedwigia 34: 487-519. — REICHARDT, E. 1982: Die Diatomeenflora der „Steinernen Rinnen“ in Mittelfranken. Ber. Bayer. Bot. Ges. 53: 97-112. — REICHARDT, E. 1985: Diatomeen an feuchten Felsen des Südlichen Frankenjuras. Ber. Bayer. Bot. Ges. 56: 167-187. — REICHARDT, E. & H. LANGE-BERTALOT 1991: Taxonomische Revision des Artenkomplexes um *Gomphonema angustum* - *G. dichotomum* - *G. intricatum* - *G. vibrio* und ähnliche Taxa (Bacillariophyceae). Nova Hedwigia 53: 519-544. — SIMONSEN, R. 1987: Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. Vol. 1-3. (Berlin, Stuttgart). — WALLNER, J. 1934: Über die Beteiligung kalkablagernder Pflanzen bei der Bildung süd-bayerischer Tuffe. Bibliotheca Botanica, H. 110. (Stuttgart). — VOIGTLÄNDER, W. 1966: Die „Steinerne Rinne“ bei Wolfsbronn. Geol. Blätter f. Nordostbayern, 1966: 50-55. — VON DER DUNK K. & K. VON DER DUNK 1980: Algen und Moose bauen einen Aquädukt aus Tuff. Mikrokosmos 69: 50-55.

Erwin REICHARDT
Bubenheim 136
D-91757 Treuchtlingen

