

Diatomeen

Lebensformen und Taxonomie

Simone Illig
19. Juni 2010

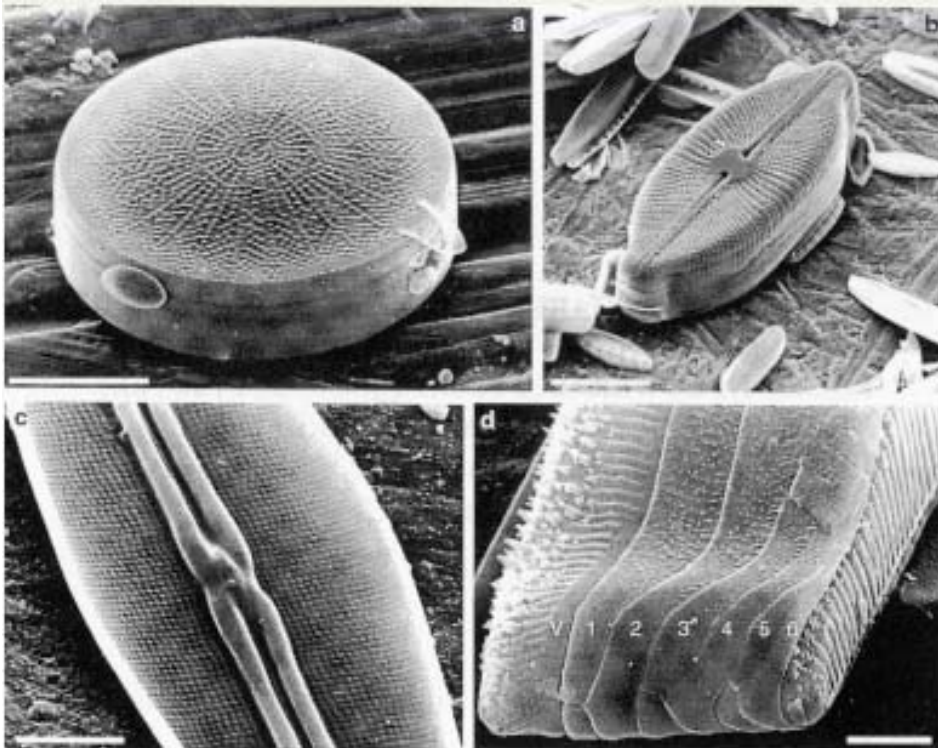
Einführung - Biologie

- Reich **Protoctista** (beinhaltet Algen und Einzeller)
- Stamm **Heterokontophyta** (freischwimmende Zygoten mit 2 verschiedenen Flagellen)
- Klasse **Bacillariophyceae** (Zellen von einer kieselensäurehaltigen Zellwand umhüllt = Frustel)

Ursprung der Diatomeen

- Diatomeen haben sich als heterotrophe Einzeller entwickelt mit einer endosymbiontischen Rotalge. Beide Organismen haben sich zu einem vereinigt.
- Diatomeen spiegeln fundamental anderen evolutionären Weg wieder als die “höheren” Landpflanzen. Diatomeen haben biogeochemische Merkmale von Pflanzen und Tieren.
- Erste Fossilienfunde aus der frühen Kreidezeit, nicht früher → vielleicht wegen des Permischen Massensterbens.

Diatomeen Frustel



SEM

zentrisch
pennat

Valveansicht
Gürtelansicht

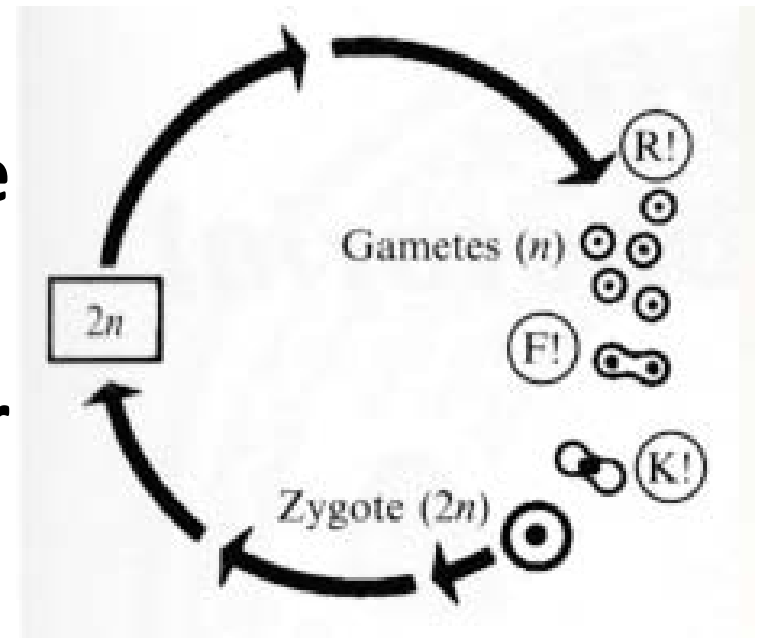
Innen
Außen

Maßstab 10 μm

Einführung - Biologie

- Chloroplasten normalerweise gold-braun
- Farbstoff Xanthophyll-fucoxanthin
- Spezies zeigen

**diplontische Lebensweise
(eine diploide vegetative
Phase, Gameten nach der
Meiose haploid)**



Diversität und Verbreitung

- Enorm erfolgreiche Gruppe
- Über 250 Gattungen, ca. 100.000 Taxa
- Globale Verbreitung in marinen und Süßwasser-Habitaten
- 20-25% Beitrag zur globalen Primärproduktion.
- 25% Beitrag zur gesamten Sauerstoffproduktion der Erde
- Viele kosmopolitische Spezies
- Fossiler Nachweis seit der frühen Kreide vor 140 Mio. Jahren.

Geschichte

- **1703** – Diatomeen (wahrscheinlich *Tabellaria floccolusa*) das erste Mal beobachtet an den Wurzeln von Entengrütze (*Lemna*) (*in Phil. Trans. R. Soc.*)
- **1791** – erste Diatomeen Gattung, *Bacillaria Gmelin* beschrieben, basierend auf O.F. Müller's (1783) Beschreibung von *Vibrio paxillifer*
- **1844** – Diatomeen das erste Mal dem Reich der Pflanzen (Algen) zugeordnet durch Kützing
- **1850 - 1900 – Zunahme der Diatomeenstudien und Entwicklung einer festen Klassifikation:**
 - Entwicklung des Mikroskops
 - Freizeitaktivitäten der Mittelklasse angehörigen Männer, Bildungsschicht (Amateure, oft Geistliche z.B. William Smith)
 - Kolonialzeit und Entwicklung von Sammlungen in Museen

Kunst aus Diatomeen



Mikroskopisches Präparat von Diatomeen, die von Hand angeordnet wurden.

Die größte ist 325 μm lang.

(aus Canter-Lund & Lund 1995)

Umweltbezogene Anwendungen

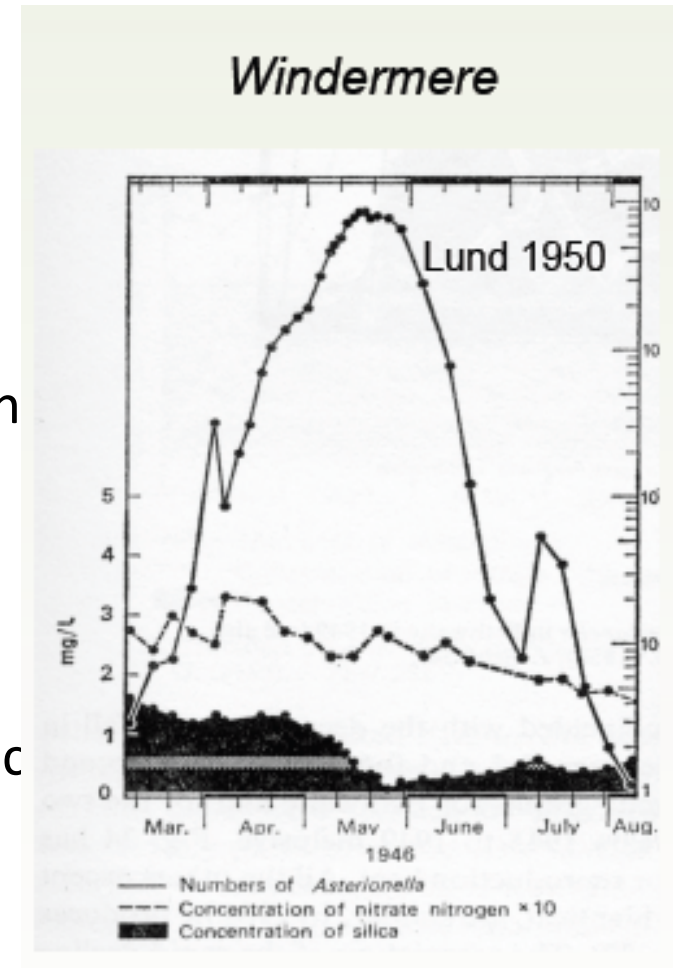
- gegenwärtige Wasserqualität
 - Sauerstoffgehalt von Flüssen und Strömen
 - Nährstoffgehalt von Süßwasser
 - Säuregehalt von Süßwasser
- Wasserqualität in der Vergangenheit
 - Versauerung von Seen
 - Eutrophierung von Seen
 - Salzgehalt von Seen
- Klimawandel: See Records (Salinität, pH, Nährstoffe, Temperatur)
- Klimawandel: marine Records (Temperatur, Produktivität, Strömungen)

Umweltbezogene Anwendungen

- Veränderungen des Meeresspiegels und der Lage der Küstenlinien
- Archäologie – Verfügbarkeit von Rohstoffquellen, Handelswege
- Marine Produktivität und Kohlenstoffkreislauf
- Bio-Stratigraphie und Chronologie von marinen Sedimenten
- Forensische Untersuchungen
- Überwachung von Ökosystemen
- Kommerzielle Nutzung – große diatomitablagerungen aus dem Miozän (5-25 Mio. J.); z.B. Lompoc, Kalifornien
 - – sehr leichter, bröseliger Stein
 - – isolierendes Material
 - – Schleifmittel
 - – Filter
- Plage – biologische Verschmutzung, toxische Blüten, invasive Blüten, z.B. *Didymosphenia geminata*

Siliziumdioxid der Diatomeen

- Haben wie Pflanzen Zellwände – mit Siliziumdioxid-Einlagerungen
- Siliziumdioxid wird als gelöstes Si(OH)_4 aufgenommen
- SiO_2 wird am Ende der mitotischen Teilung organisiert durch eine organische Membran
- Die Zellwand ist unverwechselbar
 - gibt Stabilität
 - erzwingt vegetative Vermehrung
 - liefert taxonomische Merkmale
 - macht die Erhaltung in Sedimenten möglich



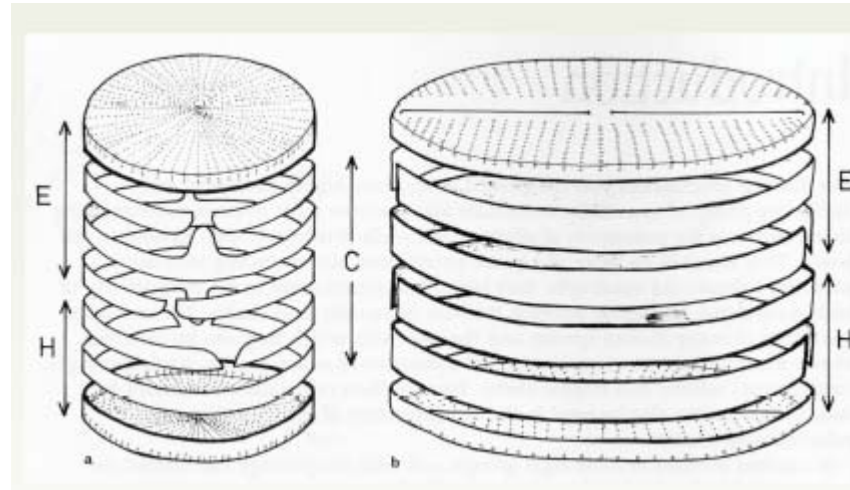
Vorteile der Siliziumdioxids

- Häufiges Mineral, genügend verfügbar in den meisten feuchten und nassen Lebensräumen als Orthokieselsäure ($\text{Si}[\text{OH}]_4$)
- Diatomeen spielen eine enorme Rolle im globalen Silizium Zyklus.
- Zellwände lebendiger Zellen unlöslich durch Ausbildung organischer Schichten, Auflösung nach dem Tod
- Siliziumoxid stellt eine physikalisch stabile und chemisch reaktionsträge Grenze zur Außenwelt dar.
- Silikataufnahme ist sehr effizient und benötigt weniger Energie als eine gleichwertige organische Zellwand aufzubauen

Aber auch Nachteile...

- Nicht permabel – Lösung: tausende kleiner Poren
- Nicht dehnbar und kann sich nicht ausweiten, um Zellwachstum zu ermöglichen
 - deshalb hat die Zelle 2 überlappende Theken, die auseinanderweichen während des Zellwachstums. Wachstum durch Hinzufügen von Gürtelbändern.
- Nicht dehnbar und kann sich nicht ausweiten, um Gameten während der sexuellen Vermehrung zu entlassen.
- Neue Valven entstehen in der Muttertheka, deshalb wird die Population kleiner
- schwer – OK für benthische Formen, aber planktonische Formen brauchen bspw. wabenförmige Strukturen oder lange Schwefortsätze

Struktur der Frustel (Zellwand)



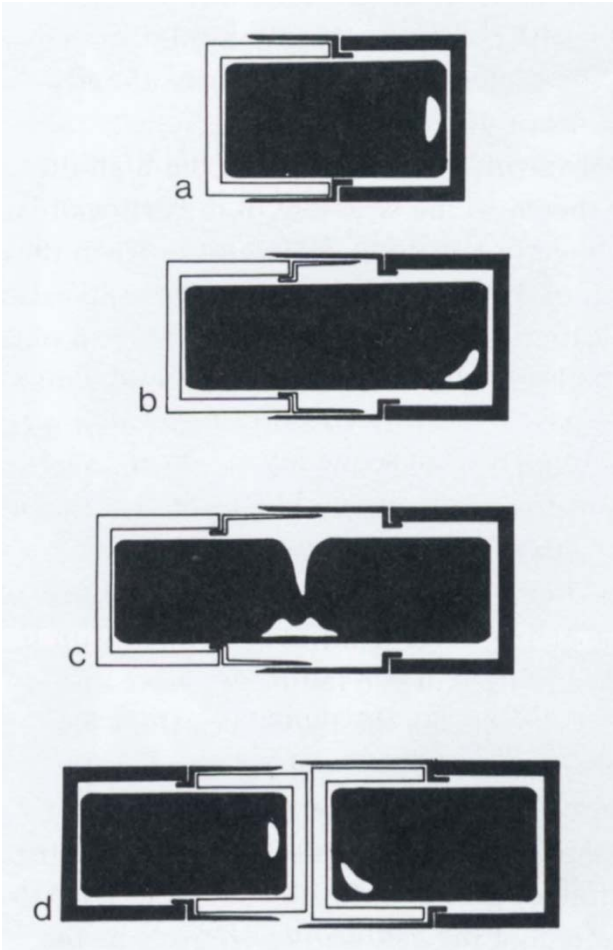
E = Epitheka (Epivalve + Epicingulum)

H = Hypotheka (Hypovalve + Hypocingulum)

C = Cingulum

Das cingulum umfasst ein oder mehrere Copulae (Gürtelbänder)

Zellzyklus



Neue Zelle mit kompletter Epitheka und Hypotheka – mit Epicingulum

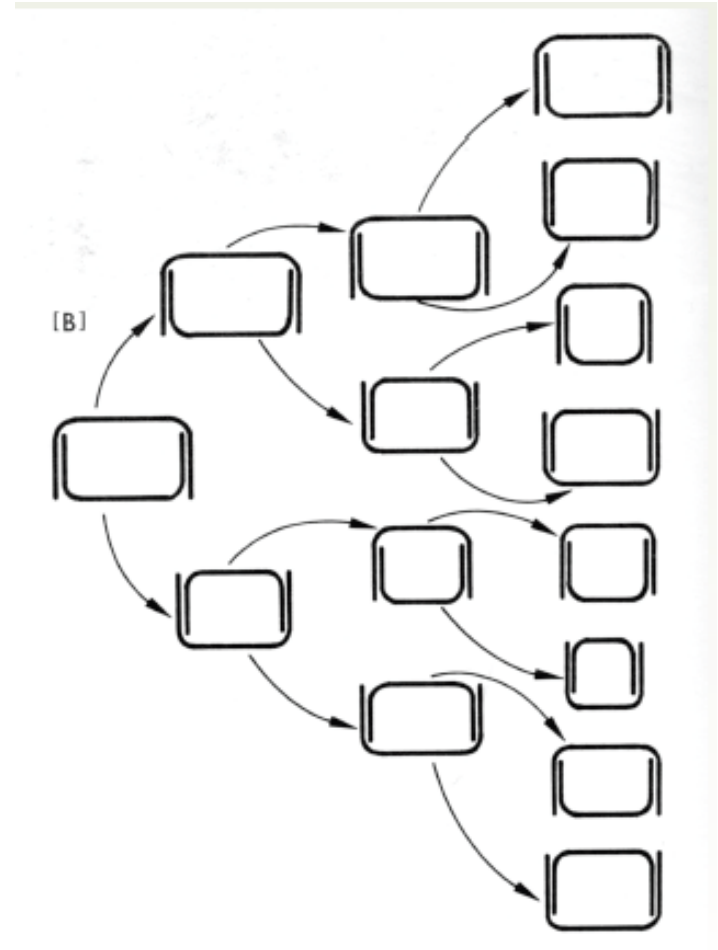
Uniaxiales Wachstum durch Auseinandergleiten – Wachstum des Hypocingulums

Mitose und Cytokinese

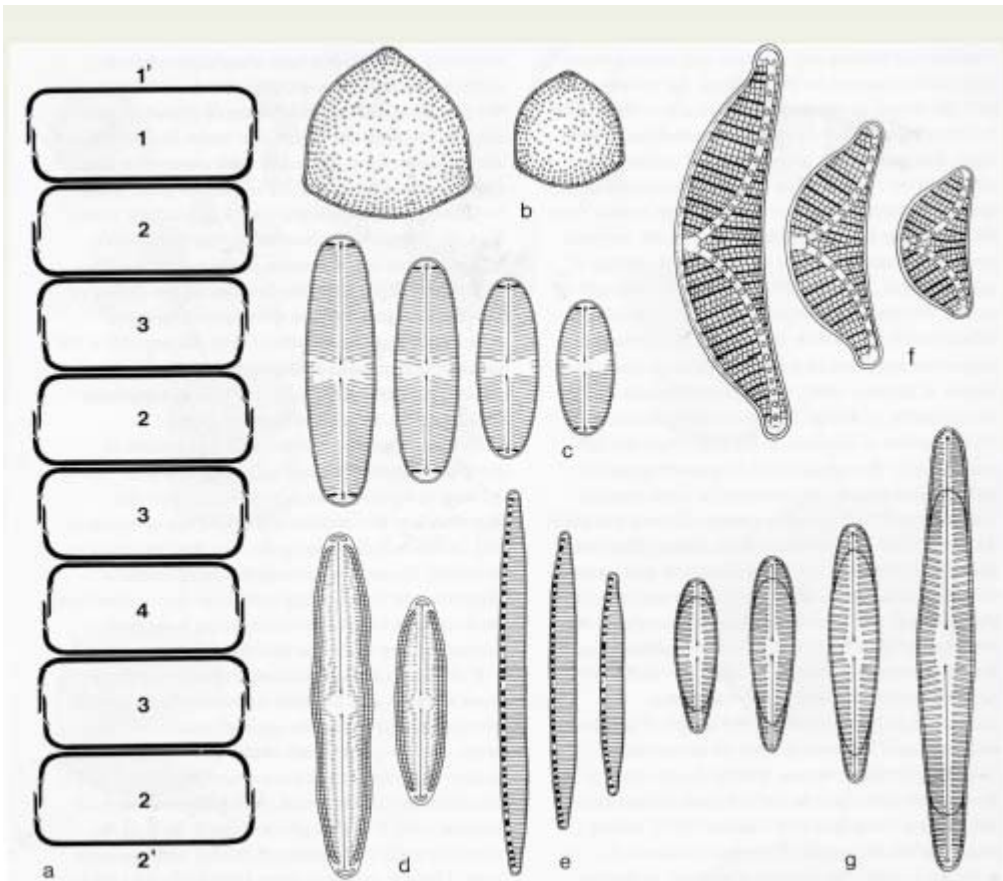
Neue Hypovalven werden unterhalb des Gürtels der Elternzelle gebildet

Verkleinerung der Zellgröße

- 1869 beobachteten McDonald in Amerika und Pfitzer in Deutschland, dass Diatomeenzellen anteilig immer kleiner werden während der vegetativen Zellteilung



Verkleinerung der Zellgröße



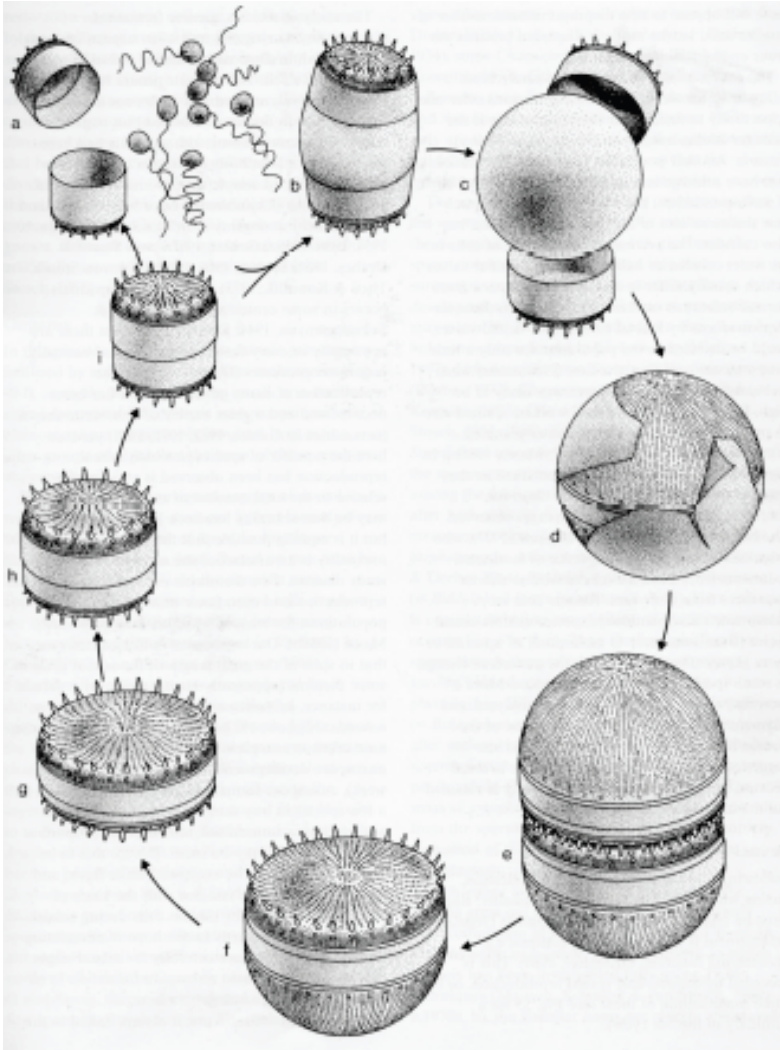
• a, Kette aus 8 Zellen, die Größenreduktion von 1-4 zeigen.

Beispiele von unterschiedlichen Größen und Umrissen:

- b, *Stictodiscus*
- c, *Sellaphora*
- d, *Brachysira*
- e, *Nitzschia*
- f, *Epithemia*
- g, *Rhoicosphenia*

(Round et al. 1991)

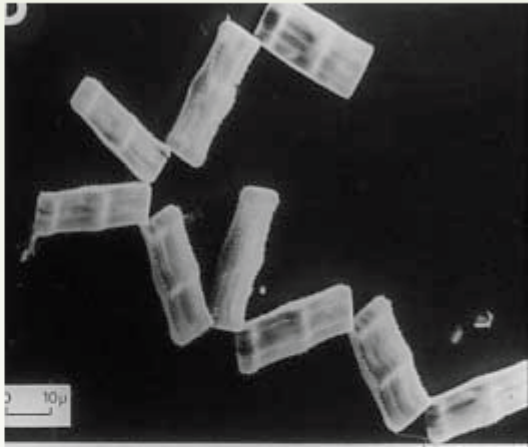
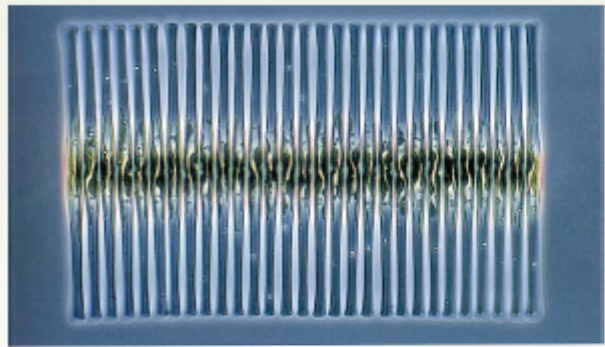
Zellzyklus –zentrische Diatomeen



- **g,h,i – vegetative Zellreduktion**
- **i – kleine Zelle** entwickelt entweder männliche oder weibliche Gameten
- **a, männliche, und b, weibliche Gamete**
- **c, Auxospore**, organische Membran
- **d, Auxosporenwand bricht auf** und entlässt eine Initialzelle
- **e, Teilung der Initialzelle** und Ausbildung von 2 neuen Hypovalven, Rücken an Rücken
- **f, neue Zelle mit normaler Valve** und einer Initialvalve
- **g, normale vegetative Zelle**

Morphologie – KoloniefORMEN

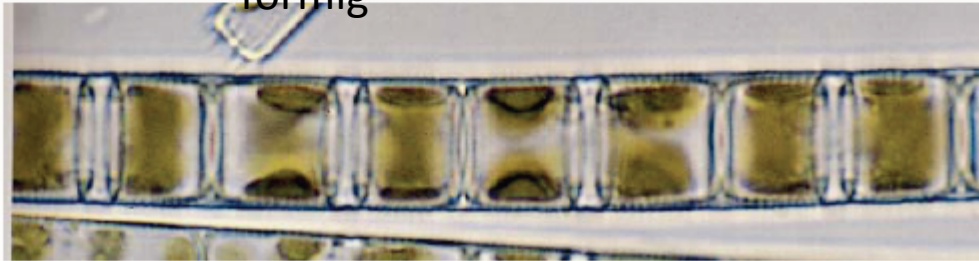
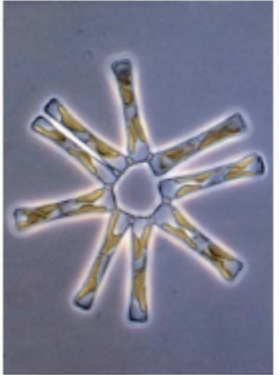
gerade



gerade

Zick-
zack-
förmig

sternförmig

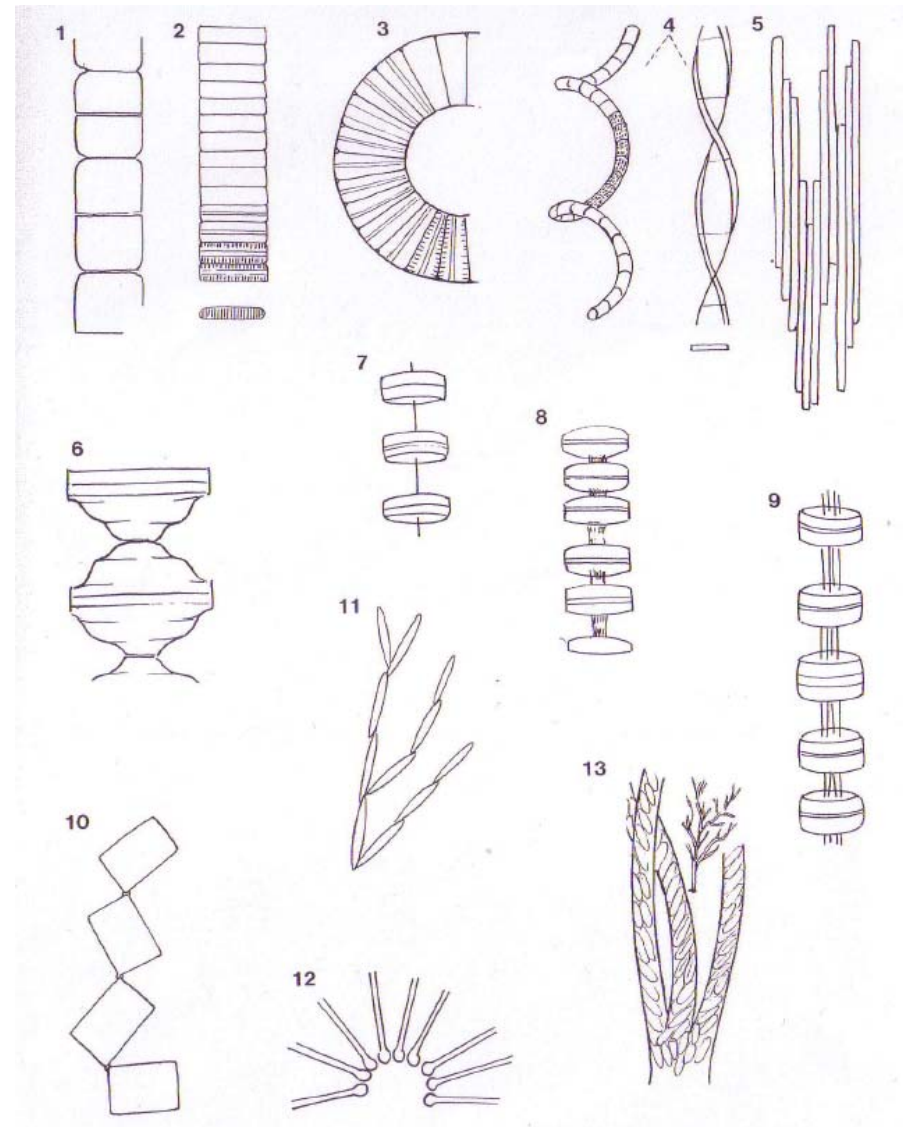


Methoden des Wachstums und der Anhaftung

Manche Diatomeen als freilebende Zellen, freischwimmend, mobil oder immobil am Boden und Pflanzen

Andere in verschiedenen Weisen an andere Zellen, pflanzliche oder mineralische Substrate angeheftet

Kolonieformen



Methoden des Wachstums und der Anhaftung

Substratanhaftung

1 Schleimflächen

2 einzelne Haftpunkte an einem Ende

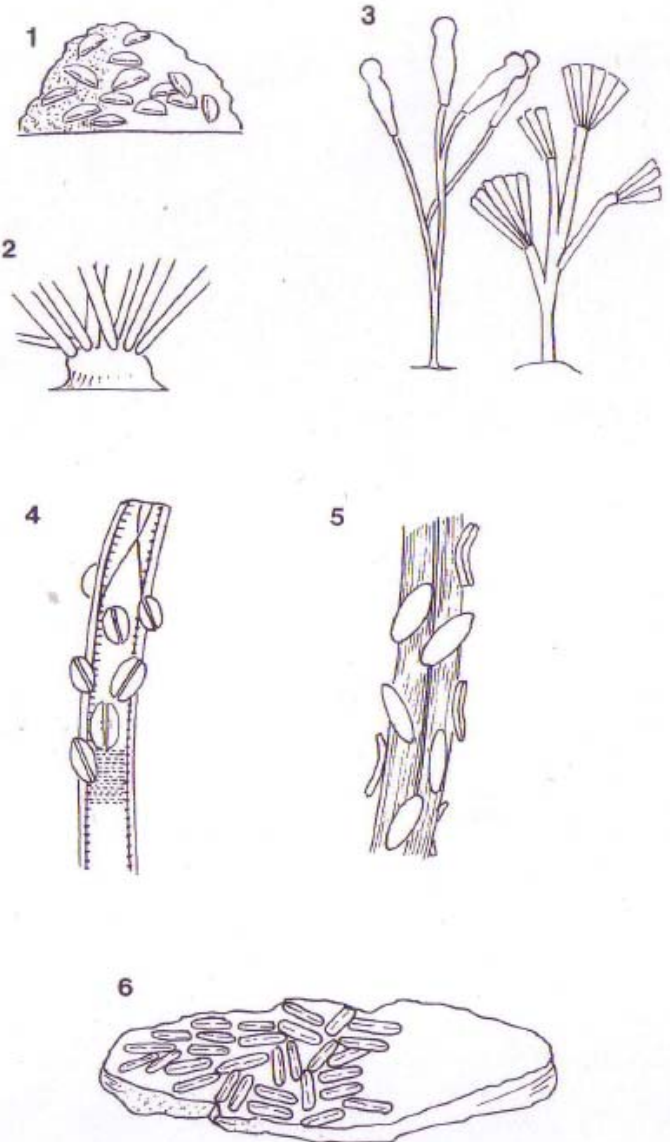
3 Schleimstielchen

4-5 Epiphytisch – an Wasserpflanzen

6 Epilithisch – an Steinen

(epizooisch – an Tieren

Episammnisch – an Sandkörnern/Schlamm)



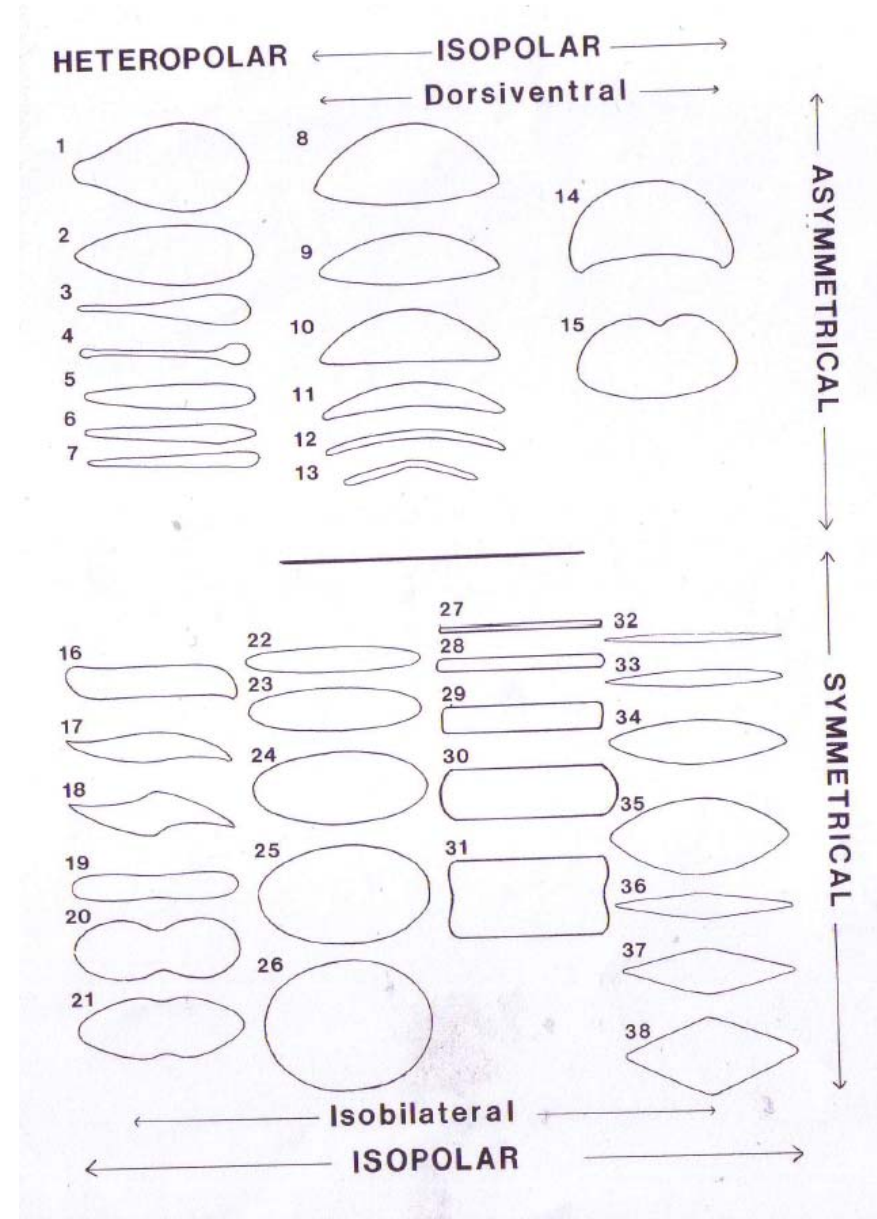
Umrissse der Valve

Heteropolar - Enden der Valve sind unterschiedlich

Isopolar – Enden sind gleich im Umriss und Größe

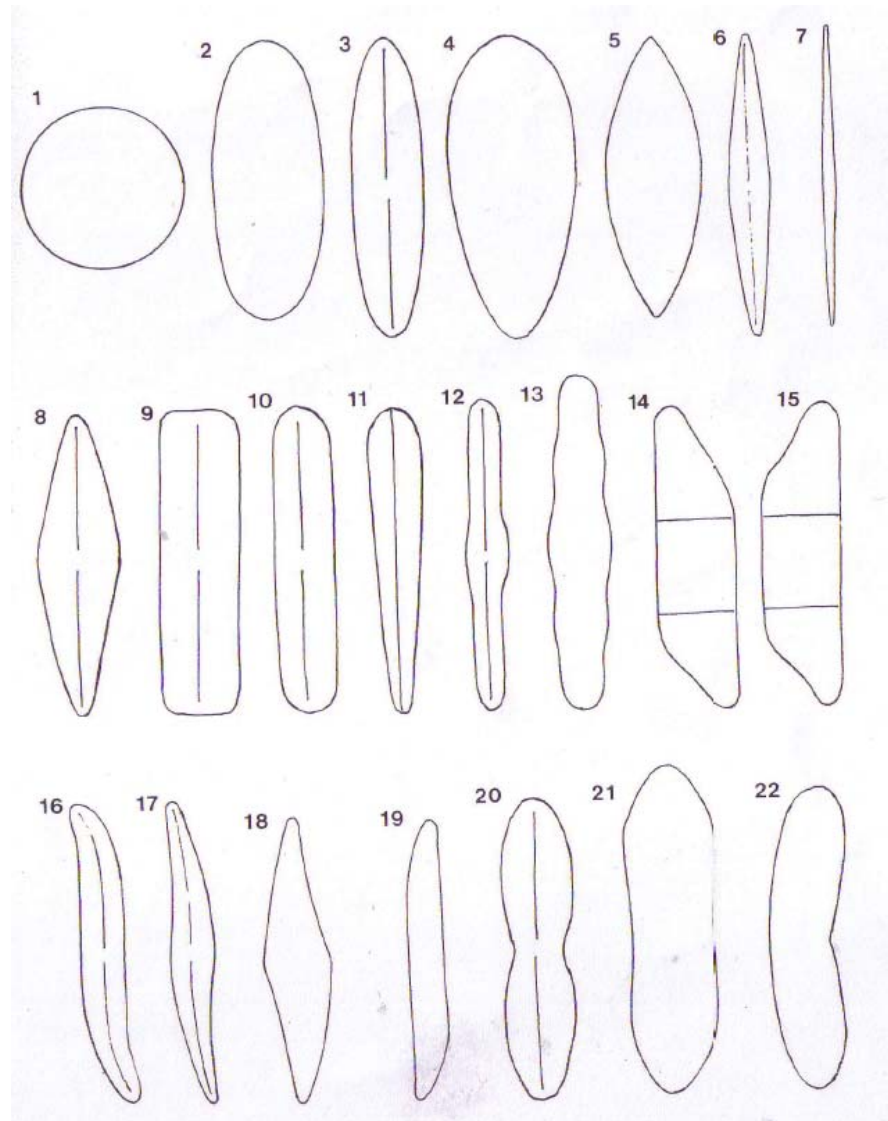
Isobilateral – Umriss ist auf jeder Seite der Apikalachse gleich

Dorsiventral - ventrale Seite ist kleiner



Umrissse der Valve

- 1 kreisförmig
- 2 elliptisch
- 3 schmal elliptisch
- 4 ovat
- 5 breit-lanzeolat
- 6 schmal-lanzeolat
- 7 spindelförmig lanzeolat
- 8 rhombisch
- 9 rechteckig
- 10 linear
- 11 clavat
- 12 linear mit verdickten Zentrum
- 13 3-wellig
- 14-15 trapezförmig
- 16 sigmoid
- 17 sigmoid-lanzeolat
- 18 sigmoid-rhombisch
- 19 sigmoid-linear
- 20-21 geigenförmig
- 22 nierenförmig



Umriss der Valve

1-12 dorsiventrale
Formen

13-14, 17, 18 dreieckig

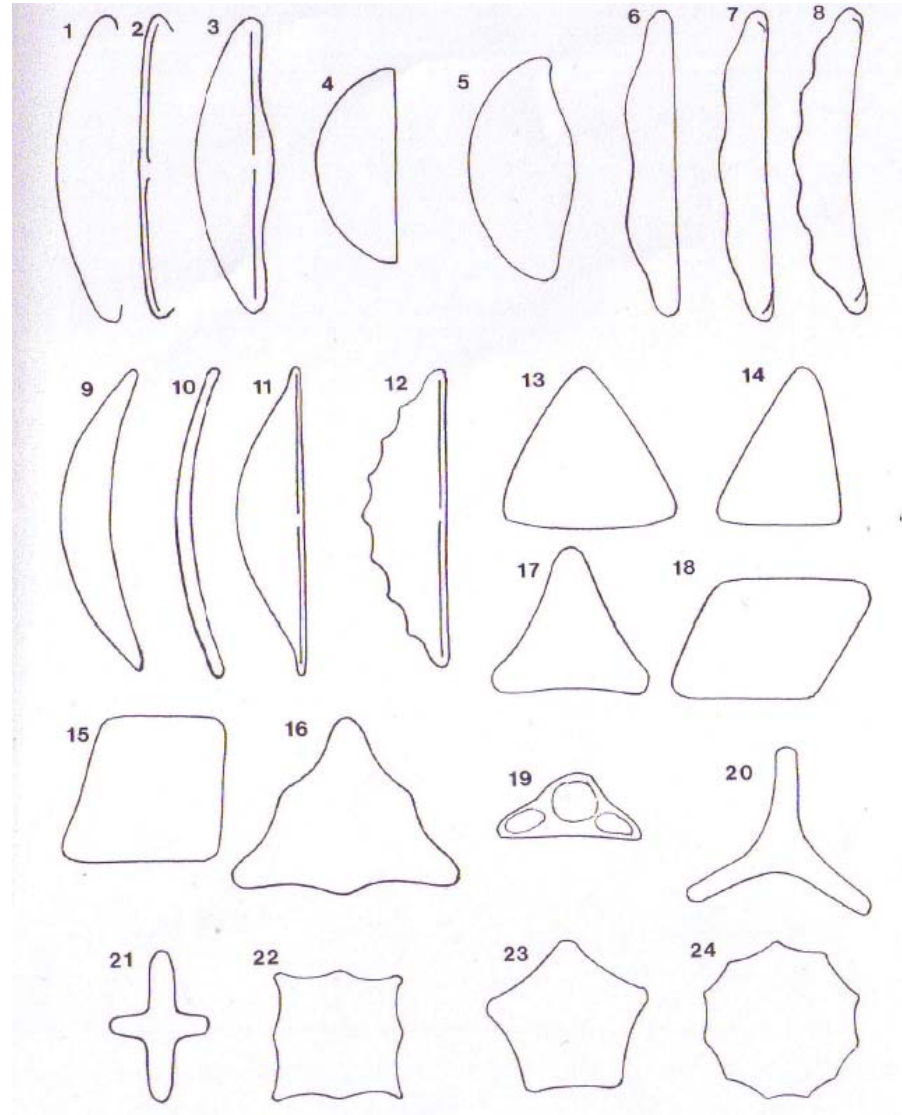
18 rhombisch

20 trilinear

21 kreuzförmig

23 pentagonal

24 polygonal



Typen von Schalenenden, Mantelränder

1 spitz

2,15 vorgezogene Ecken

3,10, 18 schnabelförmig

4, 12,17 kopfig (capitat)

8 breit gerundet

9 keilförmig

11 spatelförmig

13 subcapitat

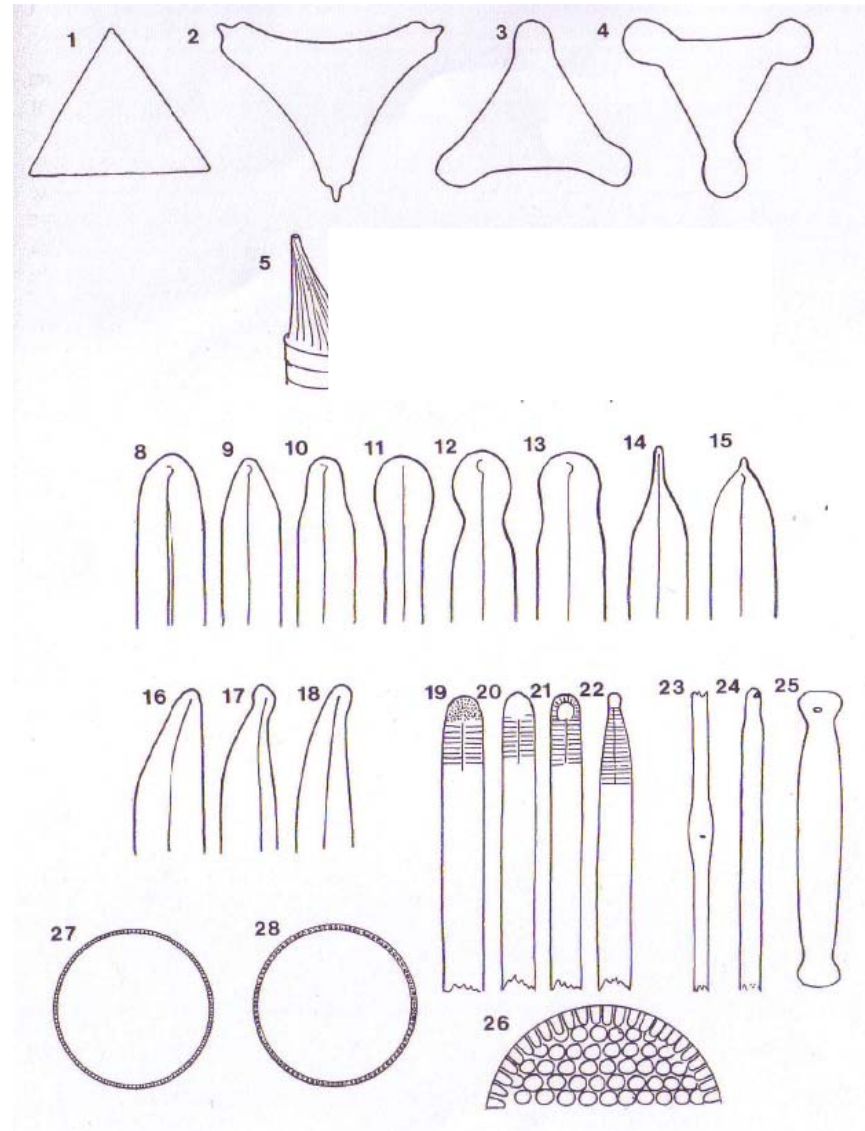
14 vorgezogen und verlängert

16 sigmoid-keilförmig

19-22 spezielle Muster am Ende von manchen Valven

23-25 Schleimporen

26-28 Mantelränder



Streifenmuster und -eigenschaften

1 Striae parallel

2 radial

3 radial, zu den Enden hin enger stehend

4 radial in der Mitte, konvergent an den Enden

5 um die Zentralarea gekurvt

6 sigmoid um die Zentralarea

7 schwach radial bis schwach konvergent

8 bilateral unterschiedlich radial angeordnete Streifen z.B. *Neidium*

9 stark radial bis stark konvergent, sigmoid an den Enden

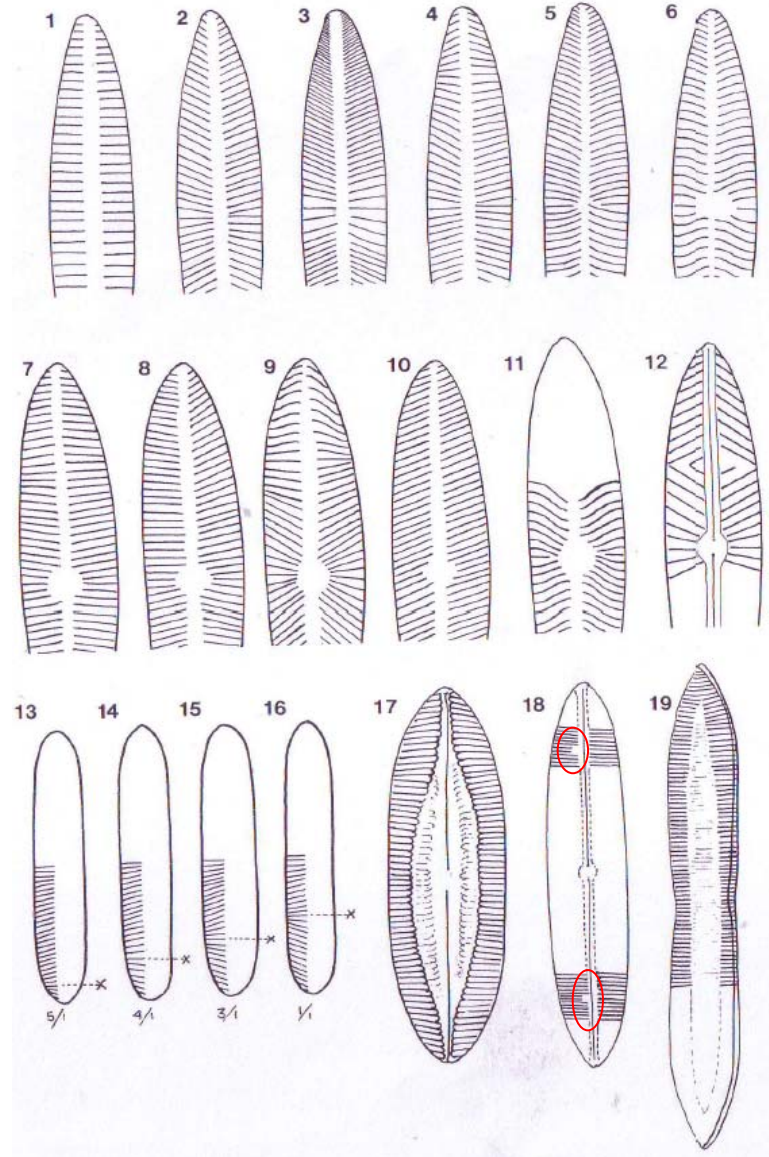
10 durchgehend schräg

11 durchgehen radial und sigmoid

12 radial bis konvergent mit plötzlichem Richtungswechsel

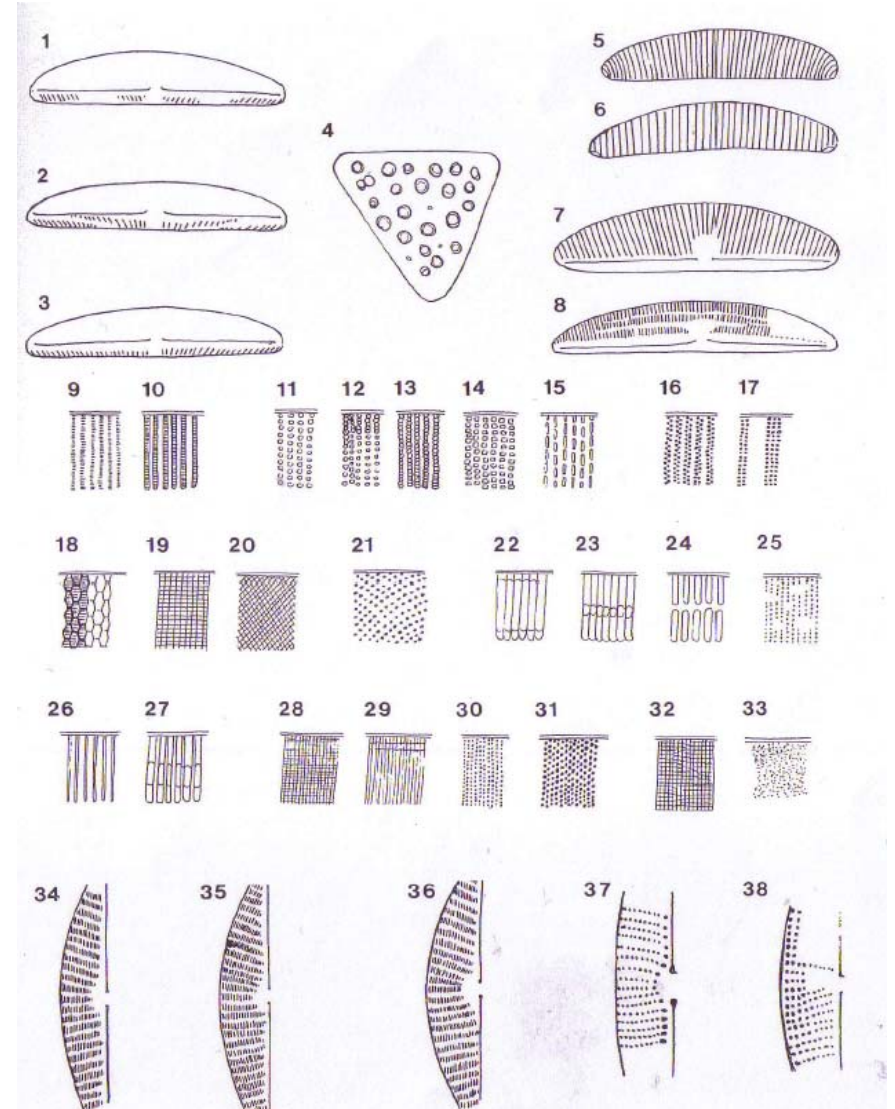
13,19 Phantomstreifen in der Schalenmitte

18 Voigt-Diskordanz



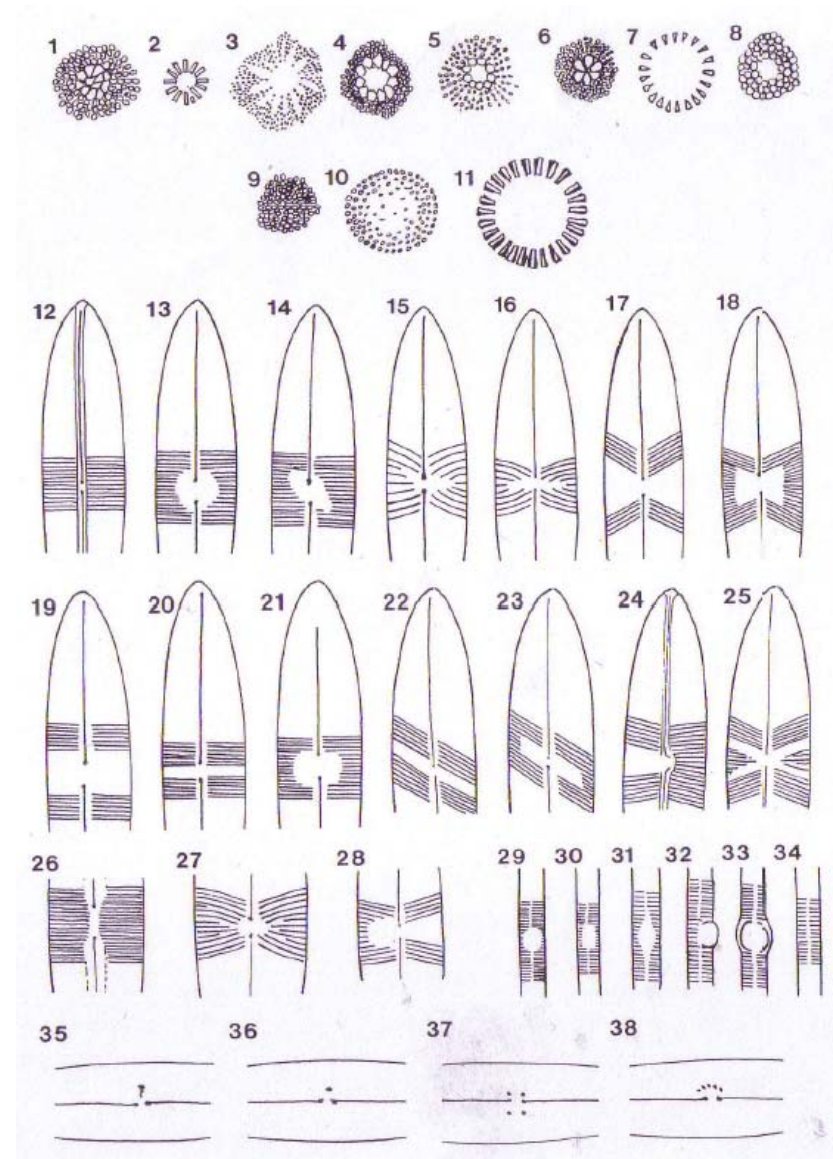
Streifenmuster und -eigenschaften

- 1-2 ventrale Streifen unterbrochen, *Amphora* ssp.
- 3 ventrale Streifen nicht unterbrochen
- 4 grobe Areolen
- 5 Streifen transapikal, radial werdend zum Ende hin
- 6 Streifen transapikal, durchgehend parallel
- 7 durchgehend radial
- 8 Streifen von hyalinen Bändern oder Feldern unterbrochen
- 9 Streifen linienförmig, nicht begrenzt
- 10 Streifen linienförmig, an den Enden begrenzt
- 11 Punkte gleichmäßig verteilt und klar getrennt
- 12 Punkte dichter in der Peripherie
- 13 Punkte nicht klar getrennt
- 14 Areolen oder Punkte rechteckig
- 15 stabförmig, 16 abwechselnd in Doppelreihen, 17 paarweise oder in triplets, 18 rhombisch, 19 rechteckig und senkrecht zur Raphe, 20 rhombisch im Winkel zur Raphe (*Pleurosigma*)



Zentralareas

- 1 unregelmäßige, polygonale Areolen
- 2 Kreis radialer stabförmiger Areolen
- 3 sternförmige hyaline Area
- 7 große hyaline Mitte umgeben durch Ring dreieckiger 11 oder keilförmiger Areolen
- 12 Zentralarea (ZA) fehlt
- 13 ZA rund
- 14 ZA diagonal elliptisch
- 15 ZA unregelmäßig begrenzt
- 16 ZA transapikal verbreitert
- 17 scharf-abgewinkelte Fascia
- 18 scharf-abgewinkelte Subfascia
- 19 Fascia quer
- 20 schmale, quere Fascia
- 21 ZA rechteckig
- 22 ZA schmal, schräg
- 23 ZA schmale, schräge Subfascia
- 29-34 Zentralareatypen bei araphiden Diatomeen (z.B. *Fragilaria*)
- 35-38 Stigma/ta Typen



Raphentypen und Raphenenden

1-11 A Raphen in Valvenansicht, B
transapikaler Schnitt durch die Raphen

12 Raphe auf verdicktem Teil der Axialarea
(*Frustulia*)

13 Raphe auf verdicktem Teil der Axialarea,
zentrale Enden weit auseinanderstehend
(*Amphipleura*)

15 sehr kurze Raphe (*Amphipleura*)

16 polare Enden lang und abgebogen

18 polare Enden nach dorsal abgebogen

19 polare Enden nach ventral abgebogen

20 zentrale Enden auf einem Kiel

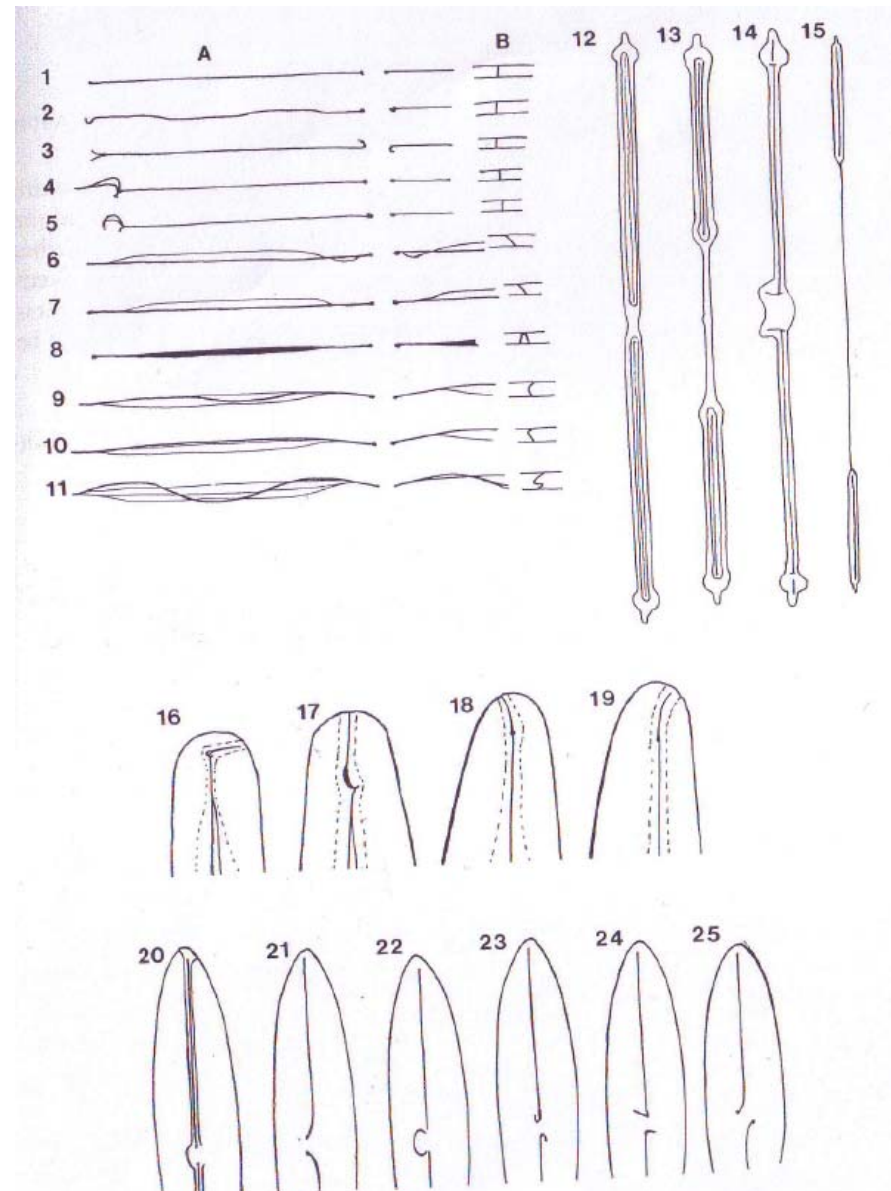
21 zentrale Enden in selbe Richtung
abgebogen

22 zentrale Enden durch bogenförmigen Kiel
verbunden

23 zentrale Enden entgegengesetzt gehakt

24 zentrale Enden entgegengesetzt abgebogen

25 zentrale Enden entgegengesetzt gekurvt



Raphe - Position und Eigenschaften

1 Raphenfurche aufgetrieben, 2 parallel

(1-4 *Diploneis*)

5-8 verschiedene Ausprägungen der Axialarea an den polaren Enden

10 zentral, gerade

11 zentral, geschwungen

12 gerade, an der Ventralseite gelegen

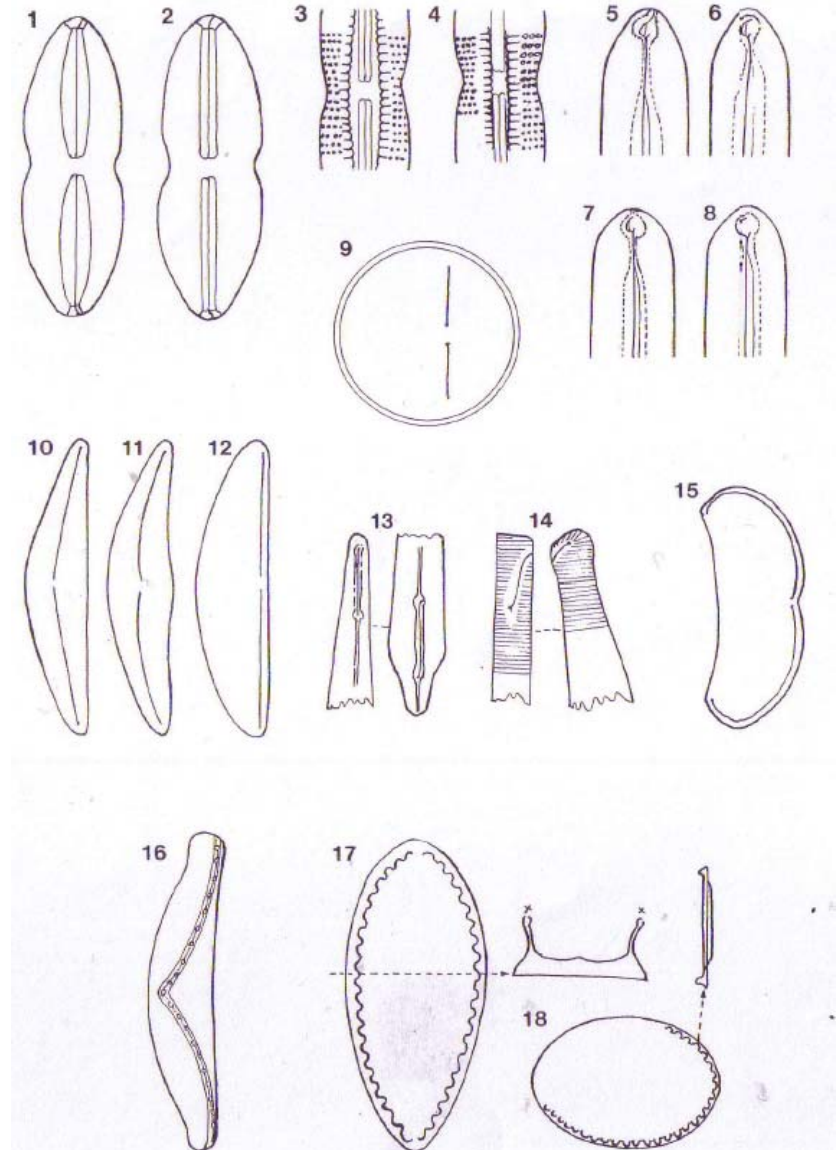
13,14 rudimentäre Raphe, nur an den Enden oder im Mantel liegend (*Eunotia*)

15 Raphe parallel zum dorsalen Rand

16 Raphe doppelt bogenförmig, zum dorsalen Ende gebogen (*Epithemia*)

17 Raphe liegt auf einem peripheren Flügelkanal (*Surirella*)

18 Raphe liegt auf einem peripheren Kiel (*Cymatopleura*)



Raphe - Position und Eigenschaften

1 Stenopterobia

2 Cylindrotheca

3 Rhopalodia

4 Navicula

5,6 Nitzschia

7 Bacillaria

8 Denticula

9 Amphiphora

Axialarea:

10 parallel, mittig abrupt kreisrund erweitert

11 parallel, mittig elliptisch

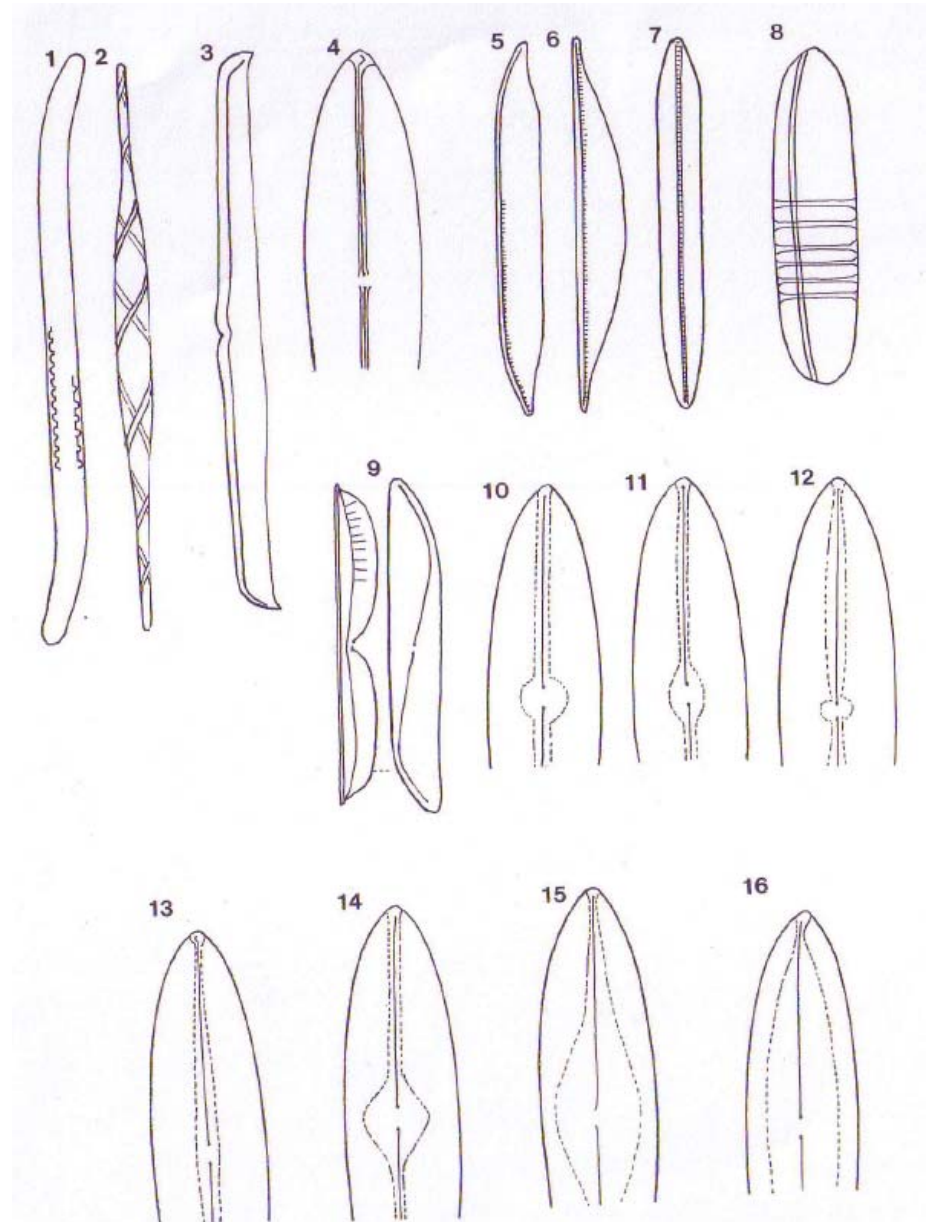
12 bilanzeolat

13 lanzeolat ohne differenzierte
Zentralarea

14 rhombisch

15 breit rhombisch

16 breit lanzeolat



Axialareas, Zentralknoten und hyaline Areas

Axialarea:

1 hyalin, sehr eng

2 kielartig, sehr eng

3 kielartig, zick-zackförmig

4 hyalin, middlebreit, seiten parallel

5 exzentrisch

6 breit-lanzeolat

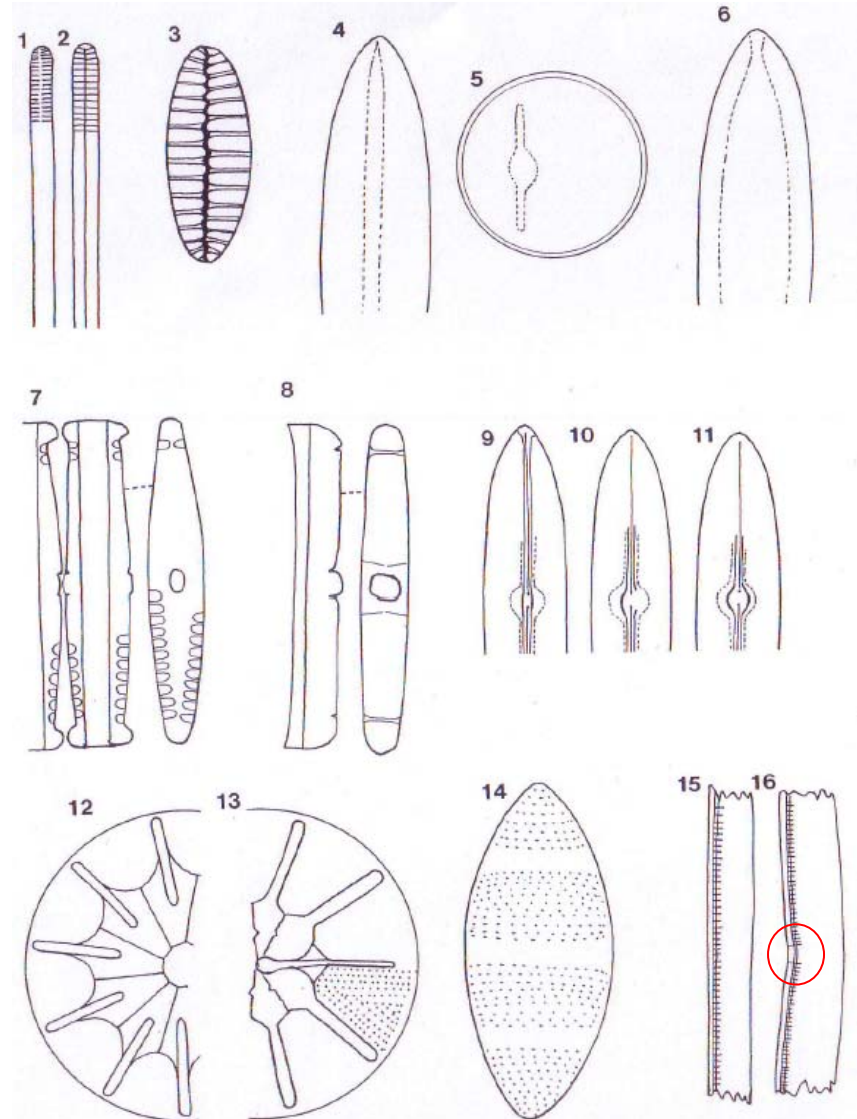
Zentralknoten:

7-8 verdickt (stärker verkieselt)

9 verdickt, 10 verdickt, einseitig aufgetrieben, 11 verdickt, beidseitig aufgetrieben

15 nitzschoide Fibulae ohne Unterbrechung,

16 nitzschoide Fibulae mit zentral gelegener Unterbrechung



Septen, Pseudosepten

1 Pseudosepten (*Mastogloia*)

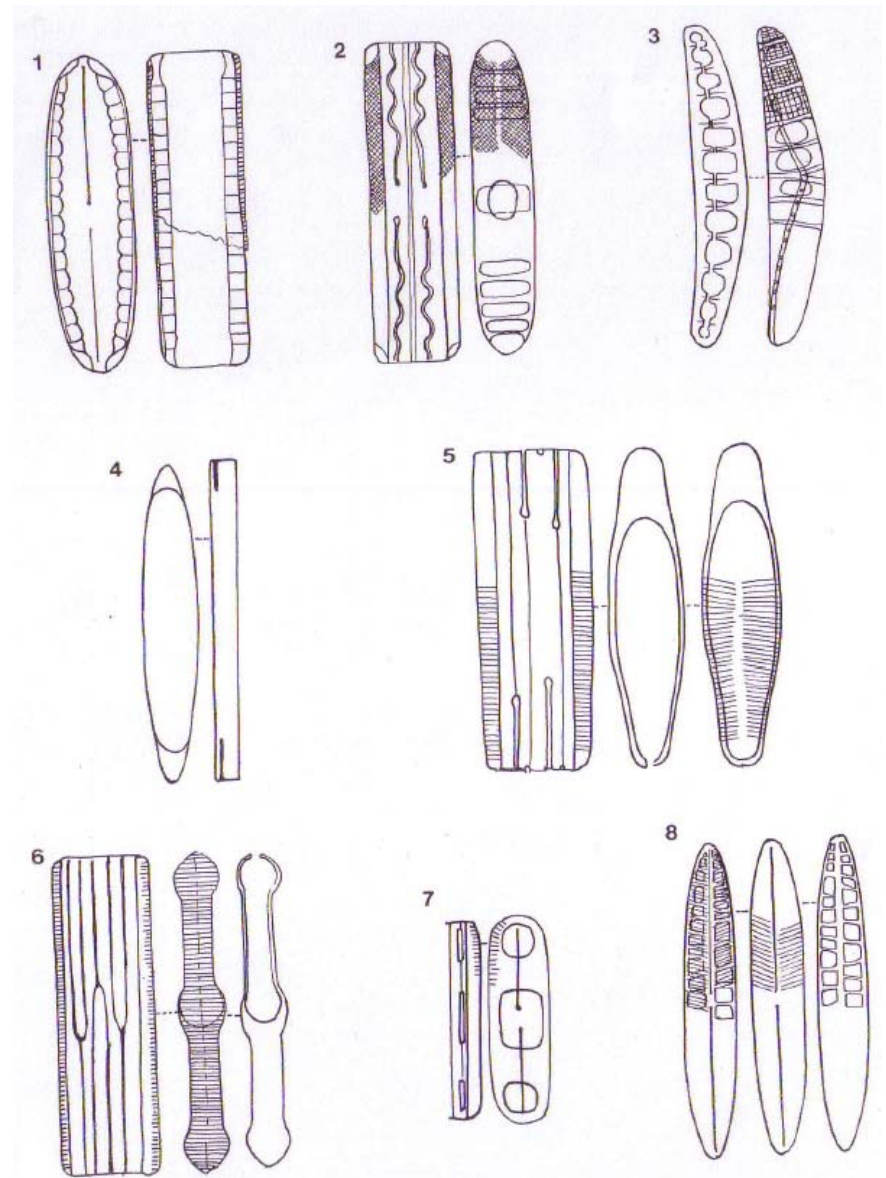
3 Septen und Valven von
Epithemia

4 Pseudoseptum in Valven und
Gürtelansicht (z.B. *Stauroneis*)

6 Valven- und Gürtelansicht der
Septen von *Tabellaria*

7 *Diatomella*

8 Craticulae, eine Lage
silikatischer Balken unterhalb der
Valve, gelegentlich auftretend in
naviculoiden Formen.



Zählstrategien

- Menge der auszuzählenden Schalen variiert (oft 300-600)
 - Keine Gürtelbänder zählen
 - Keine Valven in Gürtelansicht zählen
 - 1 Frustel = 2 Valven
 - Strategie für zerbrochene oder teilweise angelöste Valven. Was wird gezählt?
- Ziel: entwickeln einer Zählstrategie für unsere Proben