

# Paläolimnologie

## Einführung

Simone Illig

17. Juni 2010



# *Seen als Archive der Erdgeschichte*

## **Was sind See-Archive?**

<b>Forcing Variablen</b>	<b>Archiv Container</b>	<b>Archiv Inhalte</b>
Klima	Akkumulierte Sedimente	Terrigenes Sediment
Geologie des Einzugsgebiets	Wasserkörper	Chemisches/biologisches Sediment
Vegetation regional/ des Einzugsgebiets	Geomorphologie des Seebeckens	Kosmogenes/vulkanogenes Sediment
Aquatische Organismen		Exogene/endogene Fossilien
Anthropogene Aktivitäten		Aerosole/ Schadstoffe im Wasser



Proxies oder  
Umweltindikatoren



# *Seen als Archive der Erdgeschichte*

## **Zeit- und Eventauflösung**

- Seen= abgeschlossene Wasserkörper mit vglw. großem Einzugsgebiet → schnelle Sedimentanreicherung
- Sekundäre Modifikation von Seesedimenten durch Bioturbation und Transport → zeitliche Vermischung („time-averaging“) gering im Vgl. zu Ozeanen → 10-Jahres- bis Jahresauflösung von Events ist möglich
- Seen sind terminale Behälter für Sedimentablagerungen (verlieren kaum Sedimentfracht durch Ausflüsse).
- Seen reagieren als „kleine“ Wasserkörper relativ schnell auf externes Forcing (Änderungen der Lufttemperatur oder der regionalen Landnutzung werden innerhalb von Monaten o. Jahrzehnten im Sediment sichtbar)



# *Seen als Archive der Erdgeschichte*

## **Hydroklima als Informationsfilter**

- **Hydroklimatische Filter** = die physikalischen, chemischen und biologischen Umweltbedingungen, wie Temperatur und Salzgehalt, die im Wasser auftreten und das Signal des externen Forcings in etwas anders umwandeln.
- Bsp. Temperaturvariabilität der Luft und des Wassers
- Indikatoren müssen so gewählt werden, dass ihre Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen an die Fragestellung der Untersuchung angepasst ist!



# *1. Seen als Archive der Erdgeschichte*

## **Paläolimnologie als Werkzeug für Seemanagement und die Analyse ökologischer Experimente**

- Paläolimnologische Records und Ökologische Daten haben ähnliche Größenordnungen
- Ökologie stellt oft Veränderungen von Ökosystemen fest, die bereits passiert sind → Daten können nicht rechtzeitig erfasst werden oder Zeiträume sind für ein Monitoring zu lang → retrospektiver Ansatz durch Untersuchung der Seesedimente



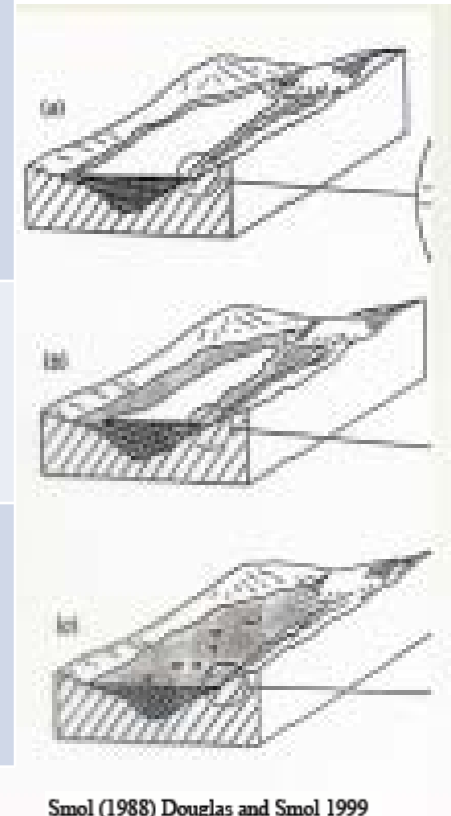
# *Seen als Archive der Erdgeschichte*

## **Seeablagerungen als Barometer regionaler und globaler Veränderungen**

- Lokal: anthropogene Aktivitäten wie Abholzung im Einzugsgebiet
- Regional: Saurer Regen aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe im 20. Jhd.
- Global: CO<sub>2</sub> Anstieg führt zu wärmeren Wassertemperaturen, kürzere Eisbedeckung im Winter in mittleren und höheren Breiten, stabilere thermische Schichtung in Tropenseen  
→ Veränderungen werden in Seesedimenten aufgezeichnet

# Reaktion von Diatomeen auf das Klima in arktischen Seen

Vorherrschendes Klima	Bedingungen im See	Reaktion der Diatomeen
kalt	Ausgeprägte Eis- und Schneebedeckung, sehr kleiner Wassergraben	Aerophile Taxa Flachwasser Niedrige Biomasseproduktion
moderat	Wassergraben mittlerer Größe	Taxa tieferer Gewässer Mittlere Biomasseproduktion
warm	Eisfreies Pelagial	Mehr Taxa tieferer Gewässer und planktonische Taxa Hohe Biomasseproduktion



Smol (1988) Douglas and Smol 1999

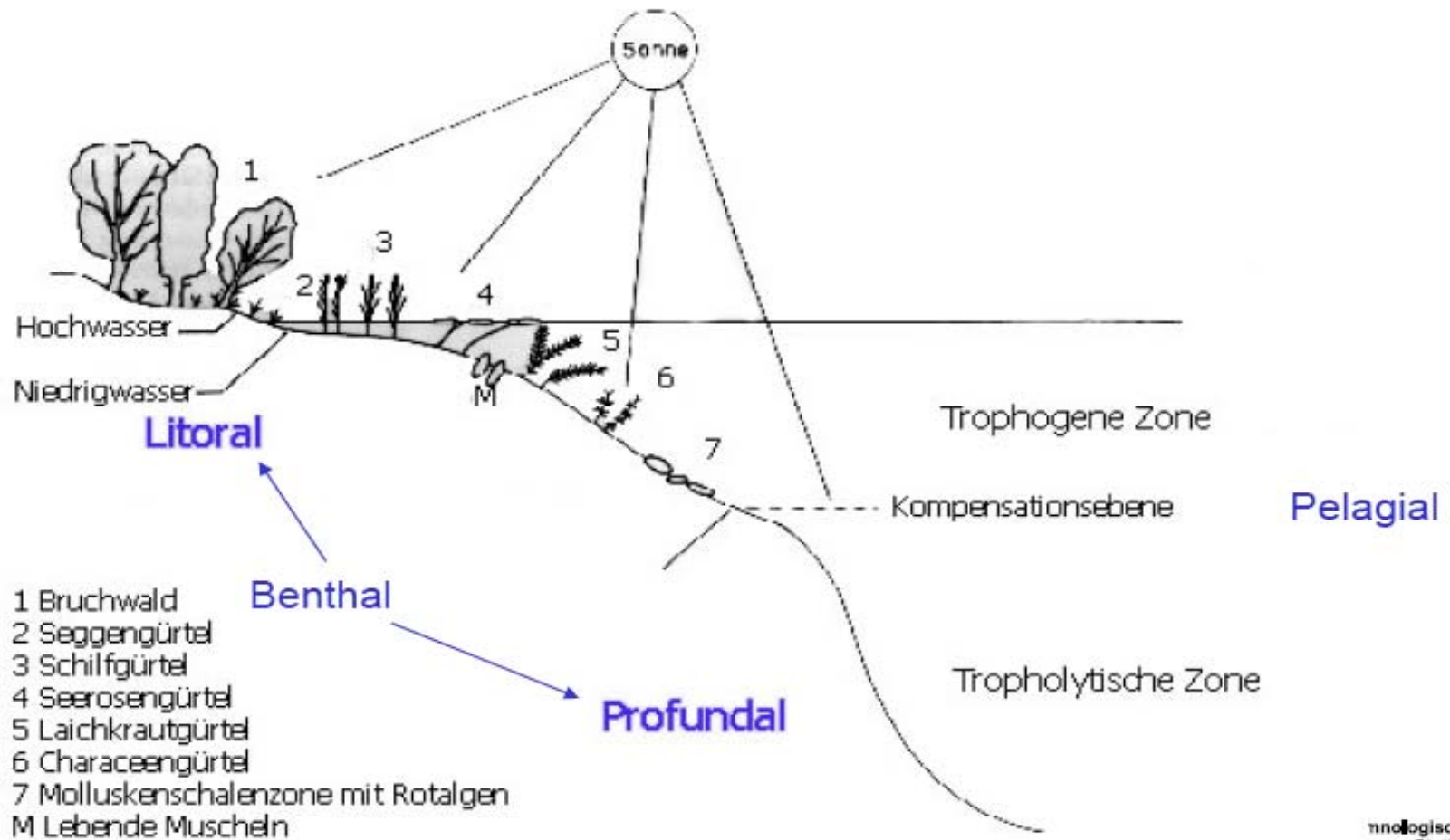
# *Seen als Archive der Erdgeschichte*

## **Zusammenfassung**

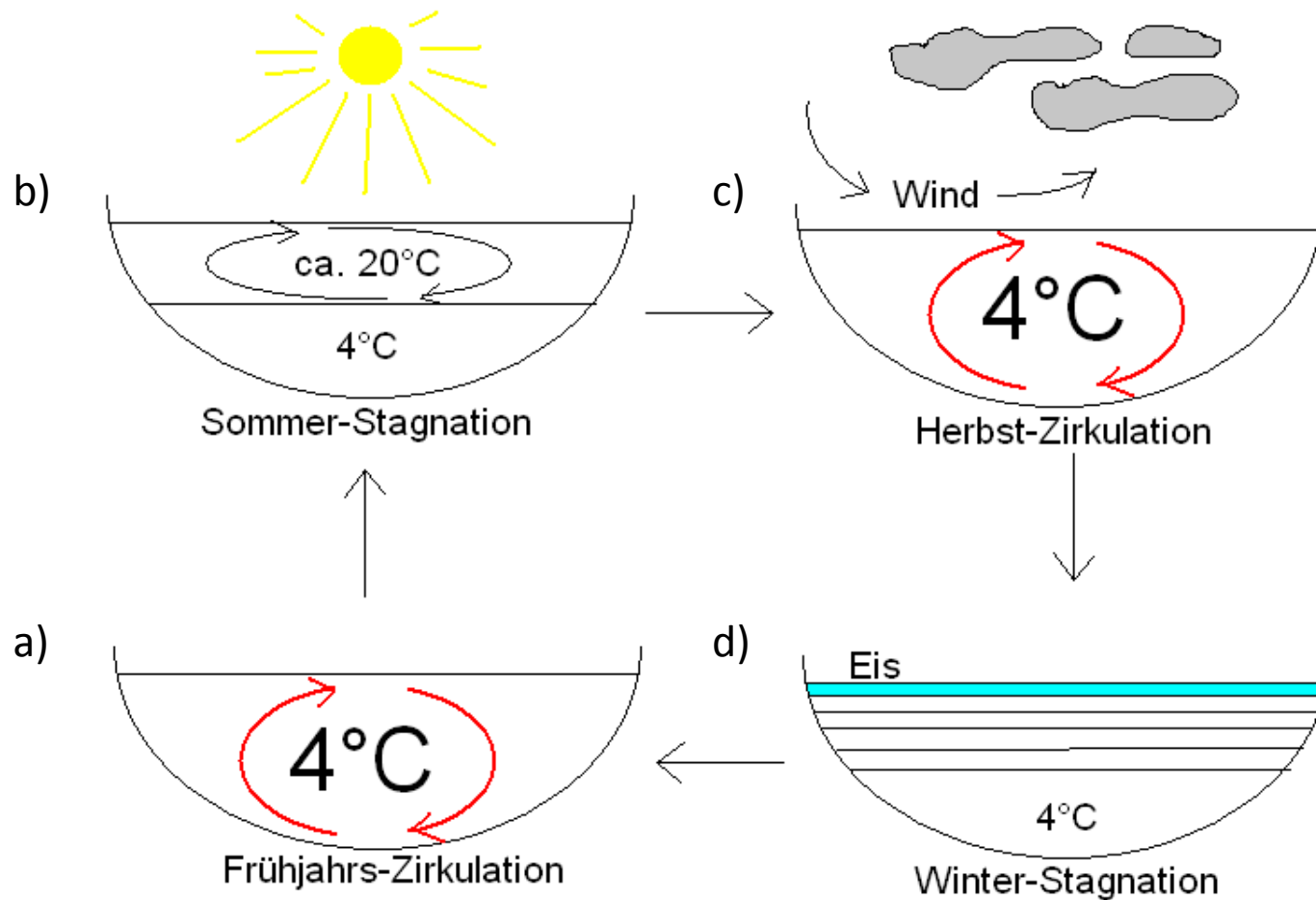
1. Seesedimente als hochaufgelöste Records machen verschiedenste paläolimnologische Ansätze möglich
2. Paläolimnologische Archive sind abhängig von verschiedenen Informationsfiltern, die inner- und außerhalb des Sees wirken
3. Die zeitliche Auflösung von See-Archiven ist beschränkt durch Sedimentationsrate und Kontinuität der Sedimentation, sowie durch zeitliche Vermischung der Ablagerungen und die hydroklimatischen Filter, die zwischen dem Archiv und der treibenden Umweltvariable stehen, die untersucht werden soll
4. Paläolimnologische Daten erweitern das ökologische Monitoring von Seen zum Zweck des Managements und der Bestimmung des Zeitpunktes und der Stärke menschlicher Einflussnahme



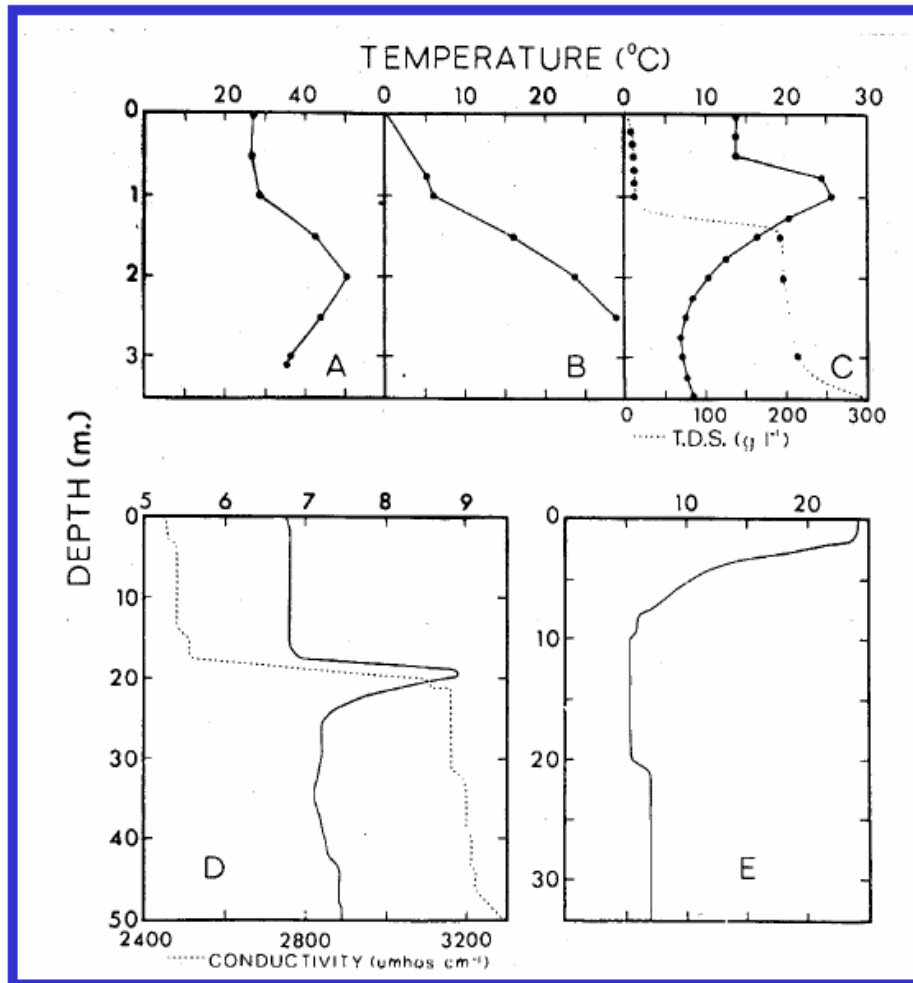
# Gliederung eines Sees



# See im Jahresverlauf (dimiktisch, holomiktisch)



# Thermische Besonderheiten meromiktischer Seen



## Hot Lake Washington

A Juli

B mit Eisbedeckung

C Erwärmung in einer stark gefärbten Schicht (Mai)

Total Dissolved Solids

## D Fayetteville Green Lake

(Dezember)

E Ulmener Maar

(August)



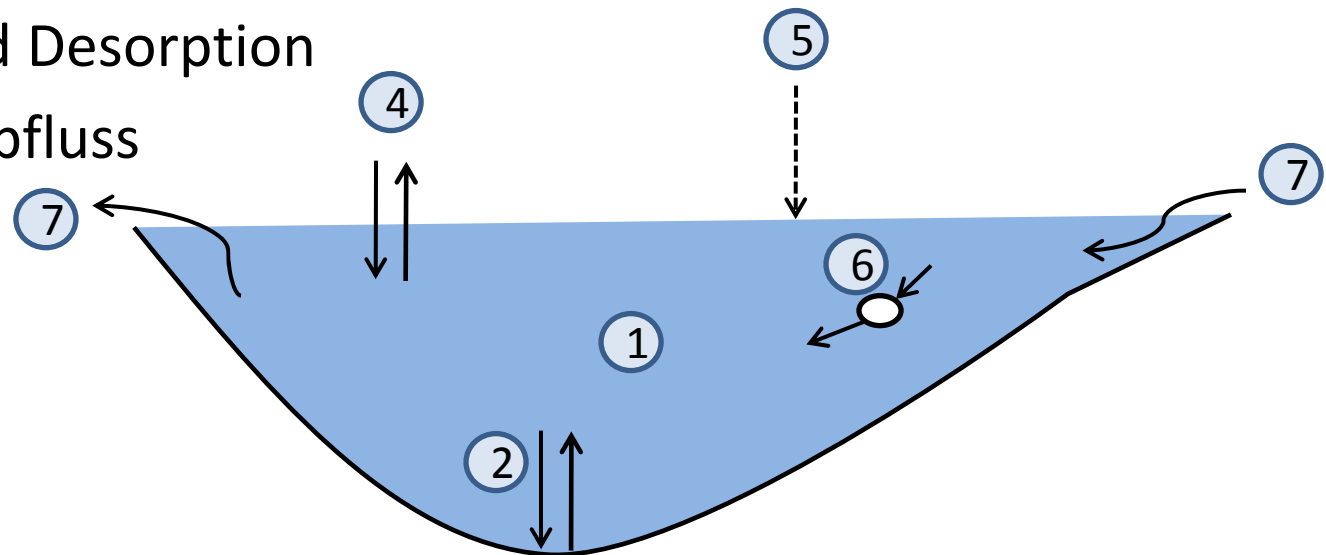
# Physikalische Umwelt von Seen

- physikalische Prozesse (Verteilung von Licht und Wärme, Mixis und Stratifikation, Bewegung durch Wellen und Strömungen) beeinflussen die Verteilung und Qualität von Sediment Archiven
- Lichtdurchlässigkeit beeinflusst die Ausdehnung der photischen Zone und damit das Spektrum des paläolimnologischen Archivs
- Vertikale Durchmischung und Stratifikation des Seewassers reguliert die Verteilung gelöster Gase und Nährstoffe
- Wellenschlag kann Gase und Nährstoffe und im Flachwasser Sedimente umverteilen

# Chemische Umwelt von Seen

## Stoff- und Energieumsatz im See

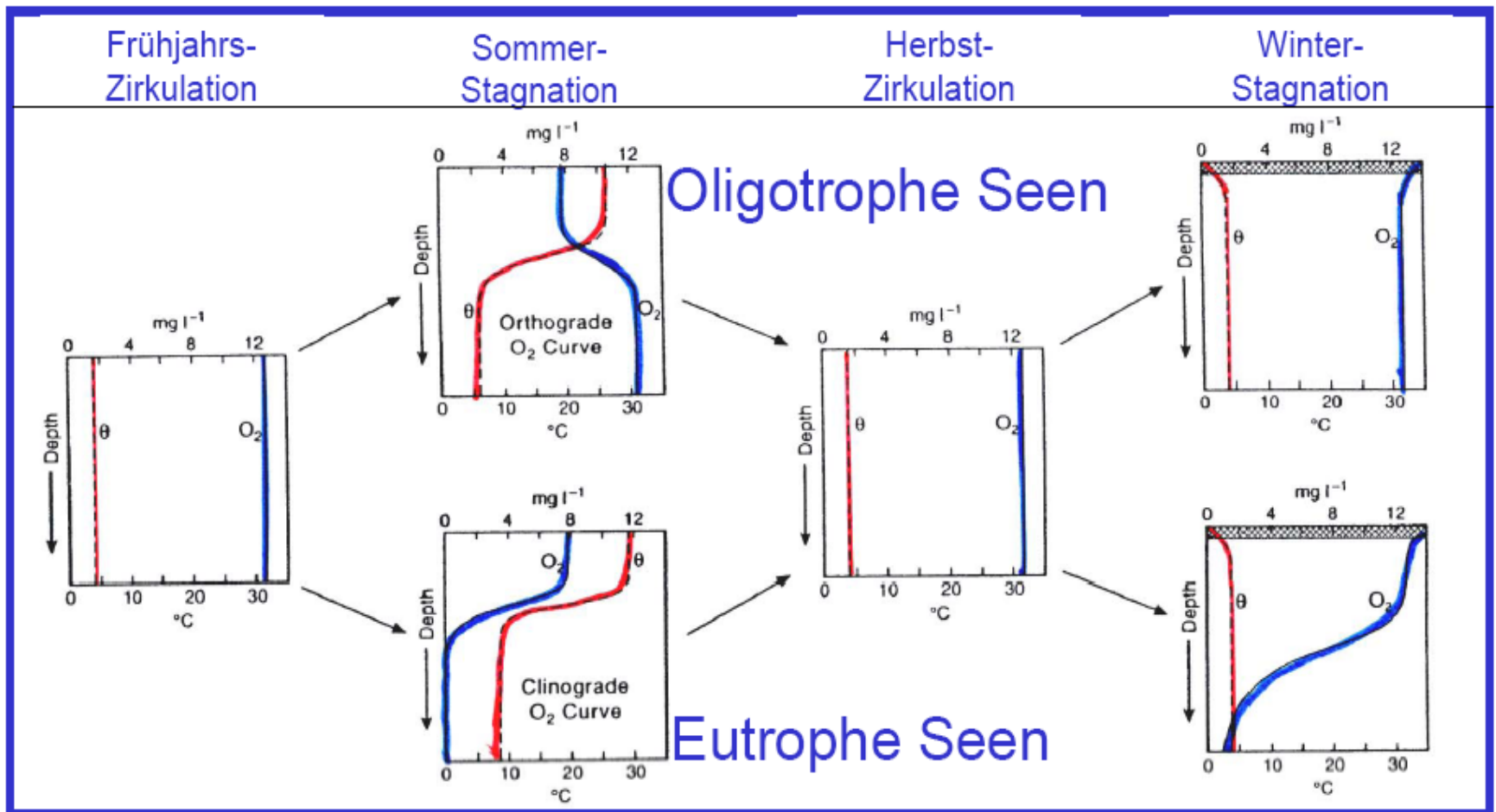
- 1 Biogener Stoffumsatz
- 2 Sedimentation und Austauschprozesse Wasser/Sediment
- 3 Zirkulation und Stagnation
- 4 Austausch mit der Atmosphäre
- 5 Niederschläge
- 6 Adsorption und Desorption
- 7 Zuflüsse und Abfluss





# Sauerstoff

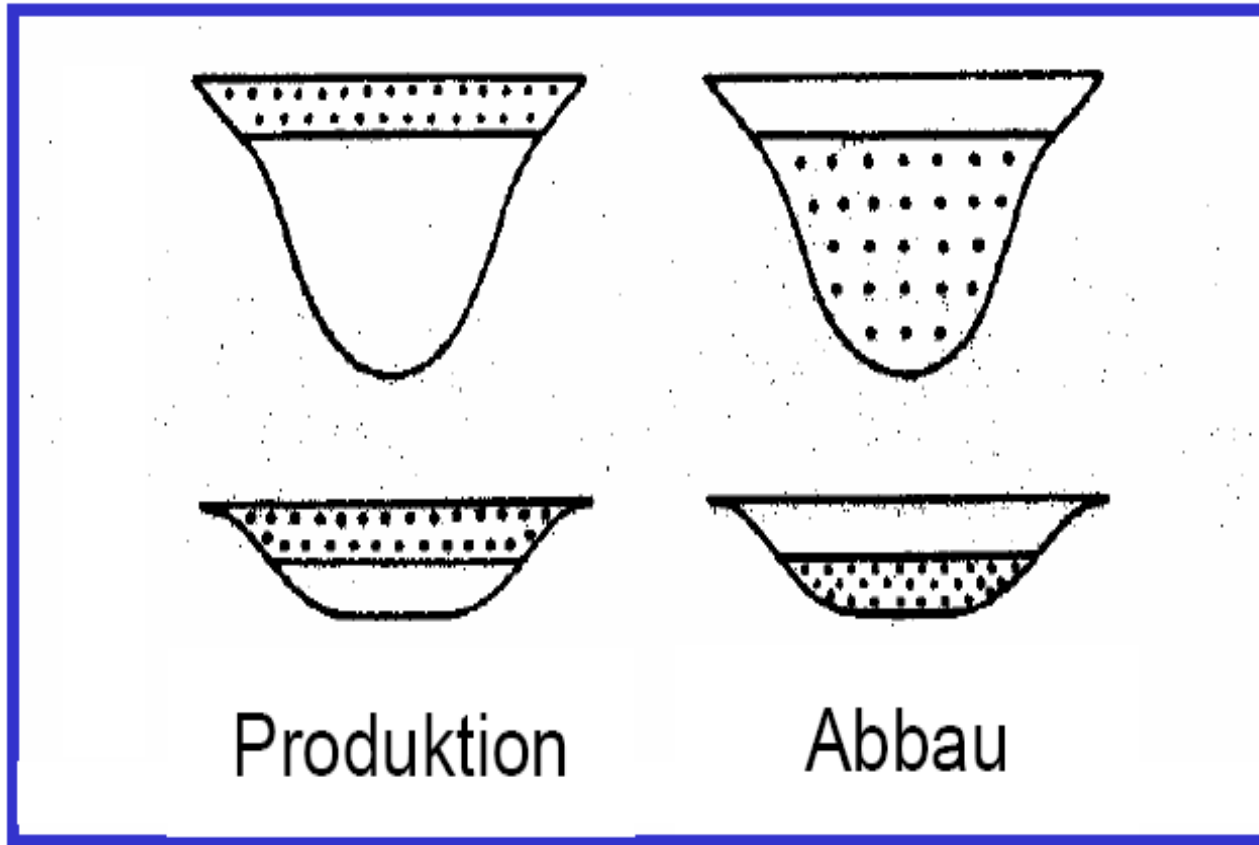
# Verteilung von Sauerstoff in Seen





# Seenvergleich

gleiche Produktion – verschiedenes Volumen



Tiefe Seen

Flache Seen

Produktion

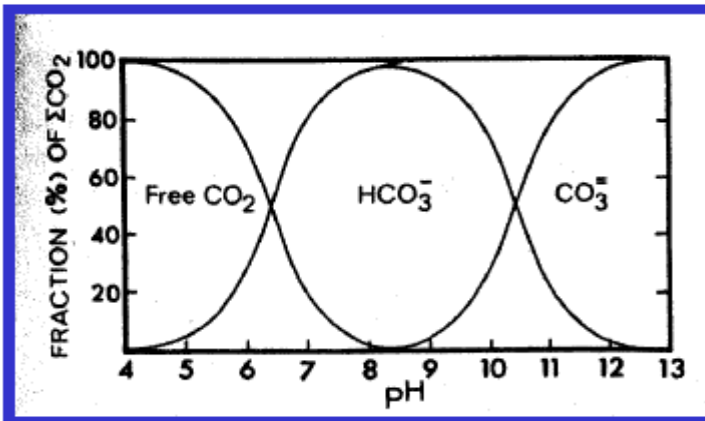
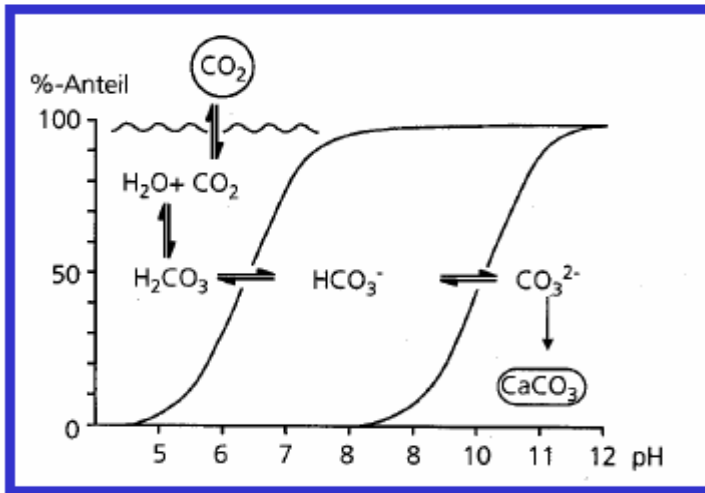
Abbau





# Kohlenstoff

# Anteile von $\text{CO}_2$ , $\text{HCO}_3^-$ und $\text{CO}_3^{2-}$ in Abhängigkeit vom pH-Wert

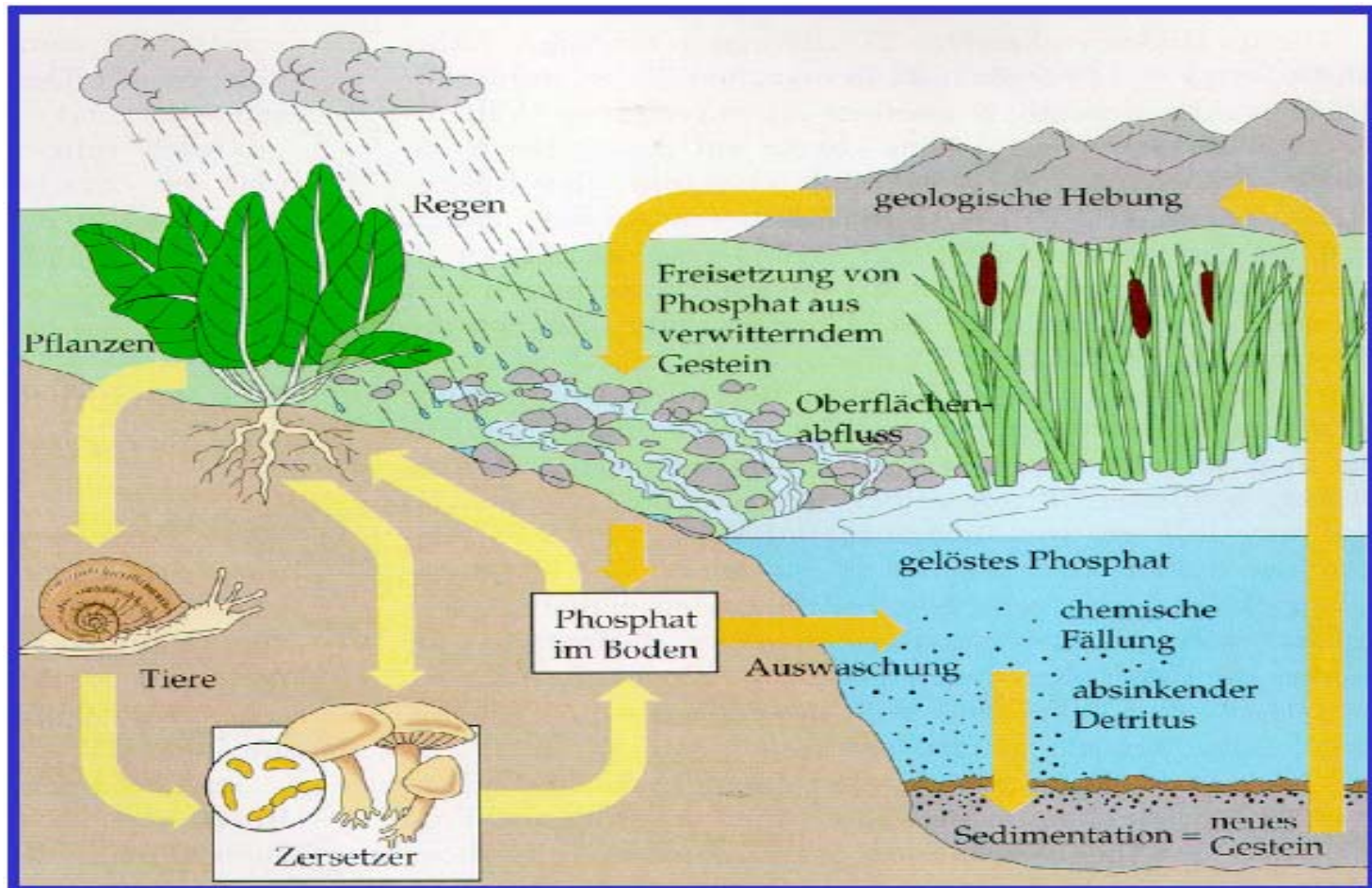


pH	Freies $\text{CO}_2$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$
4	0,996	0,004	$1,25 \times 10^{-9}$
5	0,962	0,038	$1,20 \times 10^{-7}$
6	0,725	0,275	$0,91 \times 10^{-5}$
7	0,208	0,792	$2,6 \times 10^{-4}$
8	0,025	0,972	$3,2 \times 10^{-3}$
9	0,003	0,966	0,031
10	0,00002	0,757	0,243



# Phosphor

# Phosphorkreislauf





# Phosphatlimitierung in Gewässern

---

- Gesteinsverwitterung (Apatit)
  - Wenig pflanzenverfügbare Phosphor
- Wurzelzonen der Pflanzen halten viel P zurück
- Es gibt keine gasförmige Komponente
- Gelöster P wird in Gewässern sofort aufgenommen

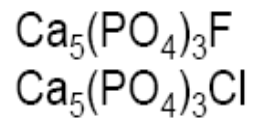


# Apatit

Chemische Formel:  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$

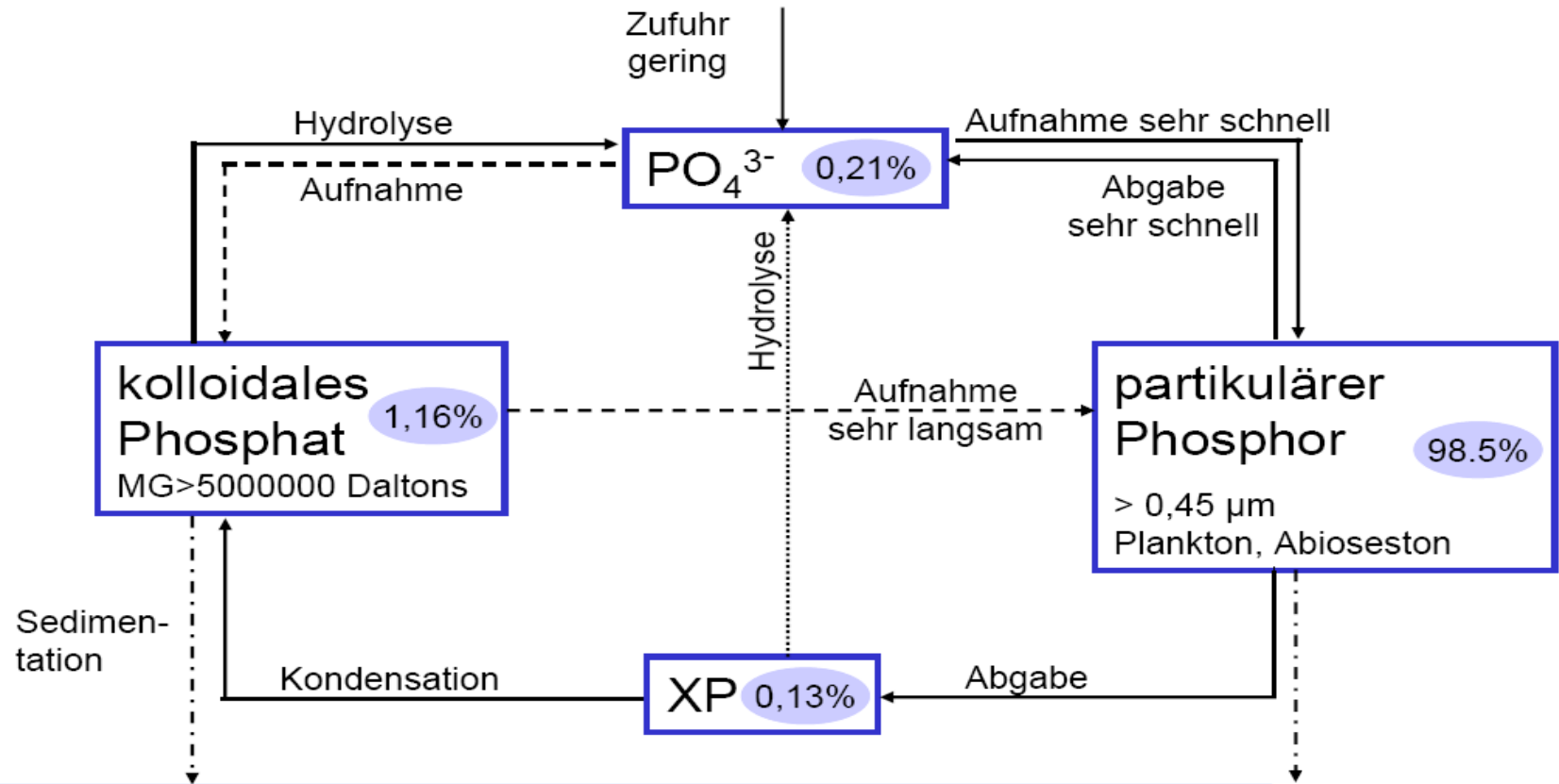


Fluorapatit  
Chlorapatit



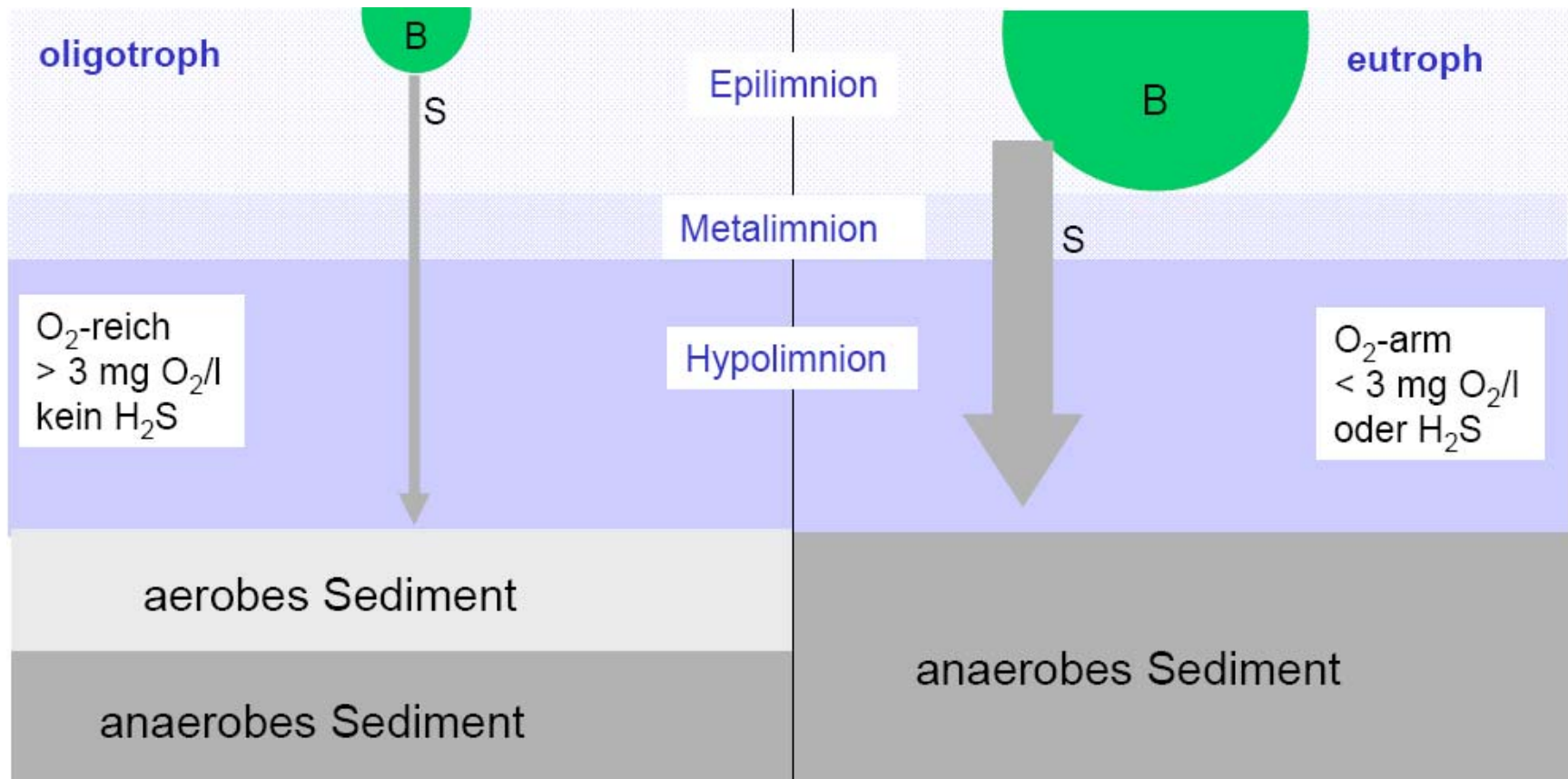
Hydroxylapatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$

# Phosphatdynamik im Freiwasser von Seen



XP= organisch gebunder Phosphor < 250 Daltons

# Phosphorkreislauf in Gewässern unterschiedlicher Trophie

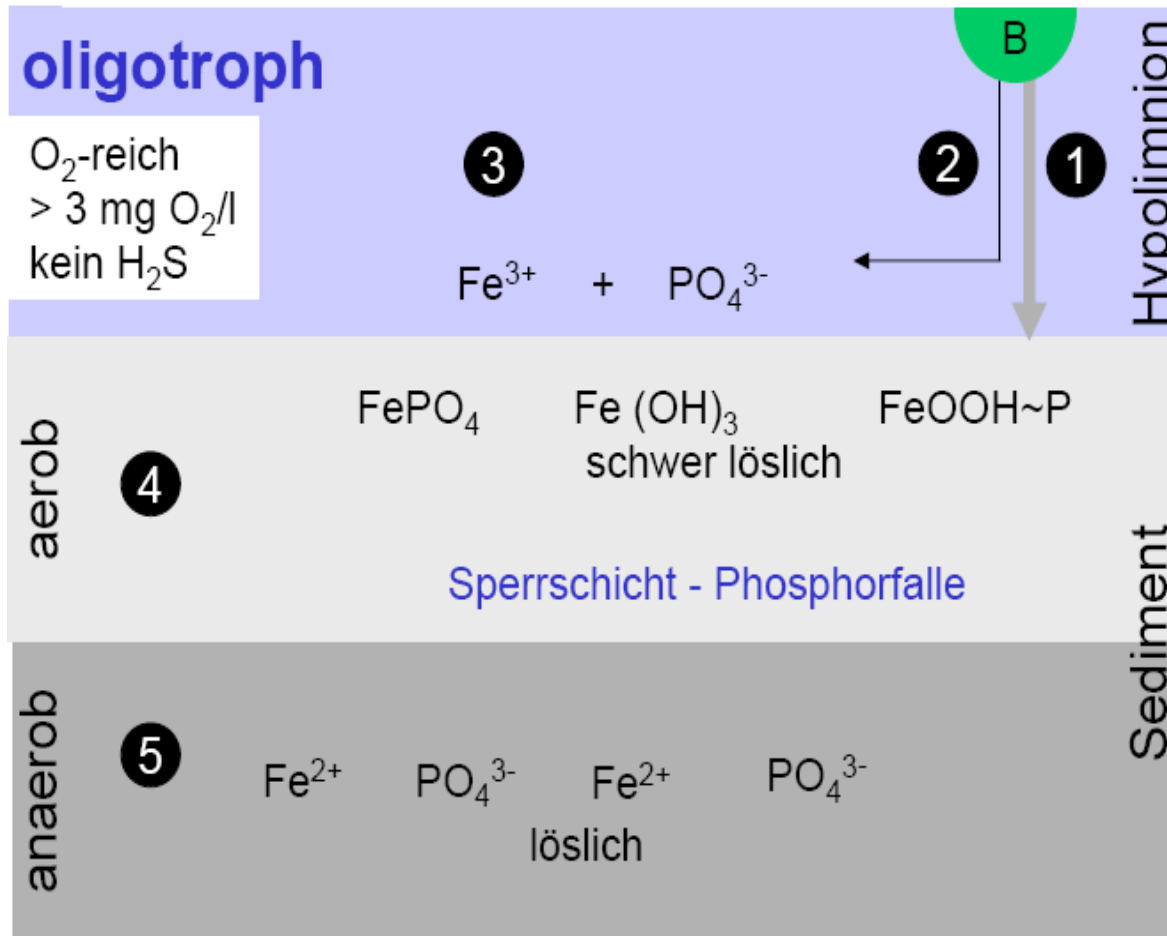


B= Biomasse

S = sedimentierender partikulärer Phosphor



# Phosphorkreislauf in Gewässern unterschiedlicher Trophie



- 1** Sedimentation von org. geb. part. P
- 2** P-Freisetzung durch mikrobiellen Abbau
- 3** Fe<sup>3+</sup> in oxidierter III-wertigen Form
- 4** => P wird in Form unlöslicher Salze gebunden
- 5** Fe<sup>2+</sup> in reduzierter II-wertigen => lösliche P-Salze =>P-Freisetzung

# Phosphorkreislauf in Gewässern unterschiedlicher Trophie

1 Sedimentation von org. geb. part. P

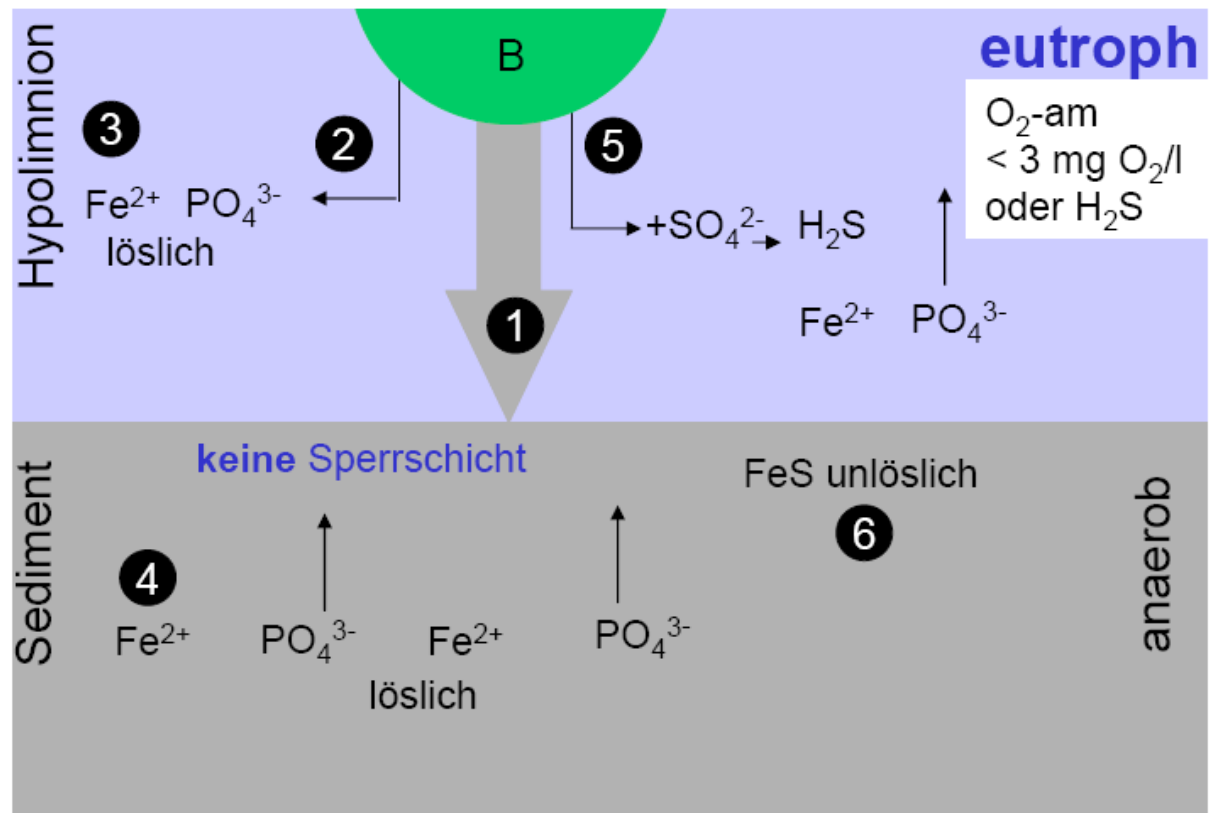
2 P-Freisetzung durch mikrobiellen Abbau

3  $\text{Fe}^{2+}$  in reduzierter II-wertigen Form

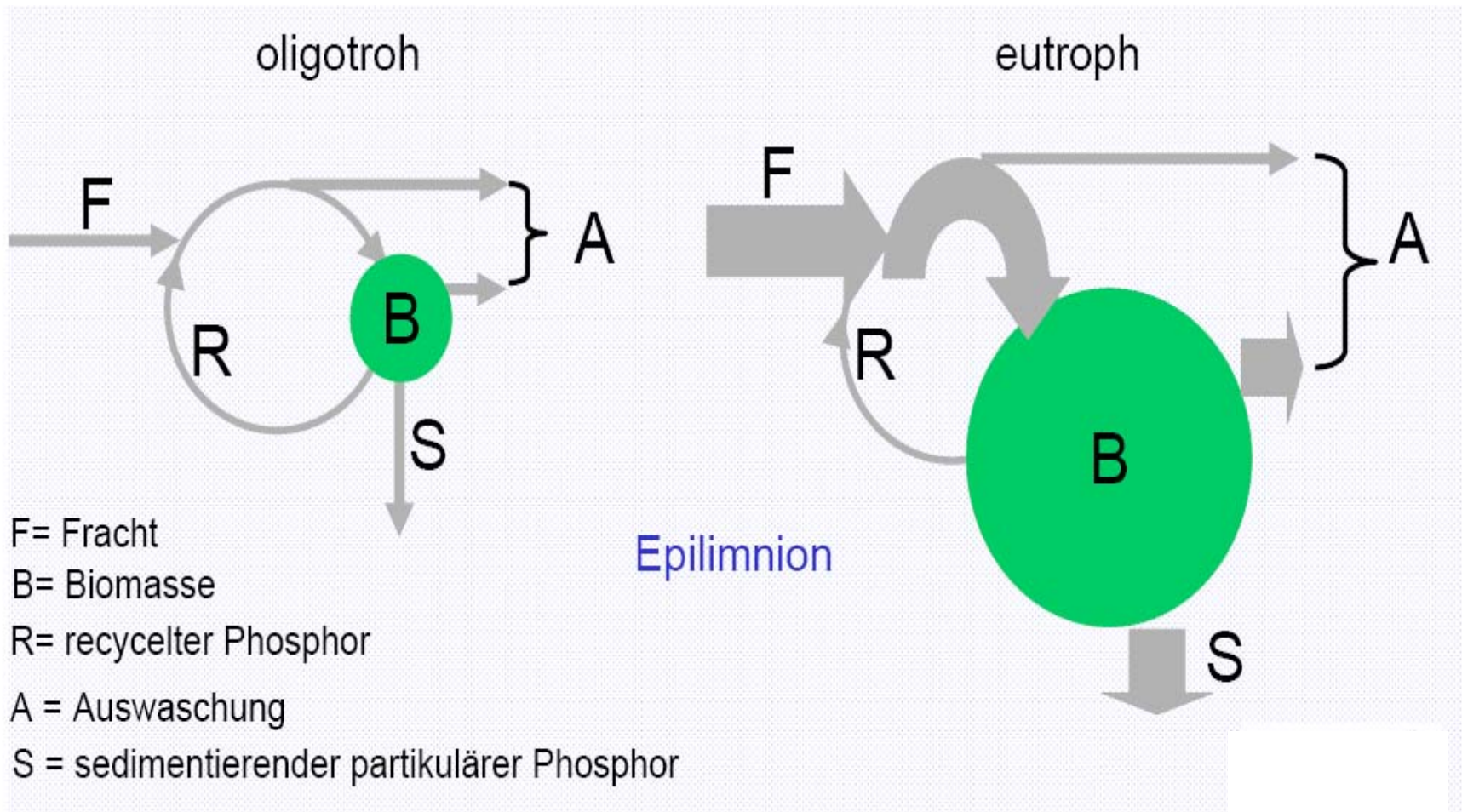
4  $\text{Fe}^{2+}$  in reduzierter II-wertigen => lösliche P-Salze => P-Freisetzung

5 Unter anaeroben Verhältnissen wird  $\text{SO}_4^{2-}$  veratmet  $\rightarrow \text{H}_2\text{S}$

6 Bildung von  $\text{FeS}$   $\rightarrow$  Fe nicht mehr zur Bindung von  $\text{PO}_4^{3-}$  verfügbar



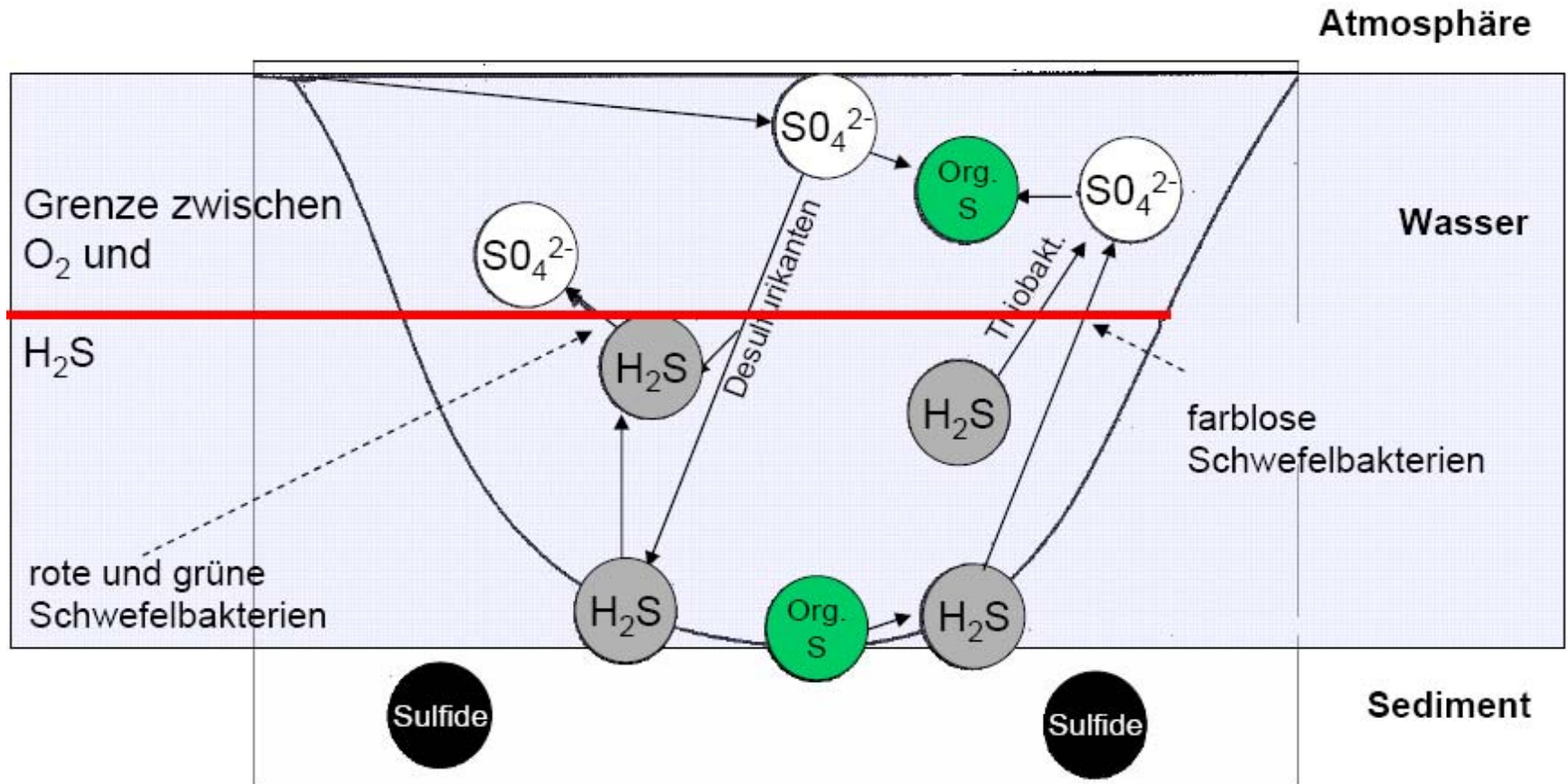
# Phosphorkreislauf in Gewässern unterschiedlicher Trophie



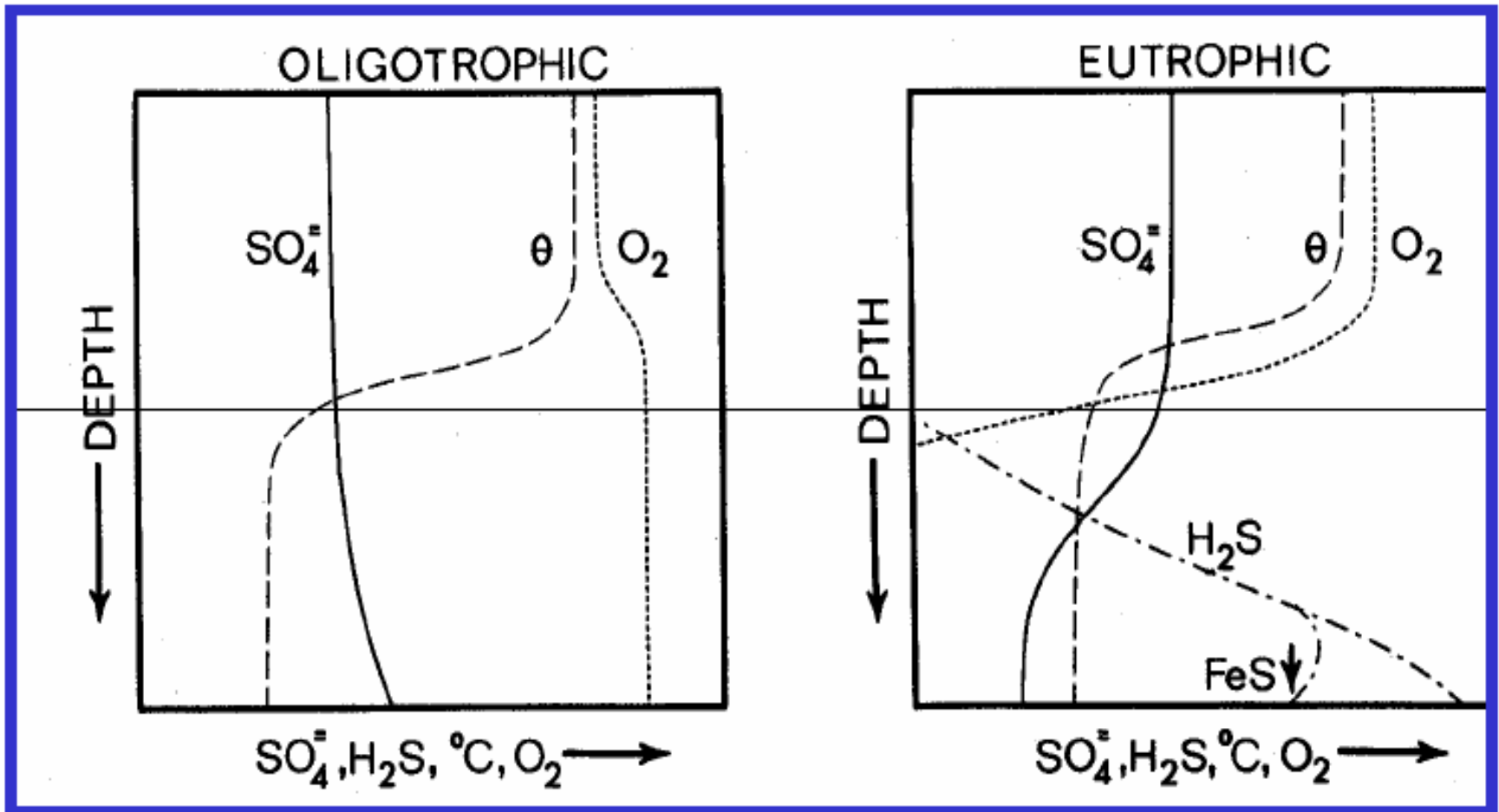


# Schwefel

# Mikrobieller Schwefelumsatz in Seen



# Vertikalverteilung von $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{H}_2\text{S}$ - $\text{O}_2$



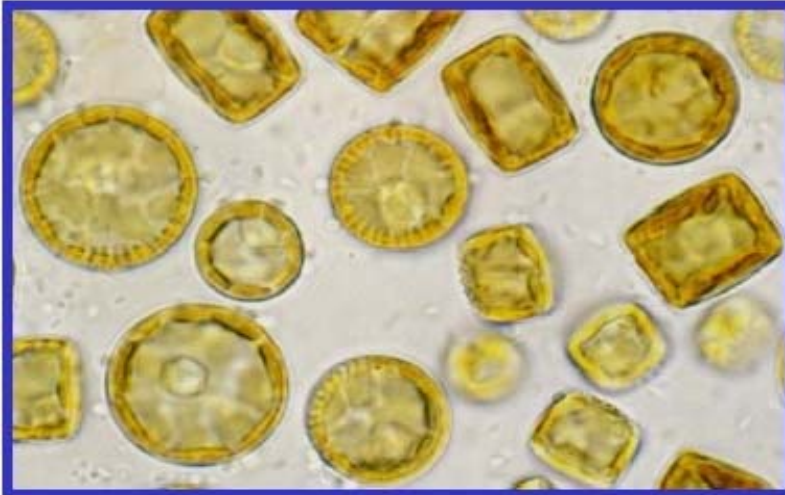
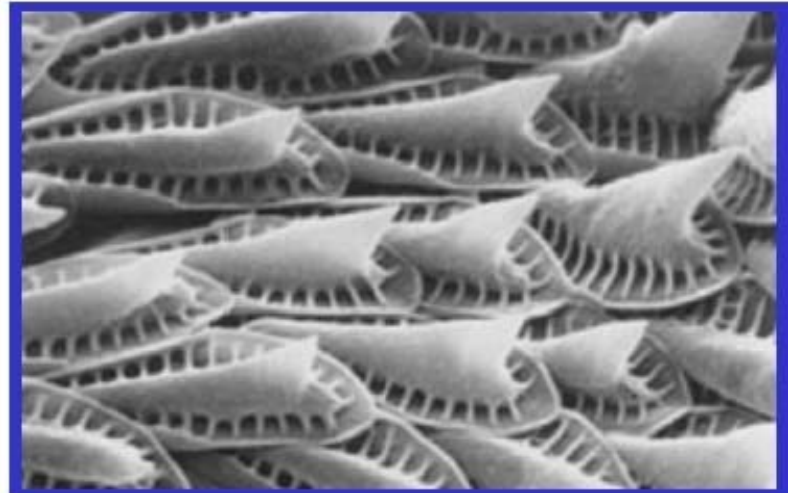
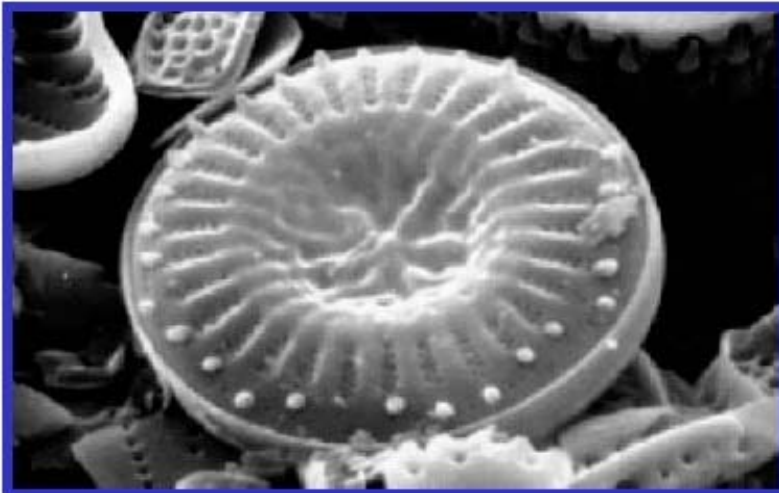


Silizium



Diatomeen = Kieselalgen

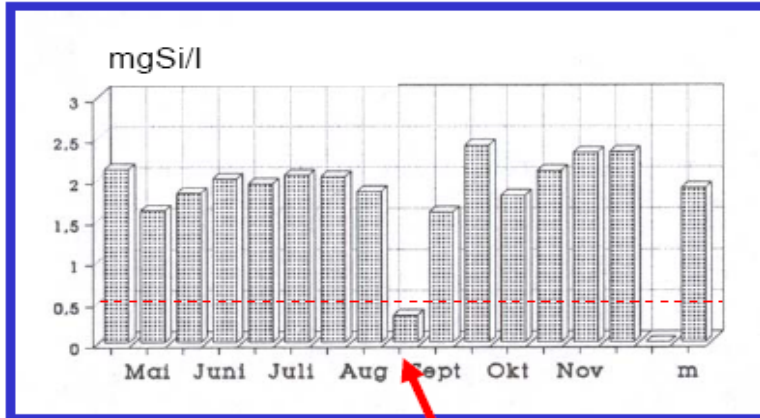
Chrysophyceen = Goldalgen



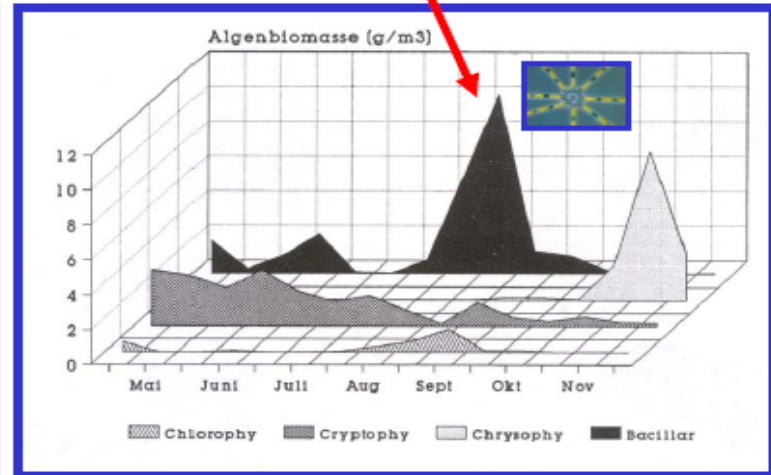
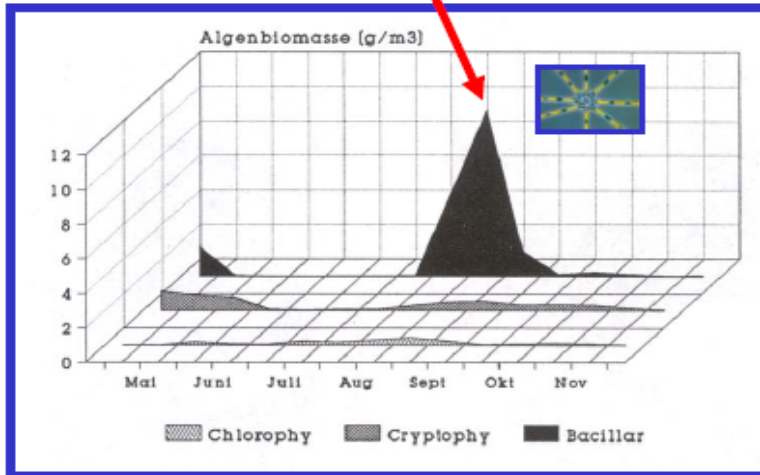
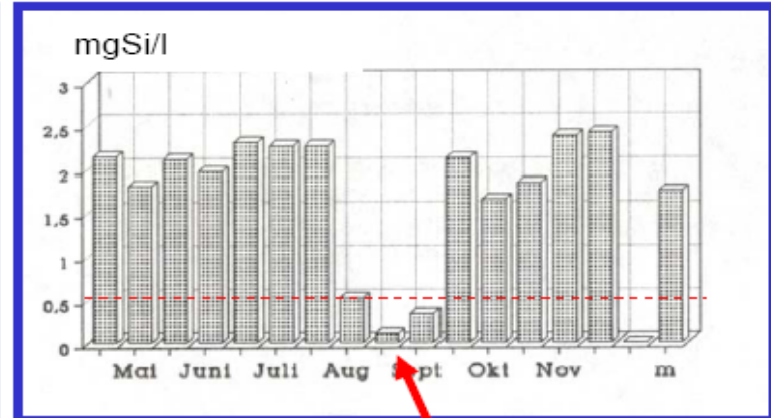


# Diatomeen und freie Kieselsäure

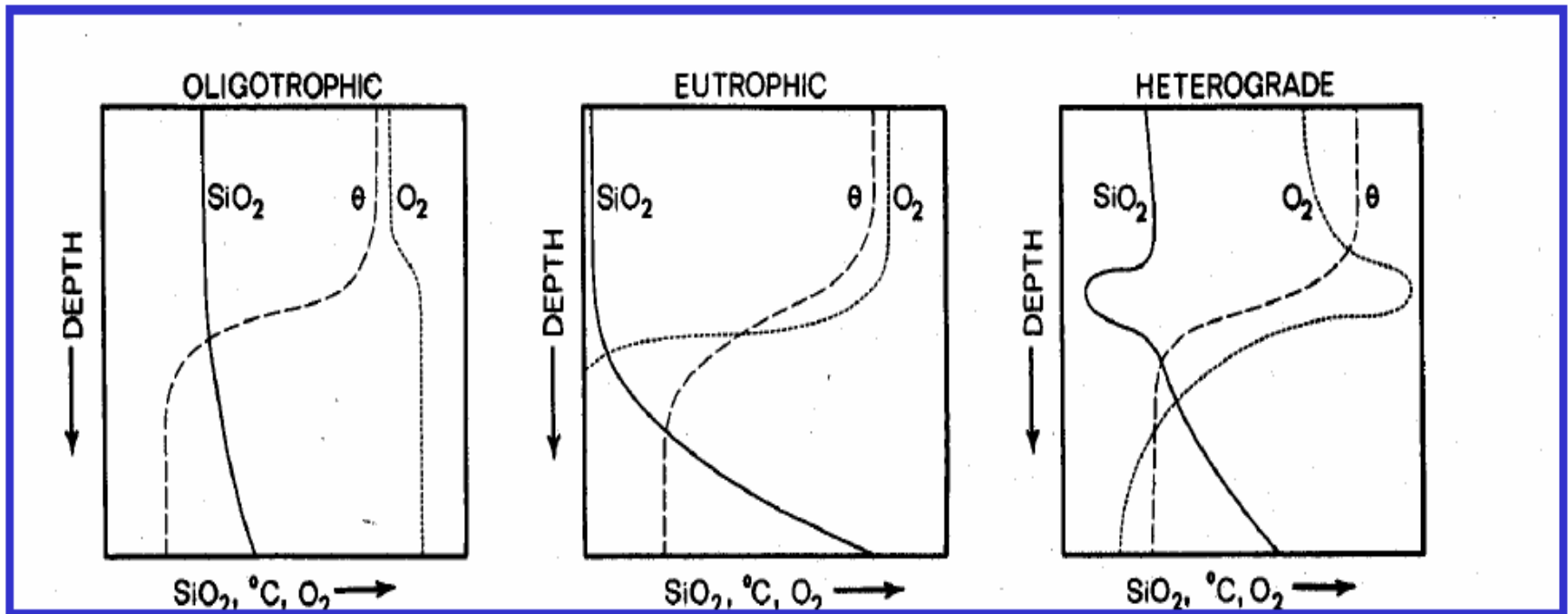
## Waschsee



## Schiffhüttensee

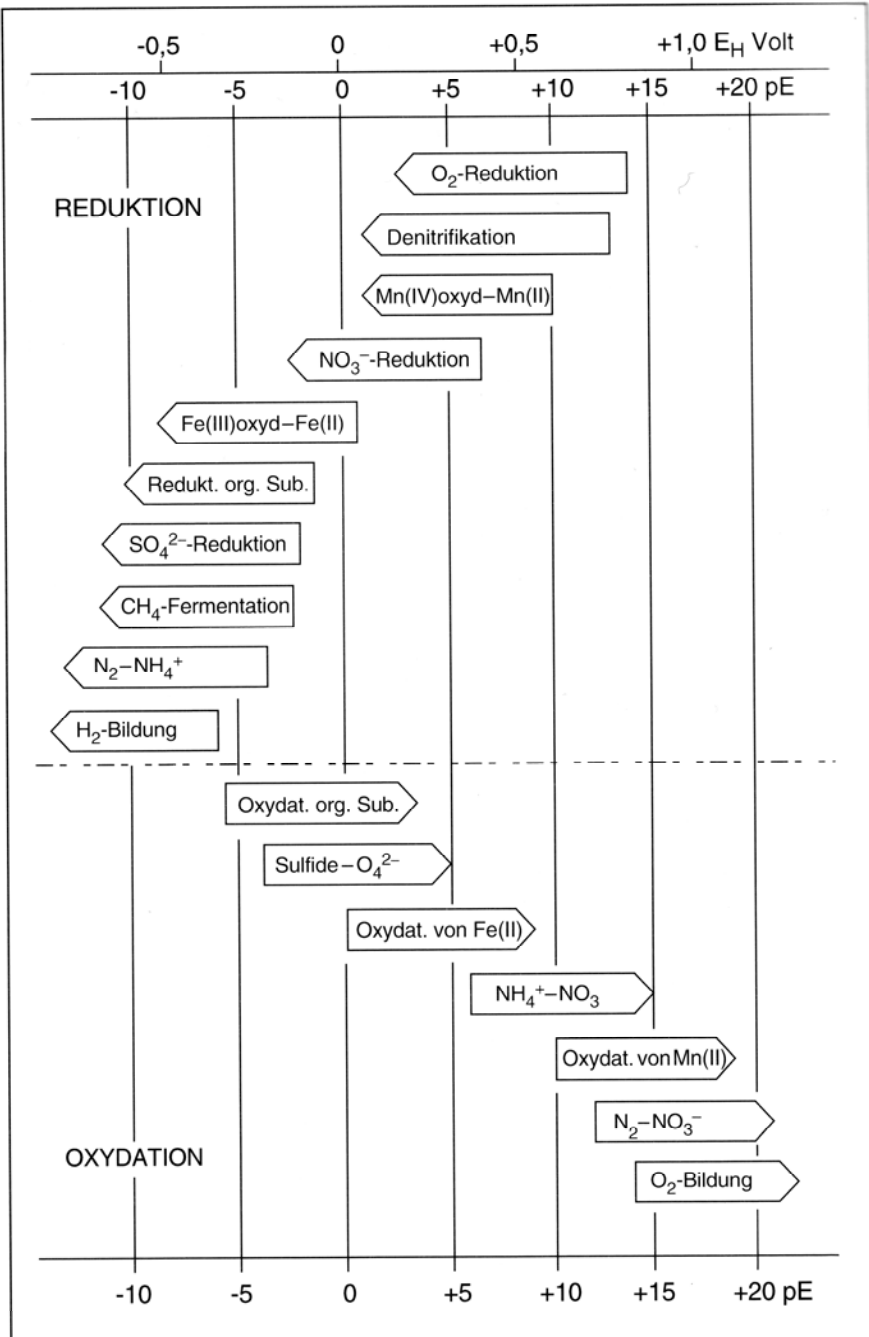


# Vertikalverteilung Silizium – O<sub>2</sub>



# Sediment und Stoffhaushalt

Biogene Redoxprozesse bezogen auf pH 7





# Die chemische Umwelt von Seen

- Das Verständnis des Zusammenhangs von Gasen und gelösten Stoffen mit limnologischen Prozessen, externem Klima und dem Charakter des Einzugsgebietes sind Voraussetzung für die Interpretation von geochemischen Archiven.
- der Sauerstoffgehalt und die Redoxbedingungen in der Wassersäule hängen stark von Durchmischung, Schichtung und Produktivität des Sees ab.
- Verfügbarkeit und das periodische Durchlaufen von limitierenden Nährstoffen (N, P, Si und Fe) ist durch die Beschaffenheit des Einzugsgebietes und die internen Mischungsprozesse festgelegt und reguliert im Gegenzug die Produktivität von Seen



# Die biologische Umwelt von Seen

- Fossilien in Seesedimenten sind eine der wichtigsten Informationsquellen für Paläolimnologen
- Habitate in Seen sind durch Gradienten gegliedert, die von sehr unterschiedlichen Gesellschaften von Organismen bewohnt werden.
- Fossilien von Plankton und Nekton liefern Informationen über die Bedingungen an der Oberfläche oder den mittleren Tiefen der Wassersäule.
- Fossilien benthischer Organismen liefern Informationen über die Bedingungen am Seeboden.
- Abiotische Faktoren und deren heterogene Verteilung bestimmen die Artzusammensetzung in den Habitaten im See
- Interaktionen zwischen Spezies regulieren ebenfalls die Zusammensetzung der Arten im See

# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen

## 1) Diatomeen

- Einer der nützlichsten Fossiliengruppe für paläolimnologische Rekonstruktionen
  - Exzellentes Erhaltungspotential der Frusteln
  - Häufig und in fast allen lakustrinen Habitaten vertreten
  - Diatomeengesellschaften sind empfindlich gegenüber einer Reihe von limnologischen und hydroklimatischen Parametern
- hervorragend geeignet für paläolimnologische Fragestellungen



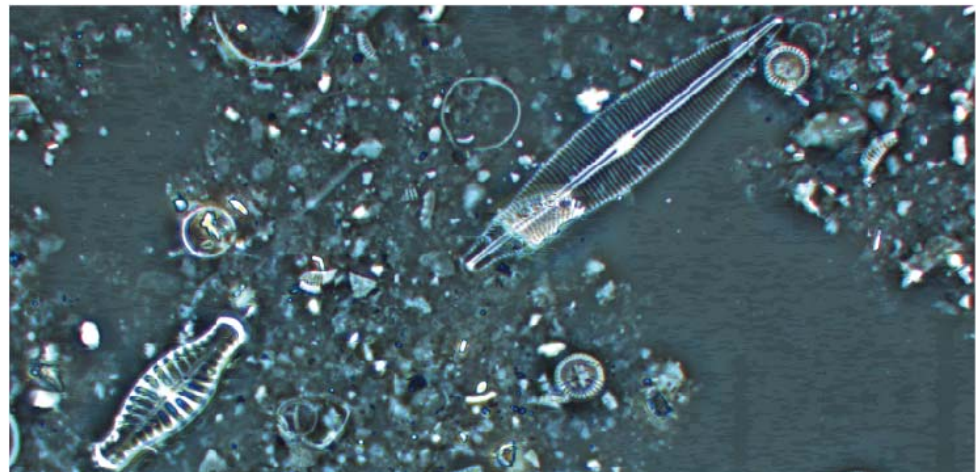
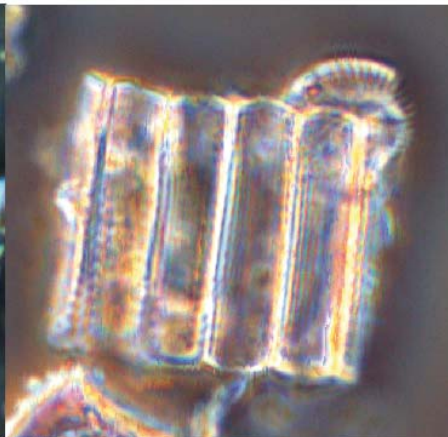
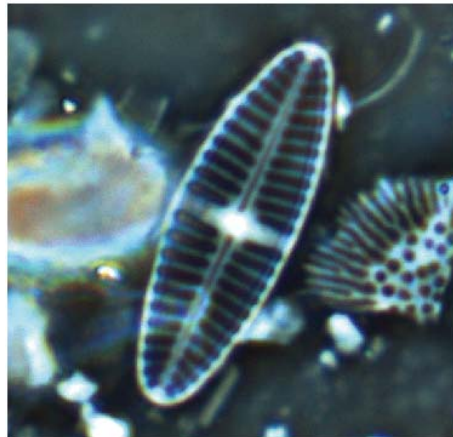
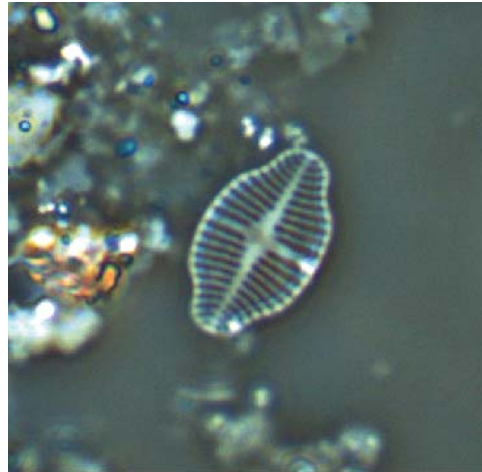
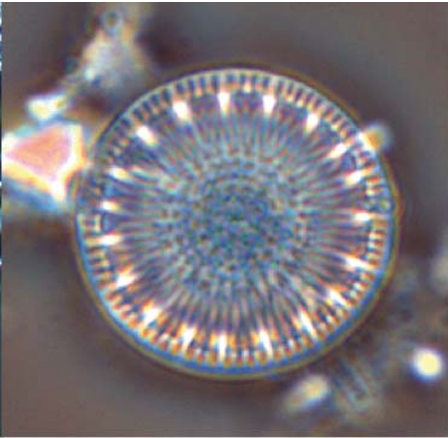
# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen

## 1) Diatomeen

- Trainingsets vorhanden für pH, Rekonstruktionen von Oberflächenversauerung durch Schwefeloxide möglich
- Transferfunktionen für Änderungen der Salinität und Alkalinität
- Transferfunktionen für Phosphatgehalt/Trophie
- Korrelationen von Temperatur und Diatomeen für kalte Gebiete

# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen

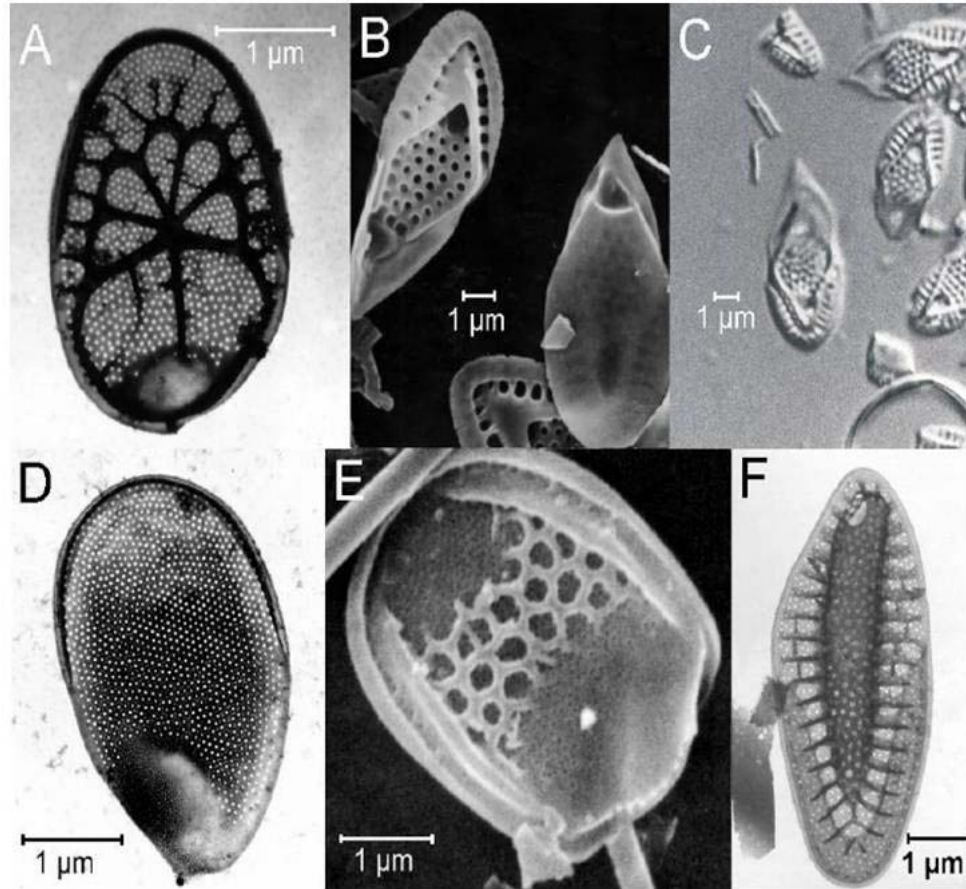
## 1) Diatomeen





# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen

## 2) Chrysophyceen (Goldalgen)

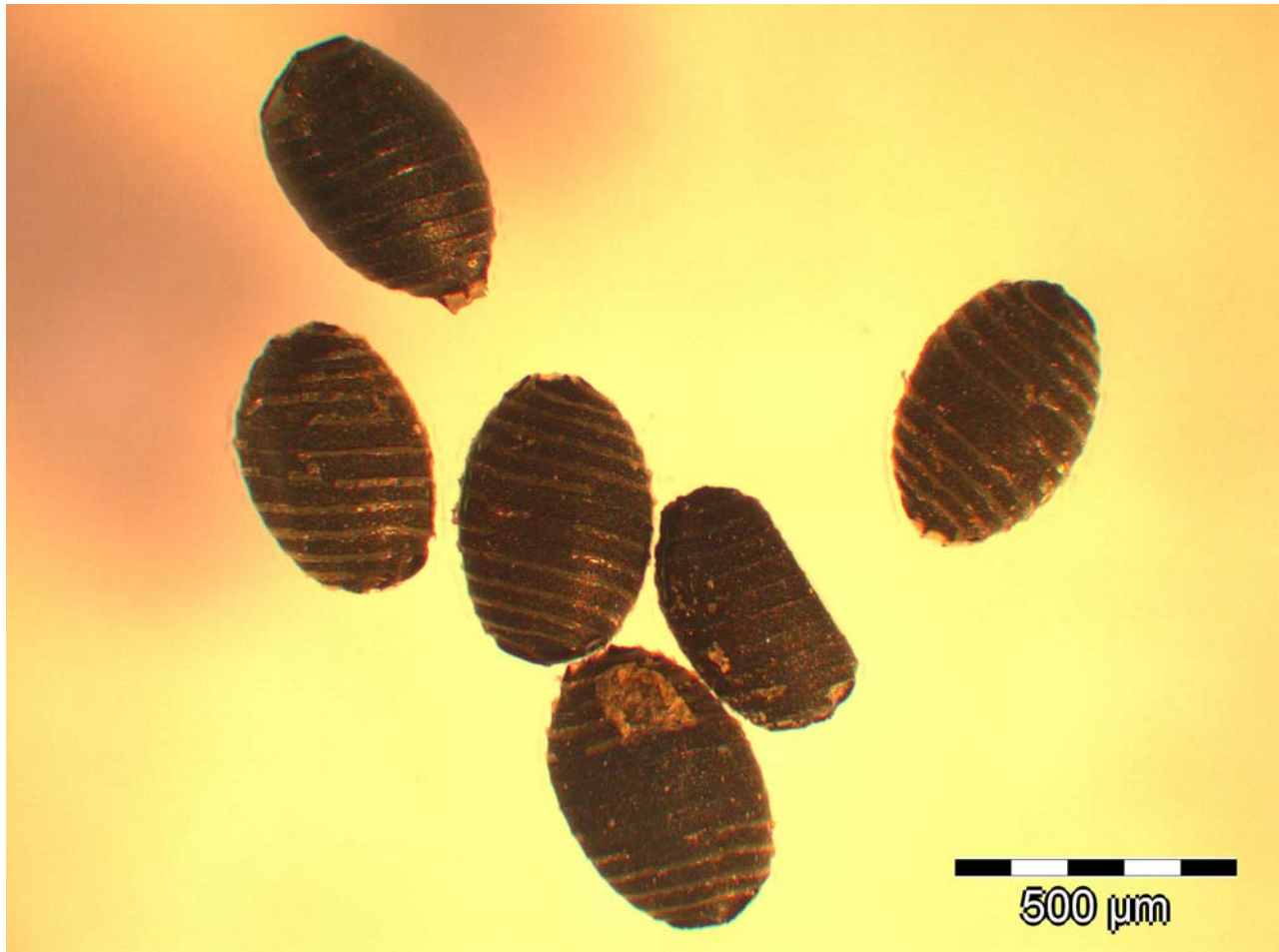


From Smol 2008



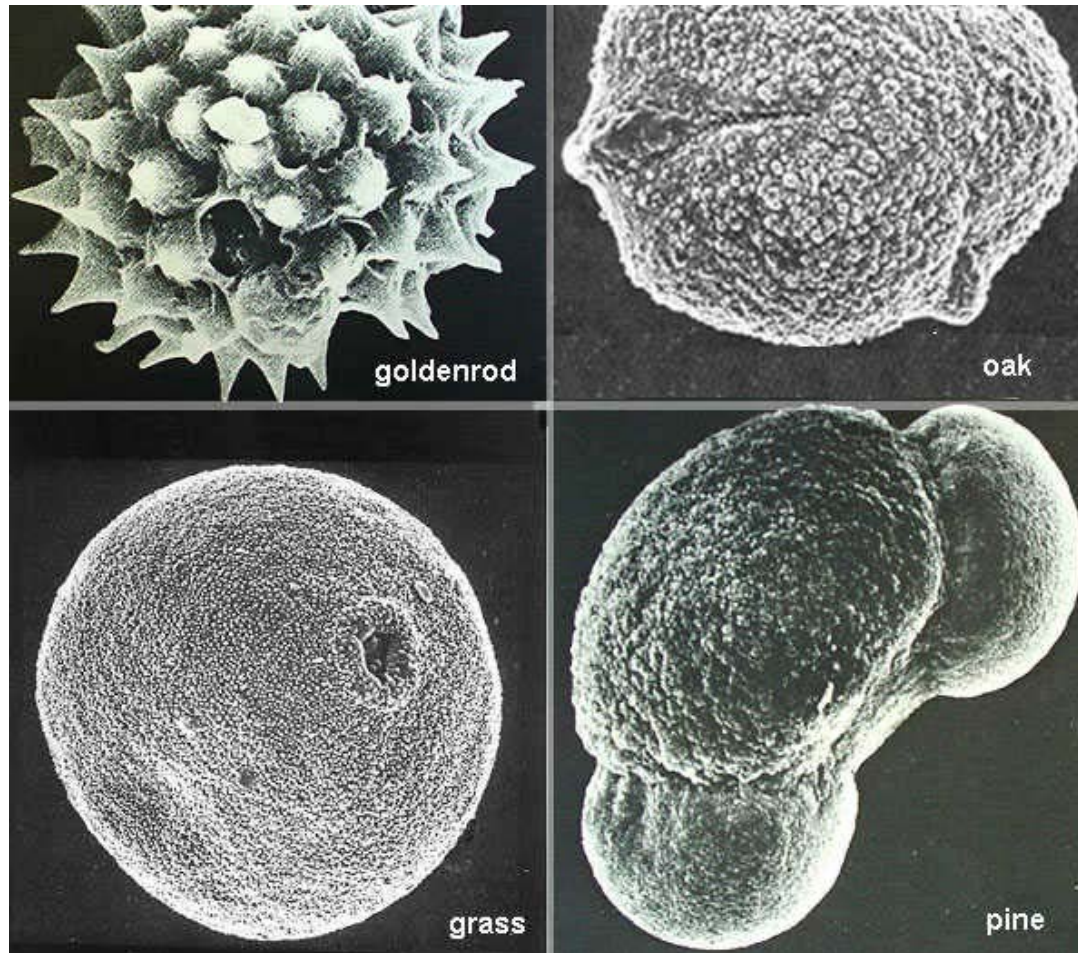
# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen

## 3) Characeen (Armleuchteralgen)

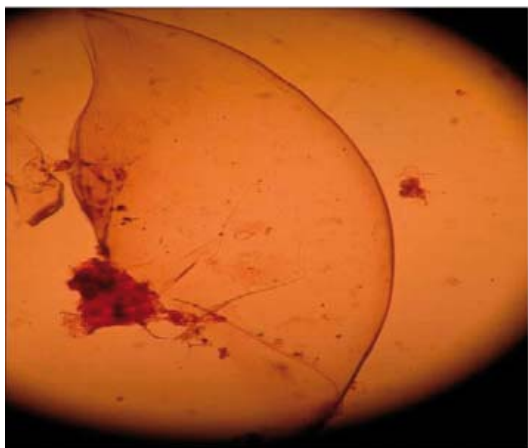




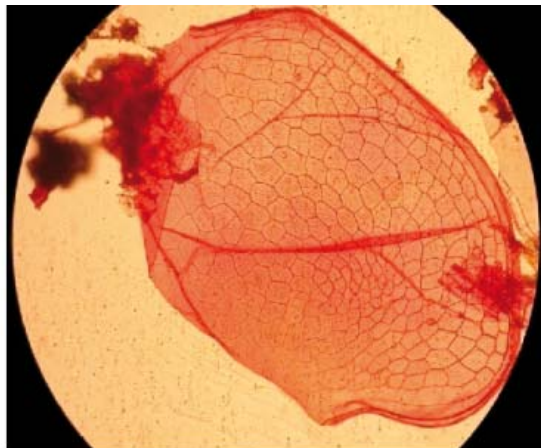
# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen Fossile Pollen



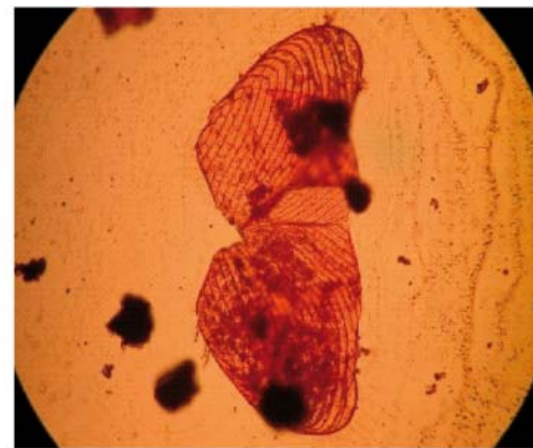
# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen Cladoceren (Wasserflöhe)



Headshield of *Acroperus harpae*



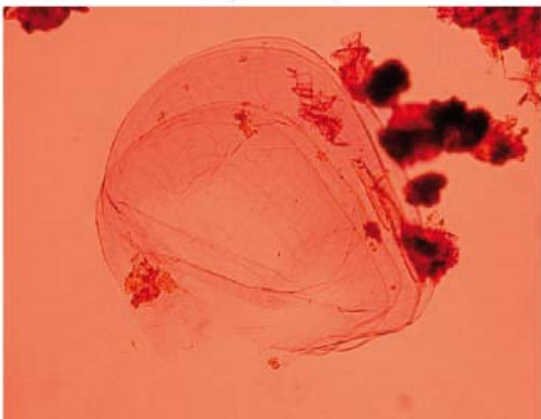
Shell of *Chydorus sphaericus*



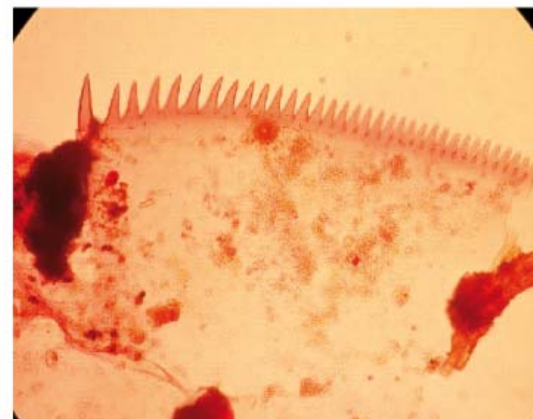
Shell of *Alonella nana*



Ephippium of Cladocera



Shell of *Monospilus dispar*



Postabdomen of *Eurycerus amellatus*

Paläoökologische Archive:  
Records wichtiger Gruppen  
Ostrakoden (Muschelkrebse)





# Paläoökologische Archive: Records wichtiger Gruppen Chironomiden (Zuckmückenlarven)

