

Diatomeen

als biologische Qualitätskomponente zur Umsetzung der EU-WRRL

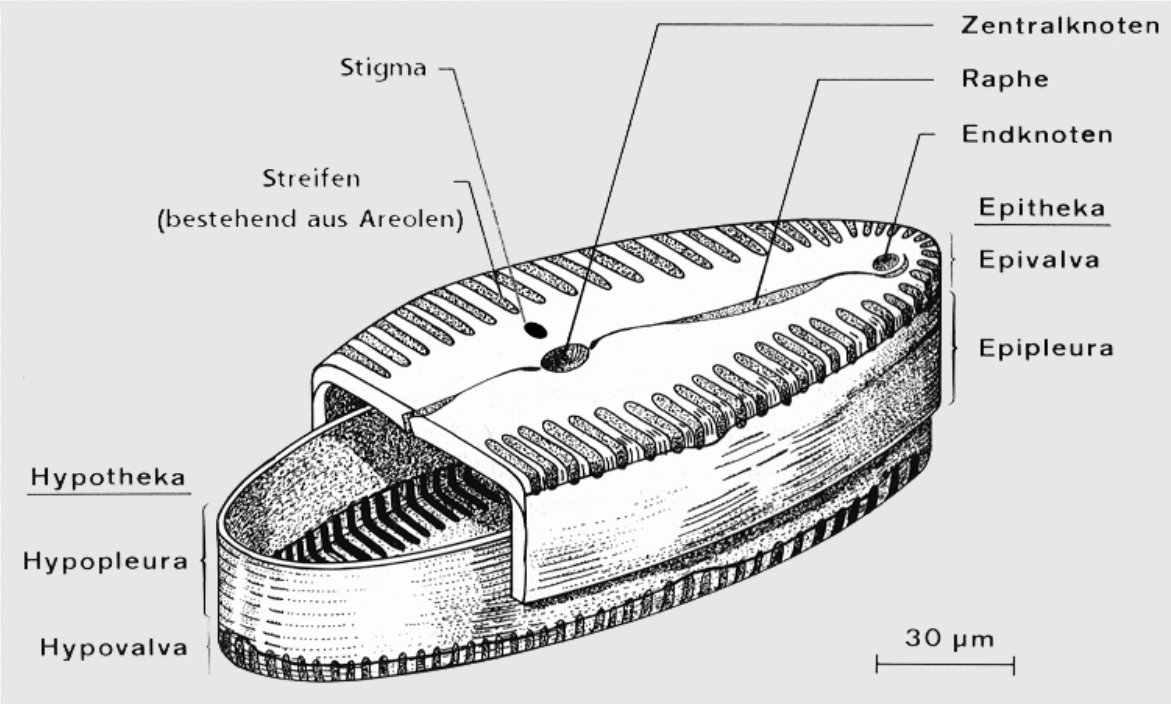
Dr. Gabriele Hofmann
Hirtenstraße 19 ♦ 61479 Glashütten
Tel. (0 61 74) 96 34 24 ♦ hofmann@redkon.de



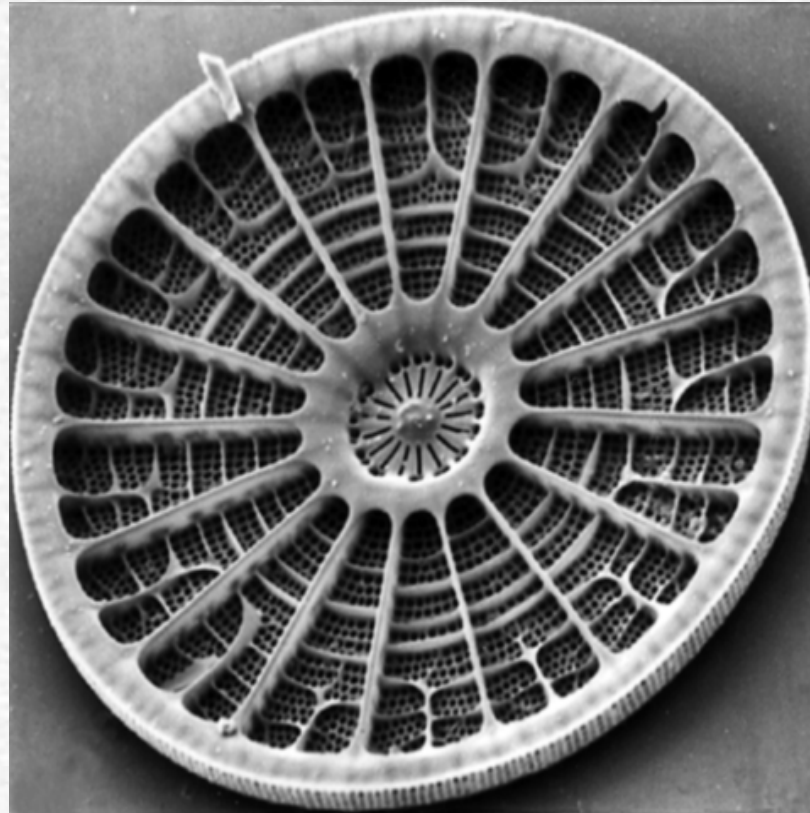
Überblick

1. Was sind Diatomeen?
2. Diatomeen als Bioindikatoren
3. Bewertungsverfahren mit Diatomeen
4. Methodik der Probenahme und Auswertung
5. Bewertung der ökologischen Qualität nach EU-WRRL

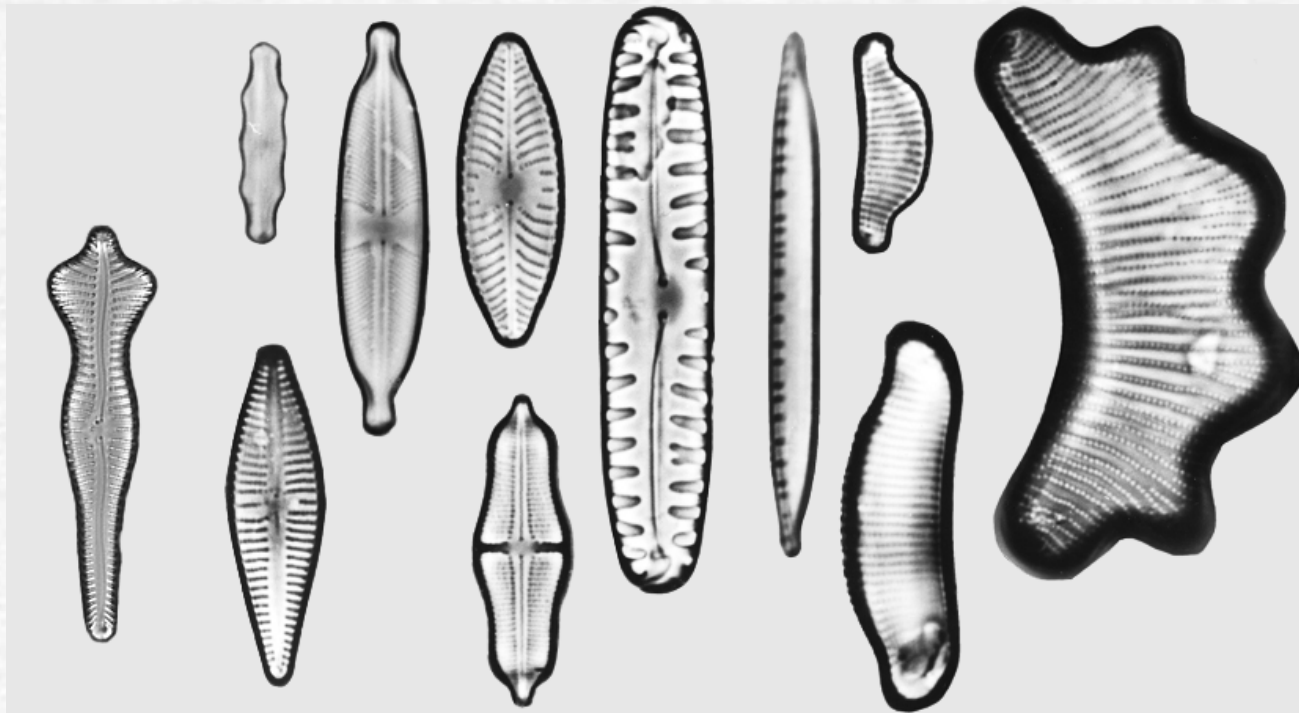
Aufbau der Schalen



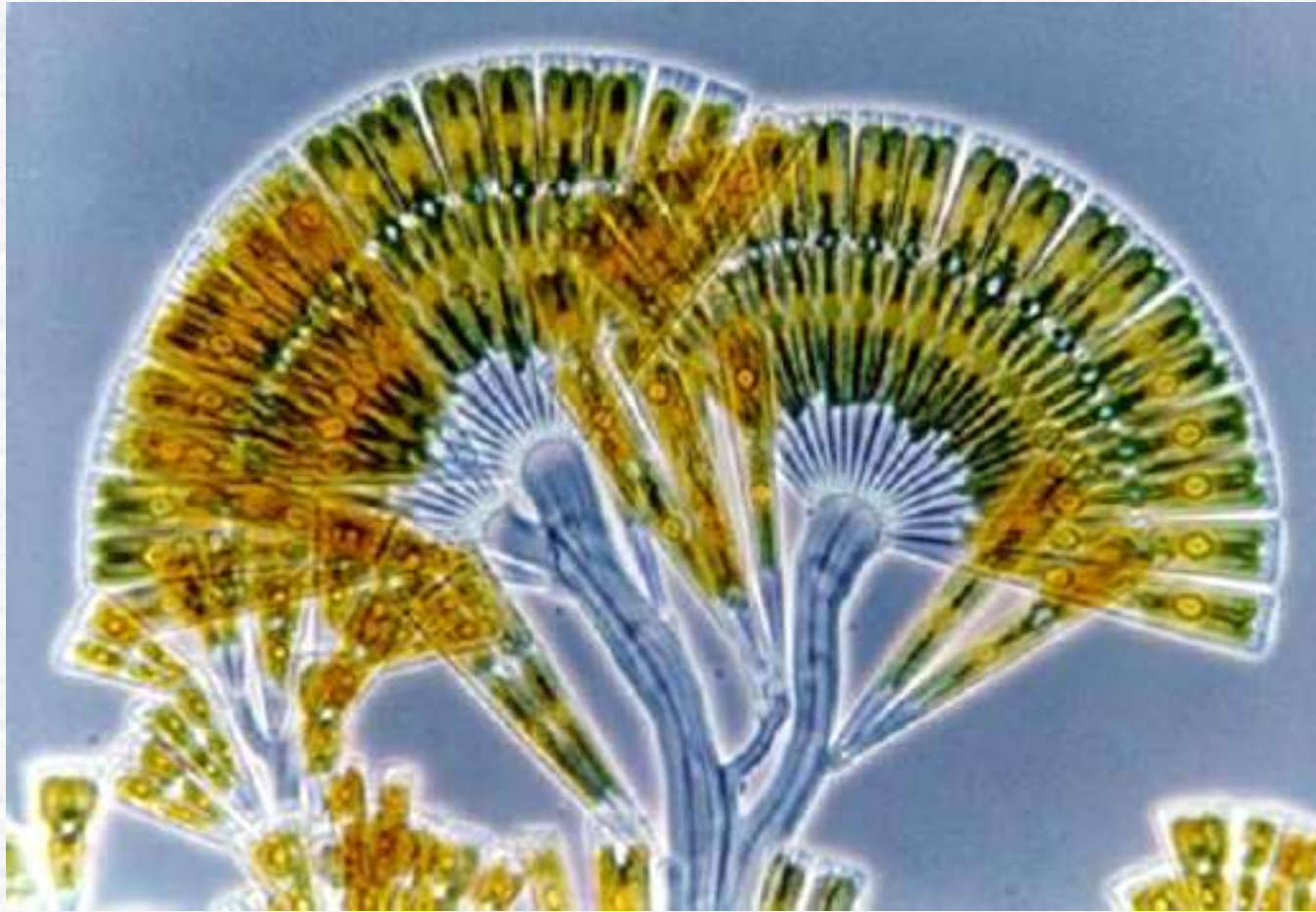
Plankton



Benthos



Architektur



Diatomeen als Bioindikatoren

- 1. Hohe Sensibilität gegenüber verschiedenen Zuständen der Gewässerbelastung**
- 2. Autökologie der Arten weitgehend bekannt**
- 3. Hohe Zahl an indikativen Arten**
- 4. Besiedlung aller Gewässertypen**
- 5. Schnelle Generationenfolge**
- 6. Weite geographische Verbreitung**
- 7. Einheitliche Systematik (Krammer & Lange-Bertalot 1986-1991)**
- 8. Standardisierte Methodik der Probenahme (EN 13946)**

Indikationssysteme

Methoden zur Indikation saprobieller Belastung

- ◆ Saprobienindex nach Rott et al. (1997)
- ◆ Differentialartensystem (Krammer & Lange-Bertalot 1986)

Methoden der Trophie-Indikation

- ◆ Fließgewässer (Coring et al. 1999; Rott et al. 1999)
- ◆ Seenlitoral (Hofmann 1994, 1999)

Halobiensystem

- ◆ Indikation der Salzbelastung (Ziemann 1999)

Methoden zur Indikation von Gewässerversauerung

- ◆ Ableitung historischer pH-Werte in Seen (z.B. Renberg & Hellberg 1982; Arzet 1987)
- ◆ Ableitung aktueller Säurezustände in Fließgewässern (Coring 1999)

Indikationssysteme

Paläolimnologische Methoden

- ◆ Rekonstruktion historischer Umweltbedingungen in Seen durch regionale Transferfunktionen zwischen Diatomeen und Umweltvariablen (z.B. Wunsam 1993; Schoenfelder et al. 2002)

Zahl und Abundanz von gefährdeten Arten

- ◆ Rote Liste der Diatomeen (Lange-Bertalot 1996)

Bewertung der ökologischen Qualität nach EU-WRRL

- ◆ Fließgewässer (Schaumburg et al. 2004)
- ◆ Seenlitoral (Schaumburg et al. 2004)

Probenahme

... zum Nachweis der stofflichen Belastung

- ◆ EN 13946: Beprobung eines Substrattyps

... zur Bewertung nach EU-WRRL

- ◆ Schaumburg et al. (2004): Beprobung der gewässertypischen Substrate

Materialien

Topographische Karten 1:25.000 bzw. 1:50.000/ GPS-Gerät
Feldprotokoll
Schreibmaterialien
Wathose
Weithalsflaschen oder -gläschen
Wasserfester Stift
Teelöffel, Spatel o.ä.
Formaldehydlösung
Fotoausrüstung
ggf. Sicherheitsausrüstung

Probenaufbereitung und Auszählung

- ◆ **Oxidation in Säuren (EN 13946)**
- ◆ **Herstellen von Dauerpräparaten (EN 13946)**
- ◆ **Mikroskopische Auswertung: Bestimmen und Zählen von 500 Schalen (EN 14407)**
- ◆ **Berechnung der prozentualen Häufigkeiten**
- ◆ **Archivierung der Präparate**

Bestimmungsliteratur

Für Einsteiger

- ◆ Krammer, K. (1986): Kieselalgen. Biologie, Baupläne der Zellwand, Untersuchungsmethoden: 1-140; Stuttgart (Franckh).

Standardliteratur

- ◆ Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986-1991): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae.- 2/1: Naviculaceae, 876 S.; 2/2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 596 S.; 2/3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 576 S.; 2/4: Achnanthaceae, 437 S.; Stuttgart (Fischer).

Für Spezialisten

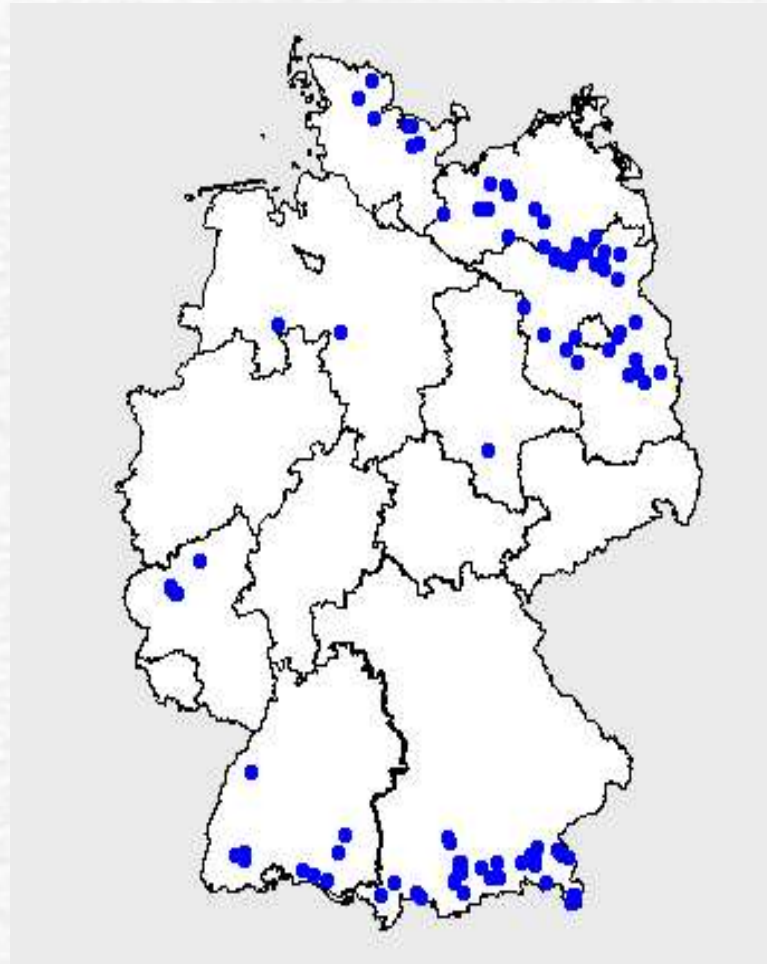
- ◆ Krammer, K. (2000): The genus *Pinnularia*.- Diatoms of Europe 1: 1-703.
- ◆ Krammer, K. (2002): *Cymbella*.- Diatoms of Europe 3: 1-584.
- ◆ Lange-Bertalot, H. (1993): 85 Neue Taxa.- Bibliotheca Diatomologica 27: 1-454.
- ◆ Lange-Bertalot, H. (2001): *Navicula sensu stricto*.- Diatoms of Europe 2: 1-526.
- ◆ Lange-Bertalot, H. & Moser, G. (1994): *Brachysira*. Monographie der Gattung.- Bibliotheca Diatomologica 29: 1-212.
- ◆ Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren.- Iconographia Diatomologica 2: 1-390.
- ◆ Witkowski, A.; Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (2000): Diatom flora of marine coasts I.- Iconographia Diatomologica : 1-925.

EU-Wasserrahmenrichtlinie

Begriffsbestimmung (Auszug)

Sehr guter Zustand	Guter Zustand	Mäßiger Zustand
<p>Die taxonomische Zusammensetzung entspricht vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.</p> <p>Keine erkennbaren Änderungen der durchschnittlichen makrophytischen und der durchschnittlichen phytobenthischen Abundanz.</p>	<p>Die makrophytischen und phytobenthischen Taxa weichen in ihrer Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.</p>	<p>Die Zusammensetzung der makrophytischen und phytobenthischen Taxa weicht mäßig von der typspezifischen Gemeinschaft ab und ist in signifikanter Weise stärker gestört, als dies bei gutem Zustand der Fall ist.</p> <p>Es sind mäßige Änderungen der durchschnittlichen makrophytischen und der durchschnittlichen phytobenthischen Abundanz erkennbar.</p>

Untersuchungsprogramm Seen „Phylib“



Entwicklung eines Bewertungssystems gemäß EU-WRRL

Ermittlung der diatomeen-basierten biozönotischen Typen ...

- ◆ durch Korrespondenz- und Clusteranalysen
- ◆ durch vegetationsökologische Verfahren

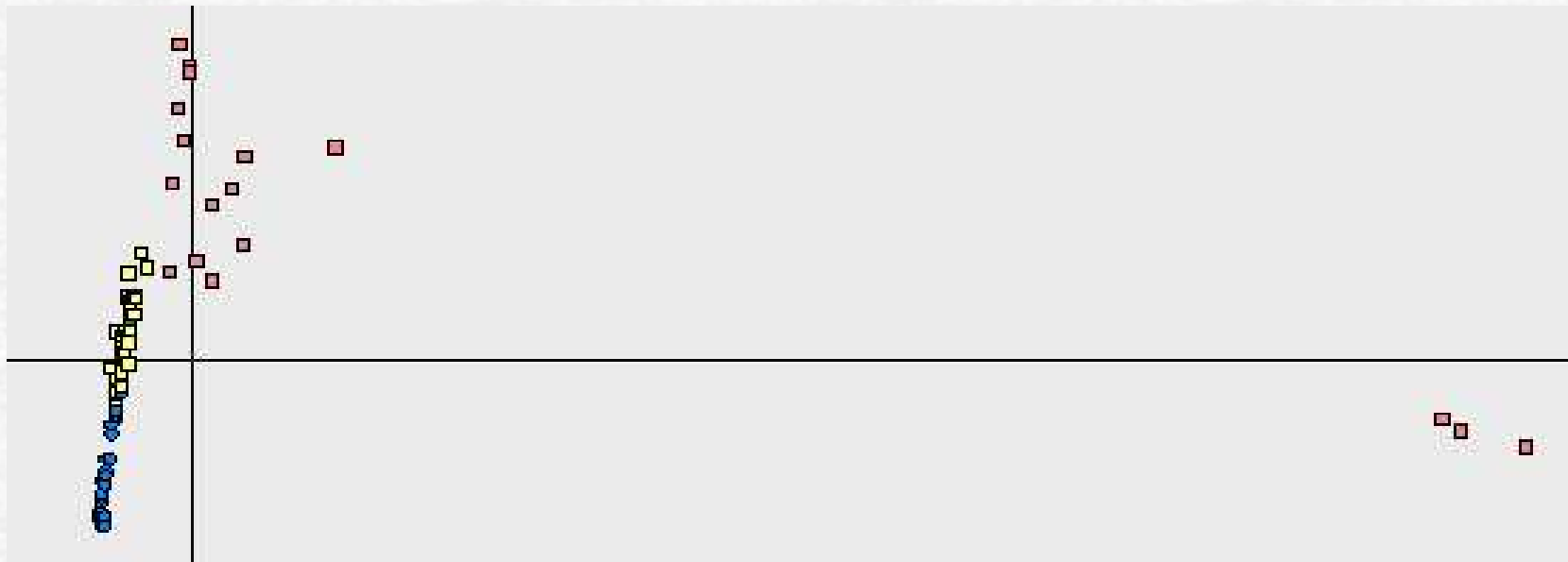
Charakterisierung der typspezifischen Referenzgesellschaften

- ◆ Charakterisierung der Artenzusammensetzung und -häufigkeiten
- ◆ Ermittlung des indizierten stofflichen Grundzustandes

Quantifizierung der Degradation unter Verwendung von verschiedenen „Metrics“

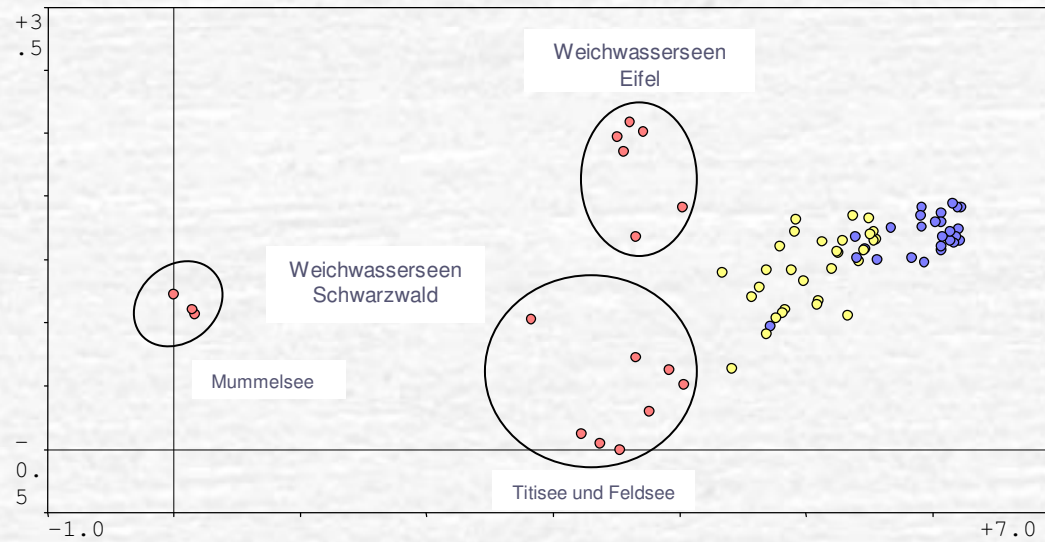
- ◆ Artenzahl
- ◆ Similarität
- ◆ Dominanzidentität
- ◆ Trophie-Indizes
- ◆ Rote Liste-Index u. a. m.

Korrespondenzanalyse (CA) „Biozönotische Seetypen“



blau	Alpen- und Alpenvorlandseen
gelb	Norddeutsche Seen
rot	Mittelgebirgsseen

Korrespondenzanalyse (DCA) „Biozönotische Seetypen“



blau	Alpen- und Alpenvorlandseen
gelb	Norddeutsche Seen
rot	Mittelgebirgsseen

Abgleich der Diatomeentypologie mit der geomorphologischen Seentypologie

D-Typ = Diatomeentyp, GM-Typ = Geomorphologischer Typ nach MATHES et al. (2002)

D-Typ	GM-Typ	Ökoregion	Geologie	Einfluss des Einzugsgebiet	Schichtung	Wasseraufenthaltszeit
1	1	Alpen- und Voralpenseen	Ca > 15 mg/l	VQ > 1,5	ungeschichtet	
	2	Voralpensee	Ca > 15 mg/l	VQ > 1,5	geschichtet	
	3	Voralpensee	Ca > 15 mg/l	VQ ≤ 1,5	geschichtet	
	4	Alpensee	Ca > 15 mg/l	VQ ≤ oder > 1,5	geschichtet	
	5	Seen der Mittelgebirge	Ca ≥ 15 mg/l	VQ > 1,5	geschichtet	
	6	Seen der Mittelgebirge	Ca ≥ 15 mg/l	VQ > 1,5	ungeschichtet	
	7	Seen der Mittelgebirge	Ca ≥ 15 mg/l	VQ ≤ 1,5	geschichtet	
	8	Seen der Mittelgebirge	Ca < 15 mg/l	VQ > 1,5	geschichtet	
2	9	Seen der Mittelgebirge	Ca < 15 mg/l	VQ ≤ 1,5	geschichtet	
3	10	Seen des Tieflandes	Ca ≥ 15 mg/l	VQ > 1,5	geschichtet	
4	11	Seen des Tieflandes	Ca ≥ 15 mg/l	VQ > 1,5	ungeschichtet	> 30 Tage
	12	Seen des Tieflandes	Ca ≥ 15 mg/l	VQ > 1,5	ungeschichtet	3 - 30 Tage
3	13	Seen des Tieflandes	Ca ≥ 15 mg/l	VQ ≤ 1,5	geschichtet	
	14	Seen des Tieflandes	Ca ≥ 15 mg/l	VQ ≤ 1,5	ungeschichtet	

Charakterarten des sehr guten Zustandes (Auswahl)

Alpen- und Voralpenseen (Typ 1)	Geschichtete Norddeutsche Seen (Typ 3)	Weichwasserseen (Typ 2)
Achnanthes flexella	Achnanthes flexella	Achnanthes altaica
Achnanthes trinodis	Achnanthes minutissima var. scotica	Achnanthes kuelbsii
Achnanthes minutissima var. scotica	Amphora veneta var. capitata	Achnanthes levanderi
Brachysira liliana	Brachysira vitrea	Achnanthes ventralis
Brachysira styriaca	Cymbella cesatii	Brachysira brebissonii
Brachysira vitrea	Cymbella laevis	Brachysira neoexilis
Cymbella cesatii	Denticula kuetzingii	Cymbella gracilis
Cymbella delicatula	Epithemia goeppertiana	Cymbella hebridica
Cymbella laevis	Epithemia smithii	Fragilaria exigua
Cymbella subaequalis	Fragilaria delicatissima	Navicula exilis
Cymbella tumidula	Gattung Mastogloia	Navicula notha
Eunotia arcubus	Navicula gottlandica	Navicula pseudoscutiformis
Gomphonema occultum	Navicula subalpina	Peronia fibula
Gomphonema tenue		Stenopterobia delicatissima
Gomphonema vibrio		
Navicula gottlandica		
Navicula wildii		

Abgleich der diatomeen-basierten Fließgewässertypologie des Mittelgebirges mit der Typologie von Schmedtje et al. (2001, erweitert)

Geomorphologischer Typ nach Briem			Biozönotischer Typ			
			Längszonierung			
			Bach	Kl. Fluss	Gr. Fluss	Strom
Buntsandstein	(5) Sand- und steingeprägte FG des Buntsandsteins	S	4	5		
Grundgebirge (Gneis, Granit, Schiefer)	(6) Stein- und blockgeprägte FG des Grundgebirges	S				
Vulkangebiete	(7) Stein- und kiesgeprägte FG der Vulkangebiete	S	6			
Lössbeeinflusste Regionen, Keuper	(8) Ton-, sand- oder kiesgeprägte FG der Löss- und Keupergebiete	K	7a			
Kalkgebiete (Muschelkalk, Jura, Malm, Lias, Dogger, Kreide, Devon)	(9) Kies- und steingeprägte FG der nicht verkarsteten Kalkgebiete	K	7b		8	
Auen (über 300 m Breite)	(11) Kiesgeprägte FG mit breiten Auen (z.B. Untermain)	K			8	

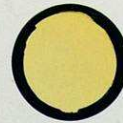
Verifizierung und Rekonstruktion der Referenzgesellschaften anhand historischer Proben

Diatomeensammlungen

Sammlung	Lebenszeit	Ort	Präparatezahl
Ehrenberg	1795-1876	Museum für Naturkunde Berlin	4.960
Hustedt	1886-1968	Friedrich Hustedt-Arbeitsplatz AWI Bremerhaven	60.000
Krasske	1889-1951	Naturkundemuseum Kassel	5.077
Krieger	1886-1954	Botanisches Museum Berlin-Dahlem	3.640
Meister	1860-1954	ETH Zürich	5.000
Weinzierl	1888-1969	Botanische Staatssammlung München	13.000

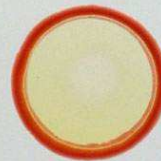
Historische Proben

Fr. Hustedt
R.S. 6904.
Schluchsee,
Schwarzwald. 1898.
~~Styria~~
BREMEN.



137/62

Dr. Fr. Hustedt
R. S.
Urfeld
Ob.-Bayern
Walchensee.
17.2.22.5t.
Bremen



137/34

Dr. Fr. Hustedt
R.S.
Steinhuder Meer
Grund. 4.7.97.
1940.5.
BREMEN



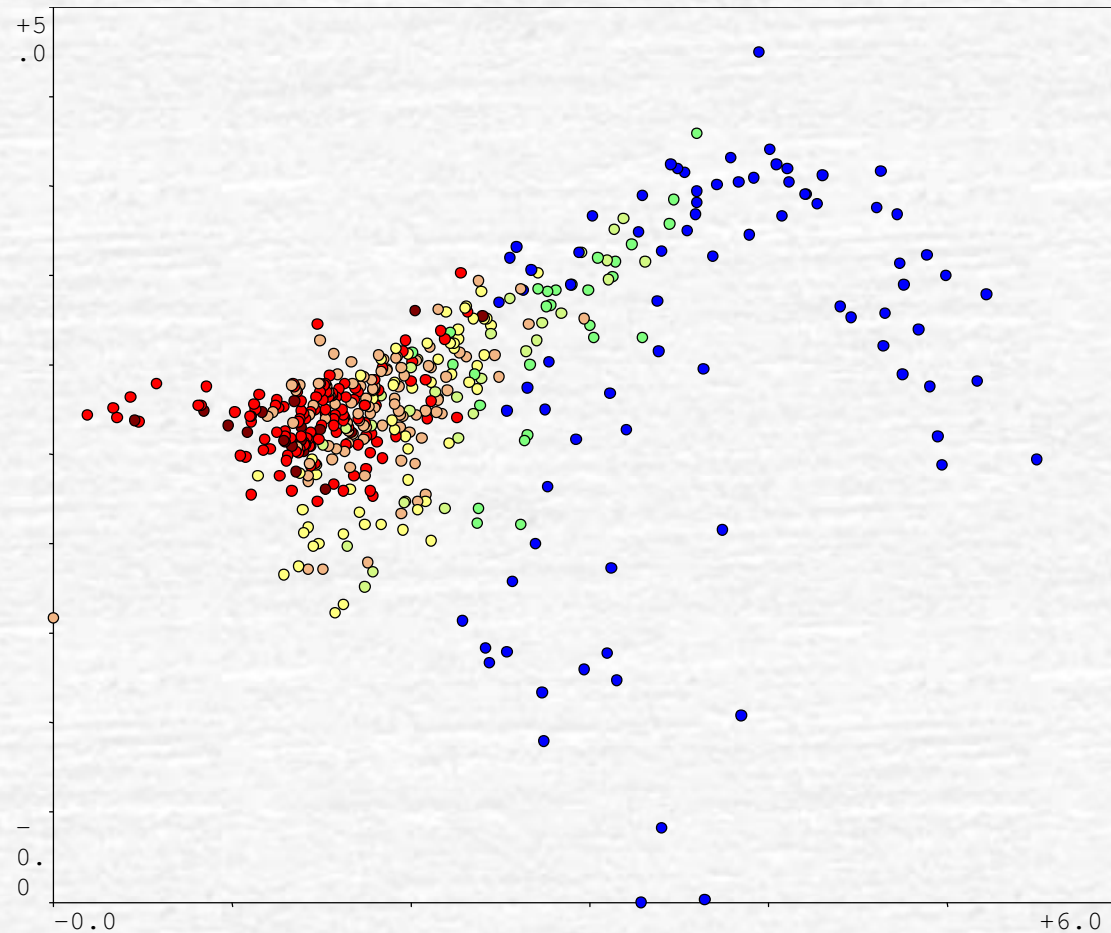
33/71

Rote Liste-Arten im Schluchsee im Vergleich der Jahre 1898 und 2000

	Gefährdungskategorie				Summe
	Vom Aussterben bedroht (1)	Stark gefährdet (2)	Gefährdet (3)	Gefährdung anzunehmen (G)	
1898	3	4	7	7	21
2000	1	–	–	–	1

Korrespondenzanalyse aller untersuchten Fließgewässerstellen

blau	oligotroph
grün	mesotroph
hellgrün	eutroph
gelb	eu-polytroph
rosa	polytroph
rot	poly-hypertroph
braun	hypertroph



Bewertung von Seen anhand von zwei Metrics

- ◆ Anteil der Referenzarten an der Gesamtartenzahl
- ◆ Trophie-Index nach Hofmann (1994, 1999)

Bewertung von Fließgewässern anhand von fünf Metrics

- ◆ Individuenzahl der Referenzarten (Anteil an der Gesamtindividuenzahl)
- ◆ Trophie-Index nach Rott et al. (1999)
- ◆ Saprobienindex nach Rott et al. (1997)
(große Flüsse und Ströme des Norddeutschen Tieflandes)
- ◆ Häufigkeit von Versauerungszeigern
(silikatische Gewässer des Mittelgebirges)
- ◆ Halobienindex nach Ziemann (1999)

Literatur

- Arzet, K. (1987): Diatomeen als pH-Indikatoren in subrezentem Sedimenten von Weichwasserseen. – Diss. Abt. Limnol. Innsbruck 24: 1-266.
- Coring, E. (1999): Säuregrad. In: Von Tümpling, W. & Friedrich, G. (Hrsg.): Methoden der Biologischen Gewässeruntersuchung 2: 298-305.
- Coring, E.; Hamm, A.; Schneider, S. & Hofmann, G. (1999): Durchgehendes Trophiesystem auf der Grundlage der Trophieindikation mit Kieselalgen. – DVWK Materialien 6/1999: 1-219.
- EN 13946 (2001): Standardrichtlinie zur Probenahme und Probenaufbereitung von benthischen Kieselalgen in Fließgewässern zur Abschätzung der Wasserqualität. – DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- EN 14407 (2004): Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Bestimmung, Zählung und Interpretation von benthischen Kieselalgen in Fließgewässern. – Europäisches Komitee für Normung.
- Hofmann, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. – Bibliotheca Diatomologica 30: 1-241.
- Hofmann, G. (1999): Trophiebewertung von Seen anhand von Aufwuchsdiatomeen. In: Von Tümpling, W. & Friedrich, G. (Hrsg.): Biologische Gewässeruntersuchung 2: 319-333.
- Lange-Bertalot, H. (1996): Rote Liste der Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. – Schriftenreihe f. Vegetationskunde 28: 633-678.
- Mathes, J.; Plambeck, G. & Schaumburg, J. (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: Deneke, R. & Nixdorf, B. (Hrsg.): Implementierung der EU-WRRRL in Deutschland. Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. – Aktuelle Reihe 5/2002: 15-23.
- Renberg, I. & Hellberg, T. (1982): The pH-history of lakes in southwestern Sweden as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments. – Ambio 11(1): 30-33.
- Rott, E.; Hofmann, G.; Pall, K.; Pfister, P. & Pipp, E. (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Fließgewässern in Österreich. Teil 1: Saprobienle Indikation. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1-73.
- Rott, E.; Pfister, P.; Van Dam, H.; Pall, K.; Pipp, E.; Binder, N. & Ortler, K. (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1-248.
- Schaumburg, J.; Schmedtje, U.; Köpf, B.; Schranz, C.; Schneider, S.; Meilinger, P.; Stelzer, D.; Hofmann, G.; Gutowski, A. & Foerster, J. (2004): Erarbeitung eines ökologischen Bewertungsverfahrens für Fließgewässer und Seen im Teilbereich Makrophyten und Phytobenthos zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. – Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BEO 51 – FKZ 0330033): 1-635. Handlungsanweisung unter: www.bayern.de/lfw/technik/gkd/lmn/fliessgewaesser_seen/pilot/welcome.htm
- Schmedtje, U.; Sommerhäuser, M.; Braukmann, U.; Briem, E.; Haase, P. & Hering, D. (2001): "Top down-bottom up" – Konzept einer biozönotisch begründeten Fließgewässertypologie Deutschlands. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie Tagungsbericht 2000: 147-151. Erweitert durch PHYLIB.
- Schönfelder, I.; Gelbrecht, J.; Schönfelder, J. & Steinberg, C.E.W. (2002): Relationships between littoral diatoms and their chemical environment in Northeastern German lakes and rivers. – J. Phycol. 38: 66-82.
- Wunsam, S. (1993): Diatomeen (Bacillariophyceae) als Bioindikatoren in Alpenseen. – Dissertation Universität Wien: 1-147.
- Ziemann, H. (1999): Bestimmung des Halobienindex. In: Von Tümpling, W. & Friedrich, G. (Hrsg.): Methoden der Biologischen Gewässeruntersuchung 2: 310-313.

