

Seenbewertung mit Phytoplankton nach EG-Wasserrahmenrichtlinie - Voraussetzungen und Erfahrungen

Eberhard Hoehn, Ursula Riedmüller (LBH Freiburg)

Ute Mischke (IGB Berlin)

Brigitte Nixdorf (BTU Cottbus/LS Gewässerschutz Bad Saarow)

HLUG-Veranstaltung U6/2006 28.11.2006 Wetzlar

Gefördert von: LAWA-Finanzierungsprogramm



Brandenburgische Technische Universität Cottbus



Titisee, Hochschwarzwald

➤ **Bewertung natürlicher Seen mit Phytoplankton**

Aufbau des Bewertungsverfahrens

1. Biovolumen
2. Algenklassen
3. Artenzusammensetzung (PTSI)
4. {Diatomeen im Profundal (DI-Prof)}

➤ **Methodische Vorgaben**

Probennahme

Mikroskopie

Präparation pelagischer Diatomeen

➤ **Datenmaterial im Praxistest**

Untersuchungen der einzelnen Bundesländer

Datenqualität

➤ **Ausblick**

Überarbeitung des typspezifischen Ansatz

LAWA-Projekt künstliche und stark veränderte Gewässer

- **Phytoplankton dient als Anzeiger der Nährstoffbelastung**
(Phosphateinträge in die Seen sind auch heute noch eine der Hauptbelastungsquellen!)
- Für die Bewertung der **Trophie** (Ausmaß der Primärproduktion) **als Maß für die Degradation** ist Phytoplankton geeignet.
- **Typspezifischer Ansatz** (Definition von Referenzbedingungen)
- **Typologie nach LAWA** (Mathes et al 2002)
- **Multimetrisches System**
(gewichteter Mittelwert aus Einzelmetrics)

WRRL-relevante Kenngrößen des Phytoplanktons hinsichtlich Trophiebewertung	Metric-Bezeichnung	Arbeitsgruppe
Biovolumina (Chl a-Konzentration als Orientierungsgröße)	Biomasse-Metric	Nixdorf/Mischke (BTU Cottbus/IGB)
Algengruppen (Ordnung, Klasse)	Metric „Algenklassen“: Mehrere Einzelkenngrößen für ausgewählte Bewertungsperioden und Seentypen	Nixdorf/Mischke (BTU Cottbus/IGB)
Indikatortaxa	Phytoplanktontaxa-Seen-Index (PTSI)	Hoehn/Riedmüller (LBH Freiburg)
Planktische Diatomeen im Profundal Ergänzung/Ersatz für Diatomeenanalyse in der Planktonprobe	nur für Seen in der Norddeutschen Tiefebene. DI-PROF nach Schönfelder (2004 b)	Schönfelder, Ilka

Fachliche Begleitung:

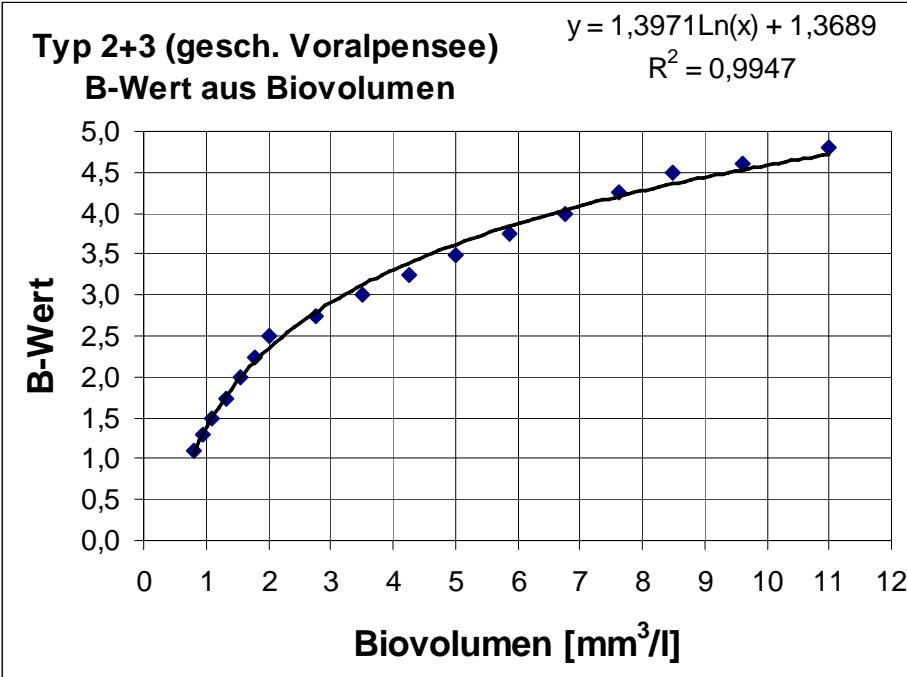
LAWA-UA „Biologische Bewertung, Seen und Interkalibrierung nach WRRL“,
Leitung Dr. Eberhard Rohde

<http://www.tu-cottbus.de/BTU/Fak4/Gewschu/>

Für alle Seentypen spezifische Anpassung des Bewertungswertes (1 bis 5) an das mittlere Biovolumen

Referenztrophie	LAWA-Typ	Bewertungswert (Biovoumen [mm ³ /l])
o	4	$y = 1,0923\text{LN}(x) + 2,2647$
o-m1	13	$y = 1,2362\text{LN}(x) + 1,8321$
o-m1	2 + 3	$y = 1,3971\text{LN}(x) + 1,3689$
m1-m2	1	$y = 1,3852\text{LN}(x) + 0,953$
m1-m2 (-e1)	10	$y = 3095x + 1,0329$
m1-m2	14	$y = 1,3979\text{LN}(x) + 0,5329$
m2-e1	11.1 + 12	$y = 1,4881\text{LN}(x) - 0,5943$
e1-e2	11.2	$y = 1,5706\text{LN}(x) - 1,3397$

Beispiel



Algenklassen-Metric

- Mittelwerte der Cyano-, Chloro- + Crypto-, Dino-, Dhrysophytes und Diatomeen von ausgewählten Perioden, mit einem Anteil des Gesamtbiovolumes (Dominanz [%]) oder "Klassenbiovolumen" [mm³/l] werden mit den Seetyp-spezifischen Werten verglichen.
- Das „Algenklassen“-Metric ist ein Mittel von 3-4 Bewertungsergebnissen aus Einzelwerten.

Beispiel Alpenregion		spezifische Algenklasse	Cyanobakterien	Chlorophyceen + Cryptophyceen	Dinophyceen	Chrysophyceen	Diatomeen
		Ausgewählte Periode	April-Oktober	April-Oktober	Juni - Juli	April-Oktober	verschieden
LAWA Seetyp	Schichtung	Ökoregion		Sonderregel: wenn Cyanobakterien < 4mm ³ /l sonst => 5			
1	polymiktisch	Voralpen	Wenn Klassenvolumen > 4 => 5 sonst siehe Chlorophyceen + Cryptophyceen	Wenn Klassenvolumen < 0,4 => 2 0,4-2,0 => 3 > 2,0 =>4	Wenn Dominanz > 15% => 2 < 15% => 3		Sept.-Okt. Wenn Dominanz > 40% => 1 40-15% => 2 <15% => 3
2 +3	geschichtet	Voralpen	Wenn Klassenvolumen > 4 => 5 sonst siehe Chlorophyceen + Cryptophyceen	Wenn Klassenvolumen < 0,1 => 1 0,1-0,4 => 2 0,4-2,0 => 3 > 2,0 =>4			Juni - Juli Wenn Dominanz > 50% => 1 50-30% => 2 30-20% => 3 20-5% => 4 < 5% => 5
4	geschichtet	Alpen	Wenn Klassenvolumen > 4 => 5 sonst siehe Chlorophyceen + Cryptophyceen	Wenn Klassenvolumen < 0,1 => 1 0,1-0,4 => 2 0,4-2,0 => 3 > 2,0 =>4	Wenn Dominanz > 10% => 2 5-10% => 3 < 5% => 4	Wenn Dominanz > 5% => 2 2-5% => 3 < 2% => 4	Sept.-Okt. Wenn Dominanz > 40% => 1 40-10% => 2 o. 3 < 10% => 4

In die Index-Berechnung gehen ein:

- Trophieankerwert (TAW) des gefundenen Taxons
- Stenökiewert
- Biovolumen-“Abundanz“ in Form einer Abundanzziffer (Abundanzklassen 1-7, angelehnt an log10-Transformation des absoluten Biovolumens)

(Formel analog zu Saprobienindex DIN oder Diatomeenindex nach Hofmann)

$$PTSI = \frac{\sum (Abundanzklasse_i \times TAW_i \times Stenökiefaktor_i)}{\sum (Abundanzklasse_i \times Stenökiefaktor_i)}$$

kritische Grenzen der Indexermittlung

Standardabweichung > 0,6

Anzahl Indikatortaxa < 4

Summe Abundanzziffern < 12

Vorwarnstufe

> 0,4

Riedmüller et al. (2006)

DGL 2005

Diatomeen aus Proben des Profundals (DI-Prof)

- Aus einer Probe des Oberflächensediments werden die Diatomeen aufbereitet
- Einmalige Probennahme, welche die vergangenen ca. 2-5 Jahre integriert
- Ermittlung der rel. Häufigkeit [%] der gefundenen Diatomeenschalen
- Für 22 pelagische Diatomeenarten wurden in Relation zum Gesamt-P Trophieoptima und Stenökiewerte für Tieflandseen ermittelt (I. Schönfelder)

In die Index-Berechnung gehen ein (für jedes Taxon der 22 Diatomeenarten):

- Dominanzwert (DOM-W) [%]
- Trophieoptimumwert (TO-PROF) [1..5]
- Gewichtungswert (G-PROF) [1..4]

$$DI - PROF = \frac{\sum (\sqrt{DOM - W_i} \times TO - PROF_i \times G - PROF_i)}{\sum (\sqrt{DOM - W_i} \times G - PROF_i)}$$

I. Schönfelder
(2003/2004)

Verschneidung der Einzelmetrics

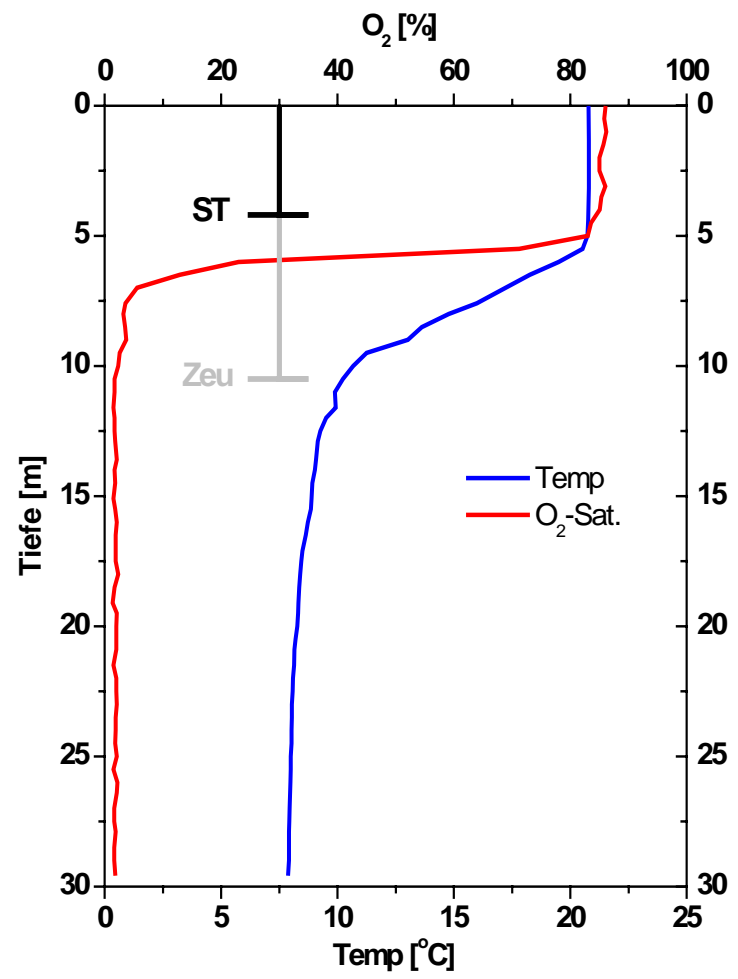
Metric	Vorteile	Nachteile
1 „Gesamtbiovolumen“	Korreliert für TL-Seen eng mit LAWA-Trophie-Index	Da bisher Zellvoluminabestimmung nicht standardisiert, sind große Fehlbestimmungen möglich. Werte überlappen sich in den Degradationsklassen für Typ 4 und Typ 13 stark. Bewertungsgröße ist nicht allein von Trophie, sondern auch von Nahrungsnetzbeziehungen und Konkurrenz zu Makrophyten stark abhängig.
2 „Algenklassen“	Geringe Fachkenntnisse erforderlich Prognosegenauigkeit für TL-Seen hoch	Bewertet in den A+VA-Seen ungenauer als in den Tieflandseen Es reagieren nie alle Arten einer Gruppe in die gleiche Richtung, deshalb immer Streuung der Werte je Degradationsklasse möglich
3 PTSI-Verfahren	Bewertung von Einzelterminen möglich Prognosegenauigkeit für A+VA-Seen sowie für Seen des oligo- bis leicht eutrophen Bereichs des Tieflandes hoch	Bewertet in den ungeschichteten TL-Seen ungenauer als in den A+VA-Seen und den TL-Seen Typ 13. kein Nachteil des Metric, jedoch gute Fachkenntnis zur Determination nötig
4 „Profundalدياتomeen“	Einmalige, einfache Beprobung	Gilt nur für Tieflandseen zeitlich unscharf, da eine Sedimentoberflächenprobe ca. 5 Jahre integriert Noch zu geringe Anzahl an Testseen für Typ 13 und Typ 14 Gute Fachkenntnis zur Determination nötig

Für die verschiedenen Ökoregionen bzw. Seentypen unterschiedliche Gewichtung

- **Mindestens 6 mal pro Jahr, davon 4 mal zwischen Mai and September**
- **polymiktische Seen:**
Integral-Probe von Wasseroberfläche bis 1 m Grund, maximal 6 m tief
- **mono-dimiktische geschichtete Seen**
 - a) **Wenn $Z_{eu} < Z_{epi}$ dann Integral-Probe des Epilimnions**
 - b) **Wenn $Z_{eu} > Z_{epi}$ dann Integral-Probe der euphotischen Zone**
($Z_{eu} = 2,5 * \text{Sichttiefe}$)
 - c) **Zur Vollzirkulation nicht tiefer als 20 m**
- **Fixierung:**
 - **250 ml für Utermöhl-Mikroskopie, Lugol mit Na-Acetat**
 - **1000 ml für Diatomeen, Formalin 4% (oder EtOH, nur begrenzt lagerfähig)**

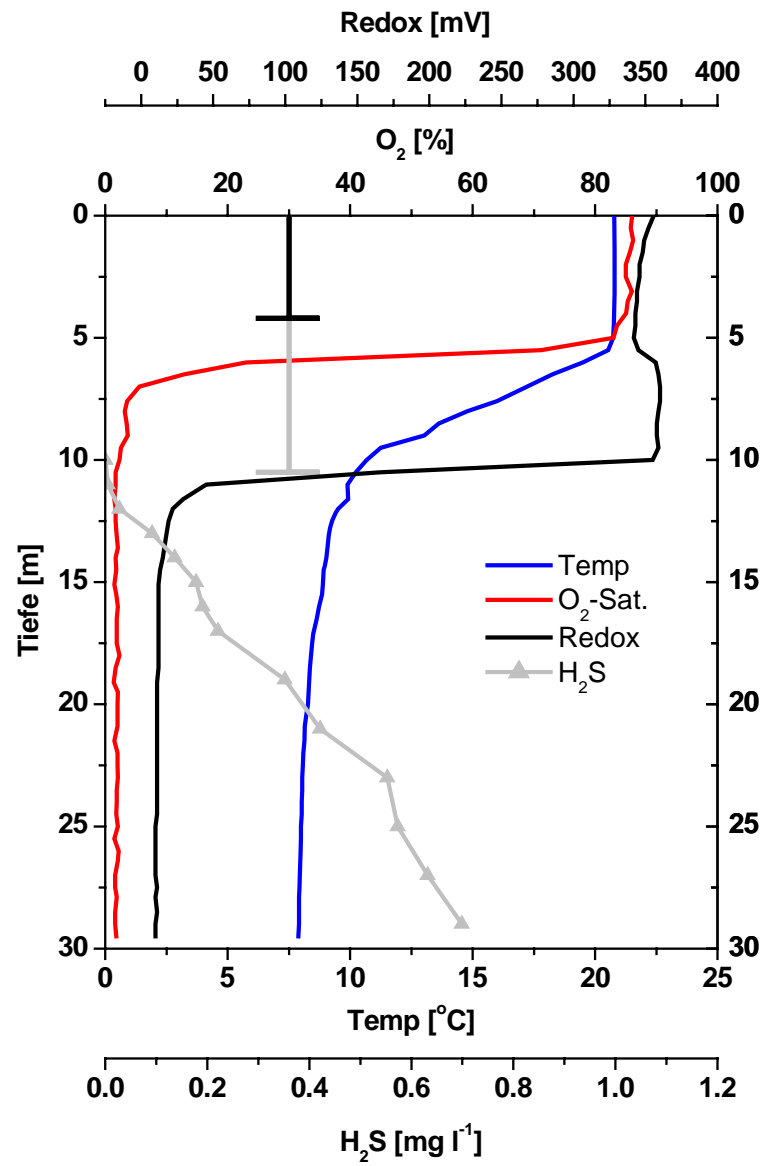
Tiefenprofil (Beispiel Scharmützelsee)

ST = 4,2 m
Z_{eu} = 10,5 m



Tiefenprofil Redox und H₂S (Beispiel Scharmützelsee)

H₂S-Zone beginnt bei
Z_{eu} bzw. E_h < 30 mV



Tiefenprofil DCM (Beispiel Scharmützelsee)

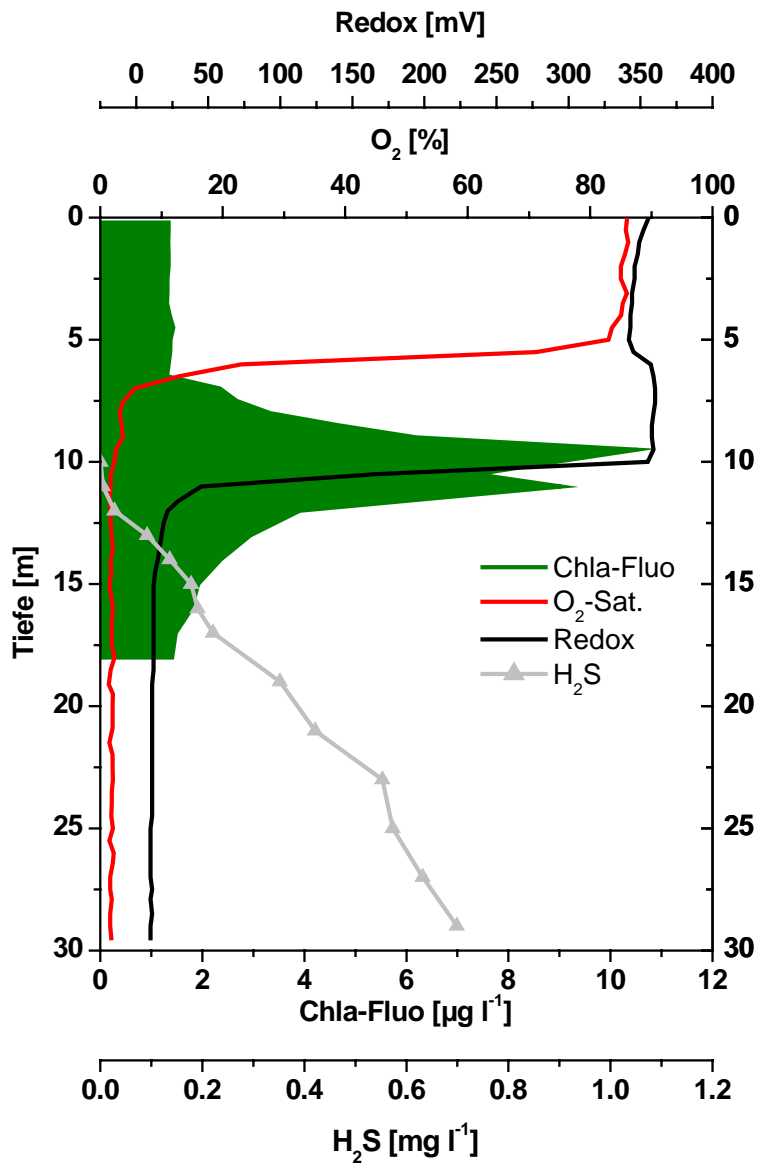
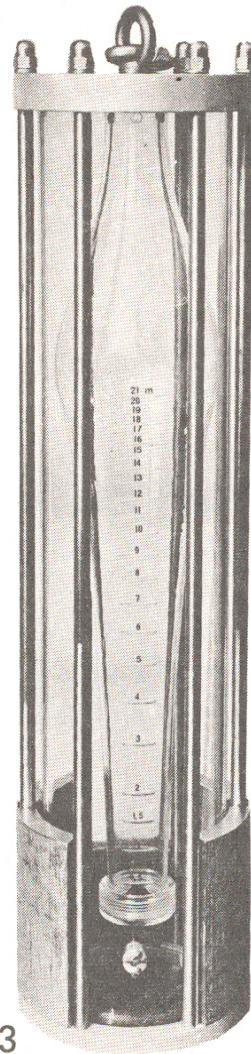




Abb. 3



Europäische Normung (DIN / CEN)

- prEN 15204: Water quality — Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique). Initiator: NL
- Draft proposal: Phytoplankton biovolume determination using inverted microscopy (Utermöhl technique). Initiator: D
- Draft proposal: Guidance on quantitative and qualitative sampling of phytoplankton from inland waters. Initiator: D
- Draft proposal: Standard parameters for the general inspection, characterisation and interpretation of hydro-morphological properties of lakes. Initiator: D

Entwurf Probennahme von Phytoplankton + Chlorophyll:

- lückenlose Probe der Wassersäule aus der euphotischen Zone bzw. dem Epilimnion (max. 20 m).
- d. h. nur mit Integralschöpfer oder Rohrschöpfer, keine Mischung von (lückenhaften) Einzelproben.
- Entscheidung ob euphotische Zone oder Epilimnion nur anhand von Temperatur-Tiefenprofil und Sichttiefe unabhängig vom „Mixistyp“.
- d. h. wenn $Z_{eu} > Z_{mix}$ und H_2S im Hypolimnion Chemieprobe aus Epilimnion (Z_{mix}).

System Pauli



Mikroskopie -Vorschrift

- Mindestens 400 Objekte zählen mit Utermöhl-Technik
- Mindestens 15 – 20 Taxa (in ultraoligotrophen artenarmen Seen mindestens 9 Taxa)
- Zählung bei 2 verschiedenen Vergrößerungen:
 - a) 400x, mindestens 2 Zähltransekte
 - b) 100-200x, gesamte Zählkammerfläche (mindestens halbe Kammerfläche)
- Arten mit hoher Größenvariabilität müssen in Größenklassen gezählt und vermessen werden
- Für Arten mit geringer Größenvariabilität dürfen ggf. Standard-Biovolumen verwendet werden
- Die Diatomeenbestimmung muss mit gesonderten Objektträger-Präparaten (Vergrößerung 1000x, Öl-Immersion) erfolgen. Die relative Häufigkeit aller gefundenen Diatomeentaxa wird auf die Utermöhl-Zählung der selben Größenklasse übertragen um die absolute Zellzahl zu erhalten
- Die Bestimmung muss nach einer Mindestbestimmbarkeitsliste erfolgen, in der neben dem taxonomischen Niveau das Standard-Biovolumen aufgeführt ist
Mischke, U.: Harmonisierte Phytoplankton-Taxaliste für Bewertung von Seen und Flüssen nach EU-WRRL <http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/> (13.03.2006).

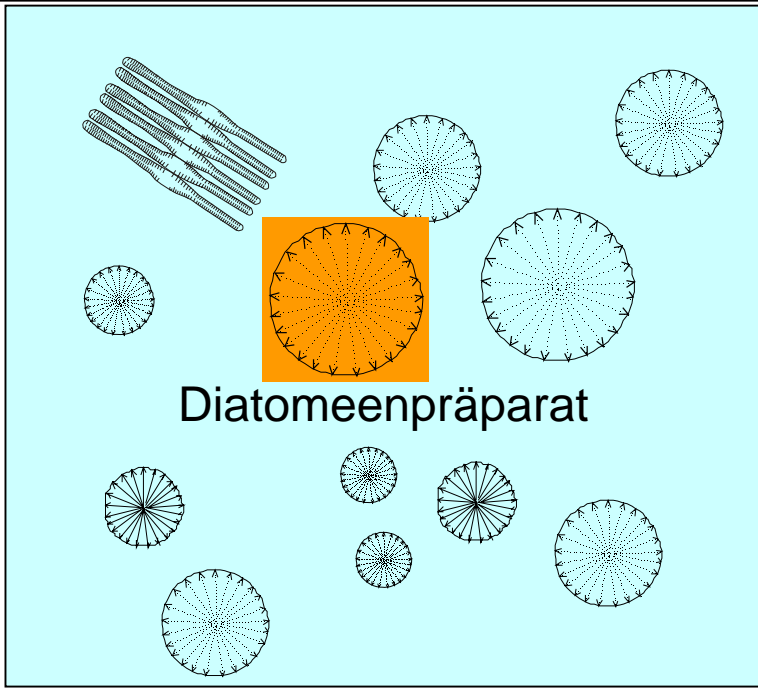
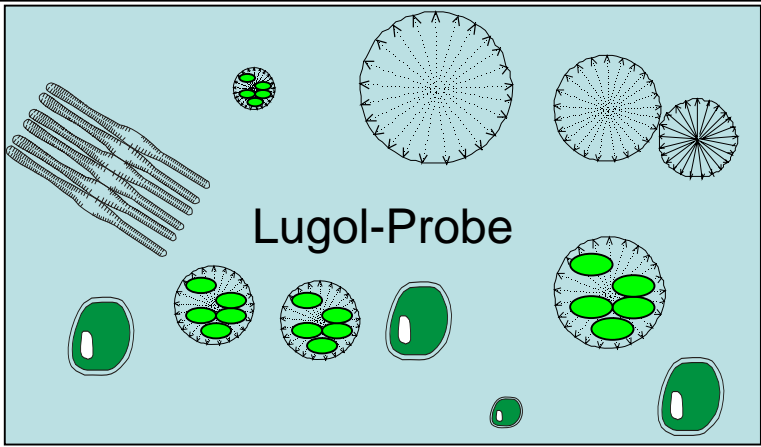
Problem

- In Lugol-Probe (quantitativ) werden nur „lebende Zellen“ (mit Protoplast) in den Größenklassen aufgenommen
- Im Diatomeenpräparat keine Unterscheidung

Großer Anteil toter Zellen kann zu nicht besetzten Größenklassen bei Zählraten führen

Festlegung: Größenklassen der quantitativen Probe sind maßgebend. Nur auf diese wird die relative Zusammensetzung der Diatomeenarten übertragen, die am Schalenpräparat ermittelt wurden

Transfer Diatomeenanalyse auf quantitative Befunde der Lugol-Probe



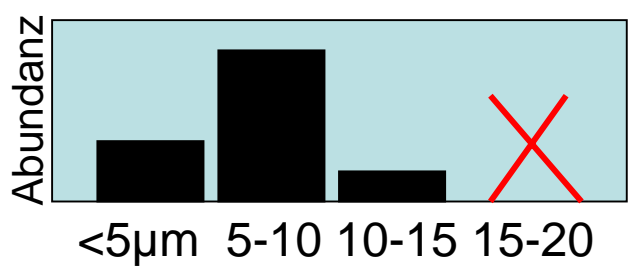
Mind. 400 Objekte

Davon solitäre Centrales z. Bsp.:

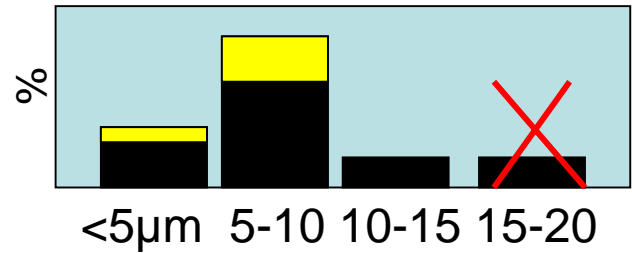
40% Biovol. (mind. 120 Objekte)

20% leere Schalen ignoriert

200 Schalen solitäre Centrales – größere Stichprobe – **incl. leere Schalen!**



Übertragung Zusammensetzung möglich



Diatomeenanalyse in Größenklassen nötig?

Kritik zu pelagischen Diatomeen:

Aufwand für Erfassung in 5µm-Größenklassen in Schalenpräparaten und Utermöhlzählung ist sehr hoch. Überlappungen der optischen Größen, Erfassung sowohl in Utermöhl als auch im Präparat

Vorschläge aus den Bundesländern:

Verringerte Anzahl von Größenklassen **oder** die Größenklassen gänzlich weglassen und die prozentualen Häufigkeiten aus dem Schalenpräparat direkt auf „Solitäre Centrales gesamt“ der Utermöhlzählung übertragen

Folgende Probleme blieben dann bestehen:

Tote, leere Zellen und Schalen sind im Präparat nicht unterscheidbar, so dass in der Utermöhl-Zählung größere Zellen z.T. deutlich häufiger oder aber seltener gefunden wurden als im Schalenpräparat (erkennbar am Biovolumen – Chl-a – ratio)

Ohne Größenklassen können keine Standardbiovolumina für die Biovolumenbestimmung verwendet werden

Fazit: Auswertung in Größenklassen ist sinnvoll und ohne Alternative

Datenbestand im Praxistest

2005 sollten alle Bundesländer nach dem neuen Verfahren arbeiten (Praxistest)

Bundesland	Seenjahre angekündigt	Anzahl Seen angekündigt	Diatomeenanalyse der planktischen Taxa in Seenjahre	Di-Prof Anzahl Seen	Beprobungsfrequenz
Mecklenburg-Vorpommern	93	73			nur 4-5 Proben
Schleswig-Holstein	44	38	15	14 (35)	ok
Brandenburg	25	25	25	24 + (14)	Beginn erst Ende Juni
Bayern	14	14	(5)		ok
Sachsen-Anhalt	8	8	3		ok
Rheinland-Pfalz	1	1	1		ok
Hessen	4	4	2		2 ok
Baden-Württemberg	13	4	5+5 Bodensee (Utermöl mit REM-Kontrolle?)		ok
Nordrhein-Westfalen	2	2	2		ok
Summe:	204	169	61	62 (+ 49)	

Probleme:

- fehlende Diatomeenanalysen (hoher Anteil)
- Beprobung zu spät begonnen (v.a. im Tiefland)
- Weniger als 6 Beprobungen pro Jahr (v.a. im Tiefland)
- Ungenaue Bestimmung (weniger als 15 Taxa/Probe, v.a. Tiefland u. Alpen)

- **Neue Typisierung der Tieflandseen (nach Wasser-
aufenthaltszeit) erfordert eine Überarbeitung des
gesamten Bewertungsansatzes**
- **Test der Daten auf Verfahrenskonformität und Eignung für
die PTSI-Analyse**
- **Zeitplan: Voraussichtlicher Abschluss des Praxistests und
Überarbeitung des Bewertungsverfahrens im Juni 2007**

- **Talsperren, Flachspeicher, veränderte Altarme, Baggerseen, pH-neutrale Tagebauseen**
- **Datenumfang:**

Altarme	Baggerseen	Tagebauseen	Talsperren	Teiche + Flachspeicher	Gesamt
11	48 + ?	30	20 + ?	29	138 + ?

- **Vorgesehene Metrics: Gesamtbiomasse, Algenklassen, funktionelle Gruppen, taxonomische Zusammensetzung**
- **Vorgesehener Zeitrahmen: Juni 2006 – Dez. 2007**
- **Bearbeitung: LBH & BTU Cottbus**

Danke !

- **LAWA-Finanzierungsprogramm „Wasser, Boden, Abfall“**
- **LAWA-Expertenkreis „Stehende Gewässer“**
- **Mitarbeiter der Wasserwirtschaftsbehörden der Bundesländer**

Danke für die Aufmerksamkeit !