

**Bewertungsverfahren für
Seen Deutschlands
anhand des
Phytoplanktons**
**Stand April 2005, KoBio Tagung
Leipzig**

**Brigitte Nixdorf¹, Ute Mischke^{1/2},
Jacqueline Rücker, Eberhard
Hoehn³, Ursula Riedmüller³**

¹BTUCottbus, ^{1/2}IGB Berlin, ³LBH Freiburg

Ökologische Bewertung von Oberflächengewässern anhand der

- **Zusammensetzung,**
- **Abundanz und**
- **Biomasse des Phytoplanktons.**

Phytoplankton = ein sehr sensibler Indikator für Verschmutzung von Wasser (Nygaard, 1949).

Phytoplankton = Anzeiger für die Degradation hinsichtlich der Belastung „Eutrophierung“ (Järnefelt, 1952, Heinonen, 1980, Hörnström, 1981, Brettum, 1989).

Trophie = Intensität der Primärproduktion (Elster 1958)

Bearbeitungsebenen innerhalb des Projektes (6/05)

(Stand 4/2005: grün: O.K., rot: in Bearbeitung)

Metrics

Bearbeiter

1. **Literaturstudie (1999-2000)**

alle & Knopf

2. **Datenbank (DB, 2002-2004)**

Mischke

3. **Biovolumina des Phytoplanktons**

Nixdorf/Mischke

4. **Typisierung und Degradation**

4.1 **anhand der Gesamtbiomasse**

Nixdorf & Mischke

4.2 **anhand Arten**

Hoehn & Riedmüller

Operative Taxonliste verschickt

5. **Funktionelle Gruppen**

Nixdorf/ Mischke

(nach Reynolds 1997, et al. 2002)

6. **Selektion von Indikatorarten nach Brettum**

Hoehn & Riedmüller

Zuarbeit DB: Mischke

Probenahmeverordnung verschickt

Stand der Bewertung vor 2000 (Literaturrecherche):

- **Einige Verfahren existieren auf der Basis Biomasse des Phytoplanktons**
- **Gesamtartenzahl und Diversität des Phytoplanktons sind nicht zur Trophieindikation geeignet**

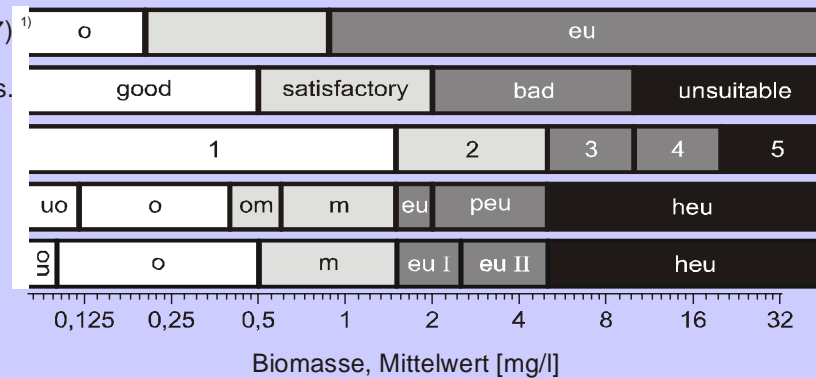
Järnefelt (1958, zit.in Hutchinson 1967) ¹⁾

Heinonen & Herve (1987), Wasservers.

TGL (1982)

Brettum (1989)

Willén (2000)



Vollenweider(1968)

Likens (1975)

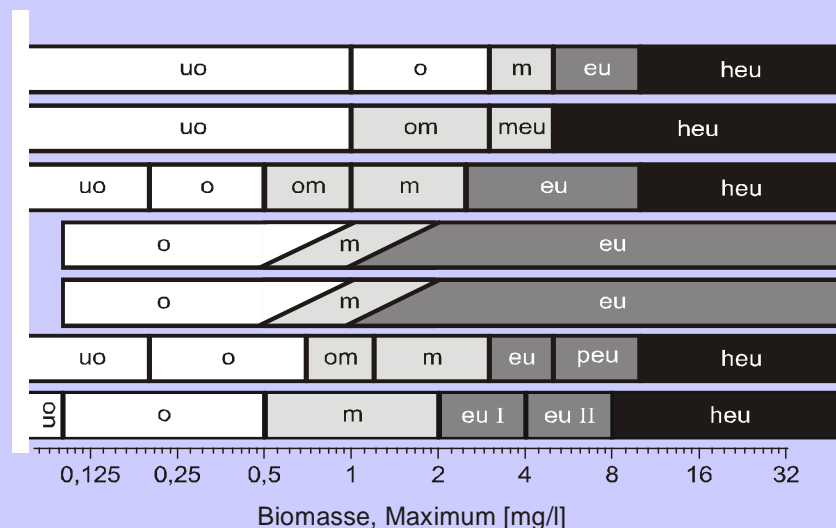
Heinonen (1980), "midsummer"

Rosén (1981), August

Rott(1984)

Brettum (1989)

Willén (2000), August



Stand der Bewertung vor 2000:

- **Wenige Ansätze zur Identifikation von trophieindikativen Taxa (meist aus Skandinavien), Vorzug für BRETTUM (1989)**

Ermittlung der Wahrscheinlichkeit p (nach Brettum, 1989), eine bestimmte Art innerhalb einer Trophiestufe anzutreffen. Diese errechnet sich wie folgt:

$$p_i = \text{Stetigkeit } (n_i/N_i) * \text{Dominanz } (v_i/V_i)$$

i = Trophiestufe

n_i = Vorkommen (presence/absence) einer Art in der Gesamtzahl der Proben einer Trophiestufe

N_i = Gesamtzahl der innerhalb einer Trophiestufe gefundenen Proben

v_i = Biovolumen einer Art in einer Probe

V_i = Gesamtbiovolumen der Probe

**Stand der Normung und Bewertung vor
2000/2004 in Deutschland:**

- ***Keine einheitliche Vorschrift zur Probenahmen und mikroskopischen Analyse des Phytoplanktons***
- ***Klassifikationsverfahren und Bewertung Trophie nach LAWA (1999)***
- ***Keine Bewertungsverfahren für Phytoplankton (außer TGL)***

Phytoplanktondatenbank Access- Datenbank

- *Seendatenbank mit über 12 000 erfassten Seen (Hemm & Jöhnk 2004)*
- **Phytoplanktondatenbank**
 - **346 Seen**
 - **Für Bewertung: Alpen- und Voralpenregion
1.001 Proben (19.882 Taxonbefunde) in 112
Jahresgängen und 50 Seen
Tiefland 1.915 Proben (35.597 Taxonbefunde) in
504 Jahresgängen und 211 Seen**
 - **Arten, Gattungen, Algenklassen und
Gesamtbiovolumina & Trophieparameter**
 - **Typisierung der Untersuchungsgewässer**

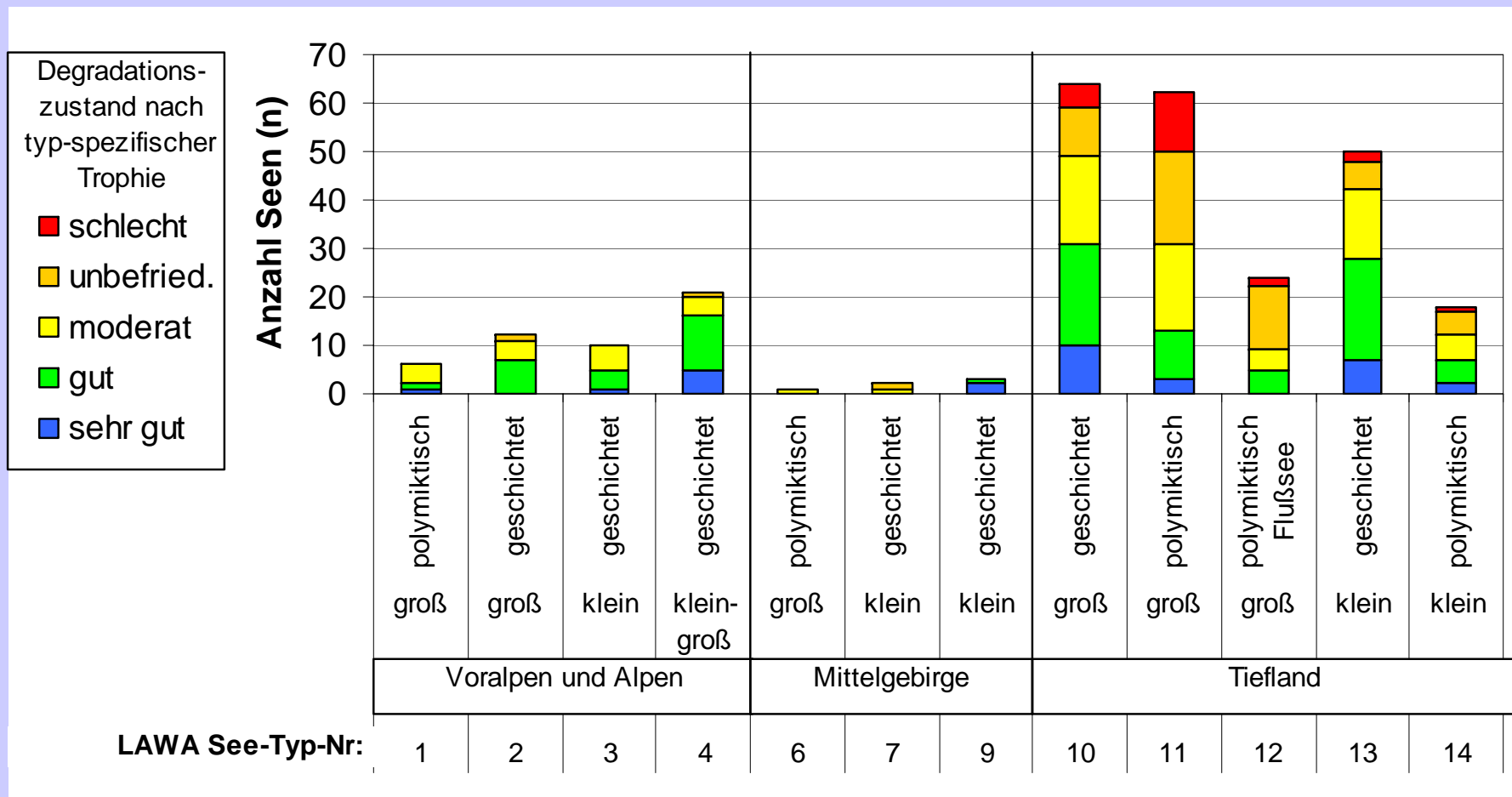
- **Phytoplanktondatenbank:**
 - **180.750 Befunde im qualifizierten* Datensatz**
**Seenjahre mit vier Probennahmeterminen und
mehr als 20 gefundenen Taxa pro See und Jahr**
 - **Abgleich der Bezeichnungen der Taxa und
sonstiger Zählkategorien (auch mit
„Bayernliste“),**
 - **Einstufung ihrer Bestimmbarkeit (&
Mindestbestimmbarkeitsliste) und**
 - **Kennzeichnung aller Datensätze hinsichtlich
ihrer Qualität und Herkunft**

- **Mindestkriterien für Phytoplanktonanalysen:**

1. **mindestens 6 Untersuchungstermine pro Jahr, davon 4 in der Vegetationsperiode (April-September) bei Flachseen mit Berücksichtigung des Spätsommers**
- 2. **mit einem ausreichenden Niveau an taxonomischer Differenzierung (>20Taxa/See; im Mittel >10 Taxa/Termin)**
- 3. **morphometrische und hydrografische Begleitdaten zur Gewässertypisierung**
- 4. **Trophiedaten zur Vorabestufung der Degradation sowie zur Integration von Trophieparametern in das Bewertungsverfahren.**
- **Vorgabe zum Bestimmungsniveau: Siehe operative Taxonliste für das Phytoplankton**

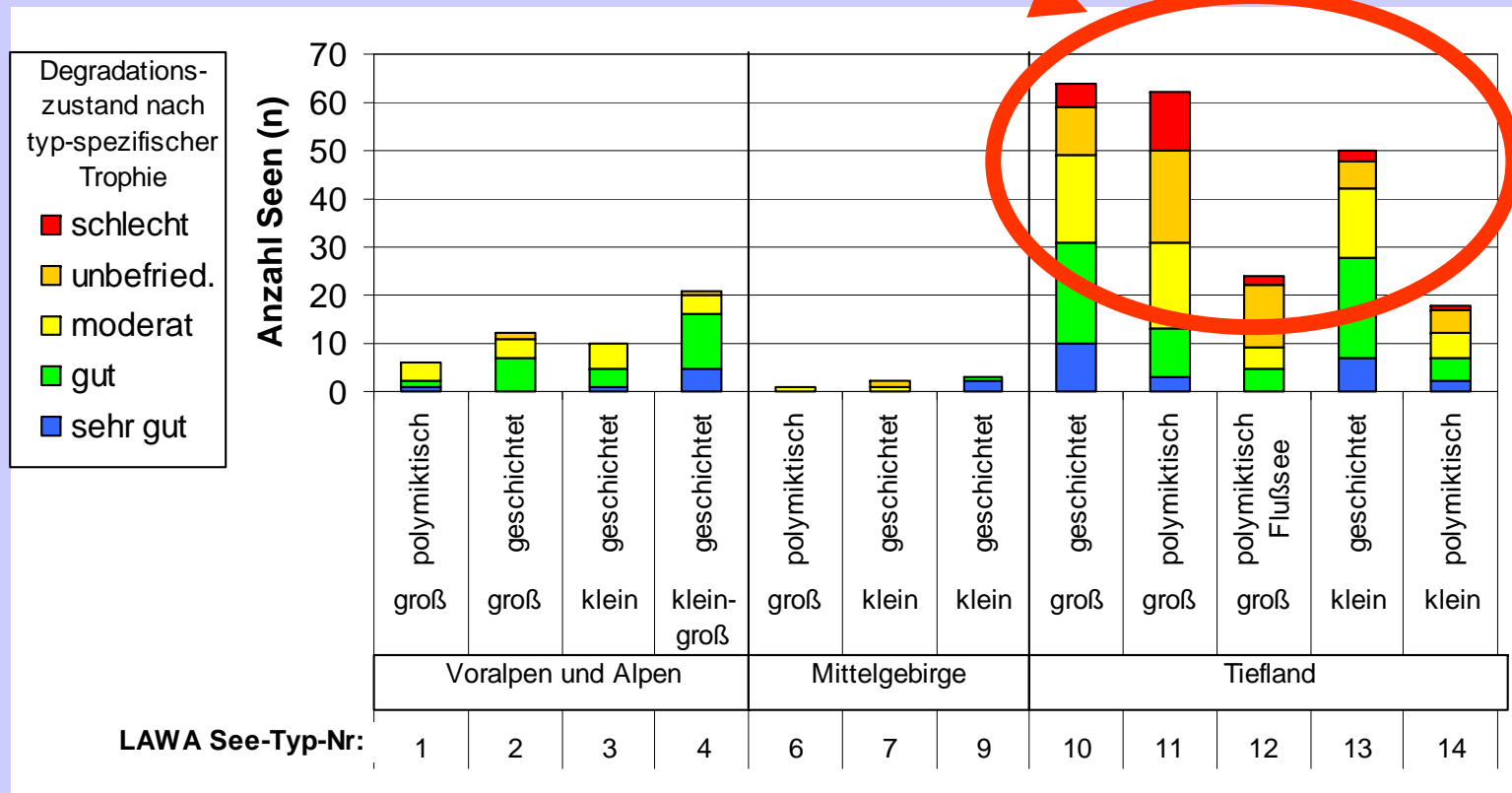
Bewertung nach Biomasse

Erste Zuordnung entsprechend der trophischen Prädegradation nach Schaumburg et al. (2003)



Bewertung nach Biomasse

kaum Referenzgewässer in der Nordd. Tiefebene
Viele Gewässer moderat bis schlecht



Lassen sich die Gewässertypen nach Mathes et al. (2002) durch unterschiedliche Biovolumina und Artengemeinschaften im Phytoplankton für die Ökoregion Alpen/Voralpen nachbilden?

	Voralpen & Alpen			
LAWA-See-Typ-Nr:	1		2 und 3 und 4	
	VQ>1,5		alle VQ	
	polymiktisch		geschichtet	
Degradationsstufe	BV	Chl a	BV	Chl a
sehr gut	<1,0	≤3	<0,6	≤4
gut	1,0-<1,5	>3-7	0,6-<1,2	>4-6
moderat	1,5-<7,0	>7-14	1,2-<3,0	>6-9
unbefried.	7,0-<11,0	14-20	3,0-<8,0	9-15
schlecht	>11	>20	>8,0	>15
Anzahl Saisonmittel	25		357	

**Nein,
Zusammenfassung
aller geschichteten
Seen (Typ 2; 3 und 4)
zu einem
Phytoplanktontyp**

Gewässertypen für die Ökoregion Norddeutsches Tiefland:

- **sehr flache Seen ($Z_{\text{mean}} < 3 \text{ m}$) = eigener Gewässertyp aufgrund ihrer erheblich höheren potentiellen Biomasse (Typ 11.2) und**
- **dimiktische Seen mit Schwefelwasserstoffentwicklung und Tiefenchlorophyllmaxima noch offen (Praxistest)**

	Tieflandseen											
LAWA-See-Typ-Nr:	10		11.1		11.2		12		13		14	
Einzugsgebiet zu Seefläche VQ	VQ >1,5		VQ >1,5		sehr flache Seen (<3m mittl. Tiefe) VQ >1,5		Flusseen VQ >1,5		VQ <1,5		VQ <1,5	
Schichtung	geschichtet		polymiktisch		polymiktisch		polymiktisch		geschichtet		polymiktisch	
Degradationsstufe	Biovolu- men= BV Chl a		BV Chl a		BV Chl a		BV Chl a		BV Chl a		BV Chl a	
sehr gut	<4,0	≤5,0	<5,0	≤15,0	<5,0	≤15,0	<5,0	≤15,0	<0,6	≤3	<1,3	≤5
gut	4,0-<8,5	>5-15	5,0-<10,0	>15-30	5,0-<13	>15-45	5,0-<10,0	>15-30	0,6-<3,5	>3-10	1,3-<5,5	>5-20
moderat	8,5-<13,0	>15-30	10,0-<14,0	>30-38	13-<18,0	>45-60	10,0-<15,0	>30-40	3,5-<5,0	>10-20	5,5-<12,0	>20-40
unbefried.	13,0-<20,0	>30-50	14,0-<30,0	>38-80	18,0-<35,0	>60-100	15,0-<25,0	>40-60	5,0-<15,0	20-45	12,0-<20,0	40-60
schlecht	>20	>50	>30	>80	>35	>100	>25	>60	>15	>45	>20	>60
Anzahl Saisonmittel	85		80		28		37		102		45	

Gewässertypen und taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons

***Schichtungsverhalten des Sees spiegelt sich in der
Artenzusammensetzung größtenteils wider.***

***'Volumenquotient' - VQ = bildet sich in den
Artengemeinschaften nicht ab.***

***In den Seentypen, welche sich lediglich in der
Austauschzeit voneinander unterscheiden (Typ 11/14
versus 12 = Flusseen), konnten bisher keine
Differenzialtaxa für den jeweiligen Typ gefunden
werden.***

Gewässertypen und Indikatortaxa Phytoplankton

ntyp-Nr.	Öko-region	Kalk-gehalt	Volumenquotient VQ (m ² /m ³)/Schichtung	Typzusammenlegung für Auswertung Phytoplankton
1	A&VA	kalkreich	VQ >1,5 / ungeschichtet (Voralpen)	Typ bleibt
2	A&VA	kalkreich	VQ >1,5 / geschichtet (Voralpen)	Typgruppe 2/3
3	A&VA	kalkreich	VQ ? 1,5 / geschichtet (Voralpen)	
4	A&VA	kalkreich	VQ ? oder > 1,5 / geschichtet (Alpen)	Typ bleibt
5	MG	kalkreich	VQ > 1,5 / geschichtet	Zusammenlegen mit den Seentypen anderer Öko-regionen nicht sinnvoll. Derzeit zu wenig Seen der Mittelgebirge in DB zur Entwicklung ein Bewertungssystems.
6	MG	kalkreich	VQ > 1,5 / ungeschichtet	
7	MG	kalkreich	VQ ? 1,5 / geschichtet	
8	MG	kalkarm	VQ > 1,5 / geschichtet	
9	MG	kalkarm	VQ ? 1,5 / geschichtet	
10	TL	kalkreich	VQ > 1,5 / geschichtet	Typgruppe 10/13
11	TL	kalkreich	VQ > 1,5 / ungeschichtet/Auf.zeit > 30 d	Typgruppe 11/14
12	TL	kalkreich	VQ > 1,5 / ungeschichtet/ Auf.zeit 3-30 d	Typ bleibt
13	TL	kalkreich	VQ ? 1,5 / geschichtet	Typgruppe 10/13
14	TL	kalkreich	VQ ? 1,5 / ungeschichtet	Typgruppe 11/14

Verbreitungspräferenz der Indikatorliste für die Alpen- und Voralpenregion (Tabellenauszug). Farbgebung gemäß LAWA-Klassifizierung (1999)

Trophie- gradient	"trophie- typische" Biozönosen	Seen-Untergruppen innerhalb eines Seentypus eingeteilt nach Referenztrophie, gruppenbildende Kriterien z.B.: zunehmender V/Q Quotient, pot. natürliche TP-Konz., paläolimnologische Erkenntnisse über Referenztrophie				
		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
fiktiv						
0,5	Taxagruppe 1	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
1	Taxagruppe 2	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
2	Taxagruppe 3	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
4	Taxagruppe 4	mäßig	gut	gut	sehr gut	sehr gut
8	Taxagruppe 5	unbefried.	mäßig	mäßig	gut	sehr gut
16	Taxagruppe 6	unbefried.	unbefried.	unbefried.	mäßig	Gut
32	Taxagruppe 7	schlecht	unbefried.	unbefried.	unbefried.	mäßig
64	Taxagruppe 8	schlecht	schlecht	schlecht	unbefried.	unbefried.
128	Taxagruppe 9	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	unbefried.
>256	Taxagruppe 10	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht

Konzept zur Bewertung von Seen mit unterschiedlicher Referenztrophie innerhalb einer Seentyps. Taxagruppen gruppieren sich entlang eines trophischen Gradienten.

Wertebereich.

Indikatortaxon Alpen und Voralpen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
oligotroph										
Bitrichia chodatii	8	7	2	2	1					
Amphora ovalis	8	5	4	1	1	1				
Dinobryon crenulatum	6	4	3	2	2	1	1	1		
mesotroph 1/2										
Cyclotella cyclopuncta		1	10	8	1					
Staurastrum pingue		6	10	4						
Cyclotella pseudostelligera		1	9	9	1					
mesotroph 3/4										
Actinastrum hantzschii					10	5	3	2		
Chlorococcum infusionum				1	10	8	1			
Pseudanabaena limnetica		1	1	3	10	4	1			
poly/hypertroph										
Planktolyngbya limnetica					1	1	2	3	4	9
Anabaena cylindrica				1	1	1	1	1	7	8
Limnothrix redekei					1	2	3	3	4	7

Trophiestufe nach LAWA / Punkteverteilung (20) nach trophischem Schwerpunkt

Indikatortaxon Tiefland geschichtet	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	Anzahl Funde Seen	Anzahl Befunde	Schwierig- keitsstufe (nach Mischke)
oligotroph													
Chroococcus distans	12	7	1								1	11	3
Cosmarium phaseolus	12	7	1								1	9	3
Cyclotella comensis	12	7	1								1	25	5
Cyclotella cyclopuncta	12	7	1								1	3	5
Cyclotella krammeri	12	7	1								1	19	5
Dinobryon bavaricum	12	7	1								2	7	2
Dinobryon cylindricum	12	6	1	1							2	3	2
Dinobryon pediforme	12	7	1								1	4	4
Mallomonas caudata	12	7	1								1	4	1
Scenedesmus costato-granulatus	12	7	1								10	40	2

Trophiestufe nach LAWA / Punkteverteilung (20) nach trophischem Schwerpunkt

Indikatortaxon Alpen + Voralpen	0,5	0,5	1	1	2	2	3	3	4	5-7	Anzahl Funde Seen	Anzahl Befunde	Schwierig- keitsstufe (nach Mischke)
oligotroph													
Bitrichia chodatii	8	7	2	2	1						25	200	3
Amphora ovalis	8	5	4	1	1	1					7	10	1
Dinobryon crenulatum	6	4	3	2	2	1	1	1			30	140	2
Cyclotella comensis	6	5	4	3	1	1					25	119	5
Nitzschia palea	5	5	4	3	3						4	7	5
Gymnodinium lantzschii	4	5	3	2	2	2	1	1			31	195	3
Dinobryon cylindricum	4	4	4	3	2	1	1	1			17	61	2
Cyclotella glomerata	3	5	4	4	2	1	1				6	11	5
Tabellaria fenestrata	2	5	4	4	3	2					25	120	3
Peridinium willei	1	6	4	3	3	2	1				17	83	3
Chlamydomonas	1	8	3	3	2	2	1				25	232	1
Cyclotella bodanica		9	3	3	3	1	1				10	69	5
Botryococcus braunii		9	3	2	2	2	2				11	53	3
Peridinium umbonatum-Komplex		8	3	3	2	2	1	1			16	89	3
Diatoma tenuis		8	6	2	1	1	1	1			6	33	5

*Integrierender
Summenschöpfer:
Zur Entnahme von
Proben aus
durchmischten
Schichten
(Epilimnion,
euphotische
Schicht...)*



Typ 10

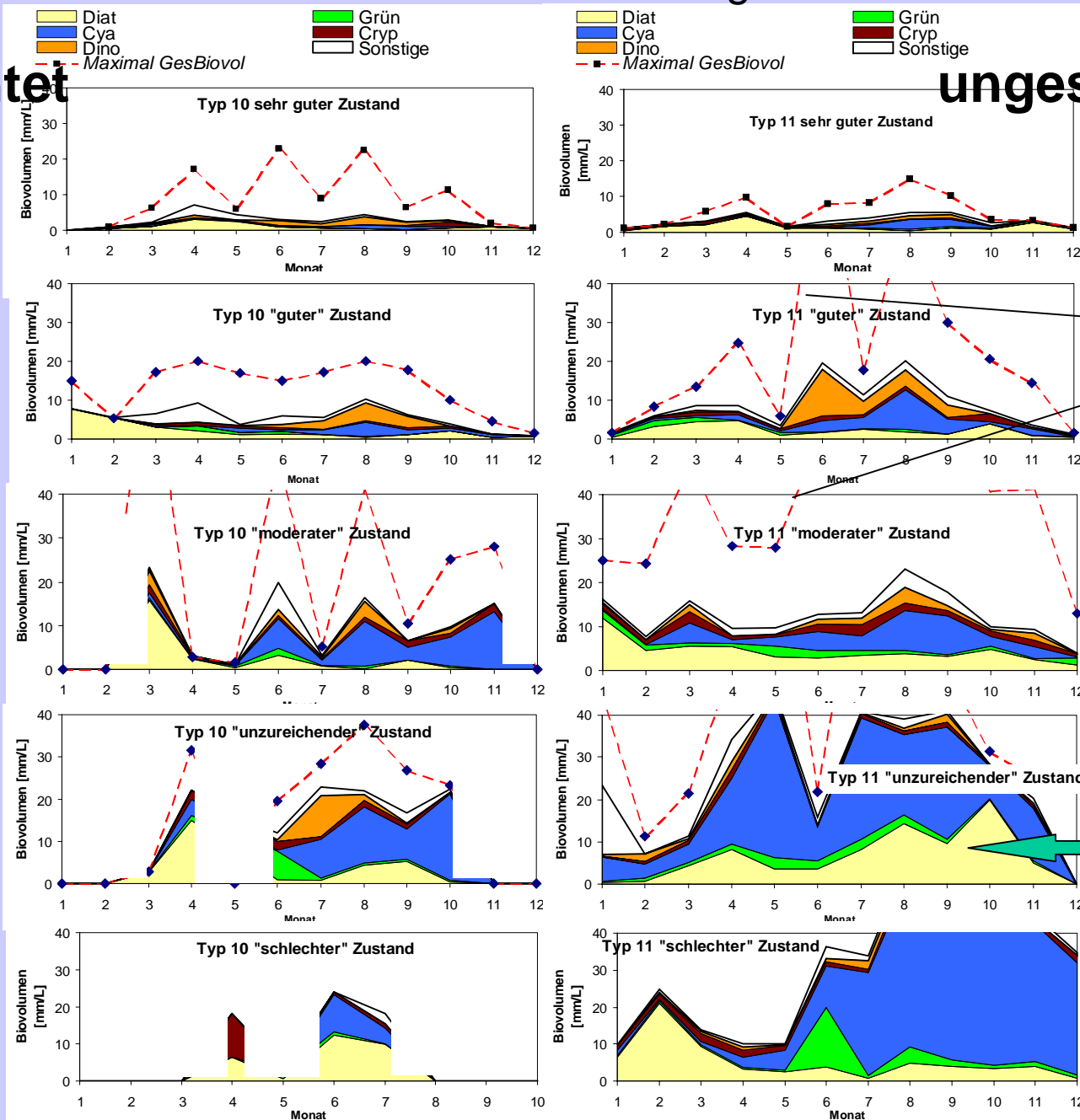
Einfluss der Schichtung

Typ 11

geschichtet

ungeschichtet

Zunehmender Degradation



Ausreißer?

Mehr Diatomeen

Ausblick/Präzisierung/Fragen für Praxistest

- **Wie viel Biomasse an Cyanobakterien lassen wir für einen guten Zustand zu?**
- **Wie erfassen wir Algenblüten/Wasserblüten?**
- **Wie bewerten wir toxische Cyanobakterien?**
- **Wie berücksichtigen wir Bi- bis Tristabilität (Scheffer 1997)?**
- **Profundalproben zur Diatomeenanalytik = zeitlich integrierendes Mittel zur Trophieindikation?**
- **Tiefenchlorophyllmaxima (DCM) und H₂S – *Degradationsstufen dimiktischer Seen erweitern und präzisieren - Praxistest***

Danksagung

LAWA/DVWK Vorhabens „Leitbildbezogenes Bewertungsverfahren für Phytoplankton in Seen“ (LAWA-Projekt-Nr.: OK 5.90)

Umweltbundesamt (UBA) sowie Ministerium für Landwirtschaft und Raumordnung des Landes Brandenburg

Daten haben geliefert

- **das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft,**
- **die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg - Institut für Seenforschung,**
- **Niedersächsisches Landesamt für Ökologie,**
- **Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern mit Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie und regionalen StAUN insbesondere das Seenprojekt Mecklenburg-Vorpommern mit vielen Mitarbeitern, Landesumweltamt Brandenburg,**
- **Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein,**
- **Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz,**
- **Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen,**

Danksagung

**Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen
Anhalt - Fachgebiet Ökologie mit StAU Magdeburg,
Umweltbundesamt/Institut WaBoLu,
Kärnter Institut für Seenforschung Klagenfurt,
Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin und
Neuglobsow,
Umweltforschungszentrum Magdeburg,
Brandenburg Technische Universität Cottbus/Bad Saarow,
Universität Greifswald - Math. Nat. Fak.,
Universität Rostock - FB Biologie AG Biophysik,
Technische Universität Berlin, Freie Universität Berlin,
Bioplan Papendorf,
Institut für angewandte Gewässerökologie/laGB GmbH Seddin,
Büro für gewässerökologische Untersuchungen Berlin, Fisch und Umwelt
Mecklenburg-Vorpommern e.V.,
Labor für Fluss- und Seenkunde Biberach,
ITOX Berlin,
LBH Freiburg sowie K. Teubner, M. Nolden & G. Eckartz-Nolden, Th.
Ehlscheid, Ch. Steinberg sowie viele andere, die hier nicht alle namentlich
genannt werden können.**

Danksagung

Wir bedanken uns vor allem bei den Kollegen, die uns in zahlreichen Diskussionen inhaltliche Hilfestellungen gegeben haben. Das betrifft insbesondere die Mitglieder des LAWA-Unterarbeitskreises „Ökologische Bewertung von Seen und Interkalibrierung Seen“.

Weiterhin möchten wir uns bei der Projektleitung von „KoBio“ ganz herzlich für die stete Unterstützung und die sehr gute Koordinierung und vor allem für den hilfreichen Informationsaustausch zwischen den Projekten bedanken.