



Bayerisches  
Landesamt  
für Wasserwirtschaft

# Makrophyten und Phytobenthos

Das nationale Bewertungsverfahren zur  
Umsetzung der EG-WRRL in Seen

[www.bayern.de/lfw/projekte/welcome.htm](http://www.bayern.de/lfw/projekte/welcome.htm)

Dr. Jochen Schaumburg  
Christine Schranz



## Projektleitung und Koordination:

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft

Dr. Jochen Schaumburg, Dipl.-Biol. Christine Schranz

## Makrophyten:

Dr. D. Stelzer, Büro Stelzer München

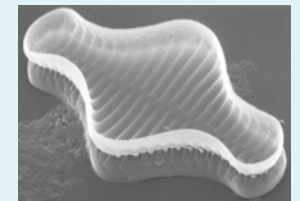
Dr. P. Meilinger, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft

Dr. S. Schneider TUM, Limnolog. Station Iffeldorf



## Benthische Diatomeen:

Dr. Gabriele Hofmann, Glashütten-Schloßborn





# Auftrag von Bund und Ländern

- Erstellung eines Bewertungsverfahrens im Sinne der EG-WRRL
- Biokomponente Makrophyten & Phytobenthos
- Fließgewässer und Seen
- bundesweit gültig und anwendbar



# Anforderungen durch die WRRL

- Makrophyten und Phytobenthos  
*eine* Komponente = benthische Flora bestehend aus makroskopischen und mikroskopischen Organismen
- typbezogen  
auf Grundlage der durch die *Biozönose* abzugrenzenden Gewässertypen
- Bewertung der taxonomischen Zusammensetzung und Abundanz  
...“Zusammensetzung und Abundanz der (sonstigen) Gewässerflora“...“Makrophyten *und* Phytobenthos“



# Entwicklung des Bewertungsverfahrens Makrophyten & Phytobenthos

- 1999: Projektbeginn
- 2000: Expertenworkshop & Literaturstudie  
(SCHMEDTJE et al. 2001)
- 2000-2002: Bundesweite Untersuchung
- 2003: Erster Entwurf Bewertungsverfahren  
(SCHAUMBURG et al. 2004, 2005)
- 2004/2005: Bundesweiter Praxistest
- 2005: Modifizierter Praxistest



# Probleme

- keine wasserwirtschaftlichen Routine
- keine bundesweit gültigen Indizes vorhanden
- keine einheitlichen Erhebungsmethoden
- wenig/keine einheitlichen Daten vorhanden
- Indikation bisher auf stoffliche Belastungen beschränkt



## Neuerhebung nach standartisiertem Verfahren

- Seen

Erstuntersuchung 2000/2001

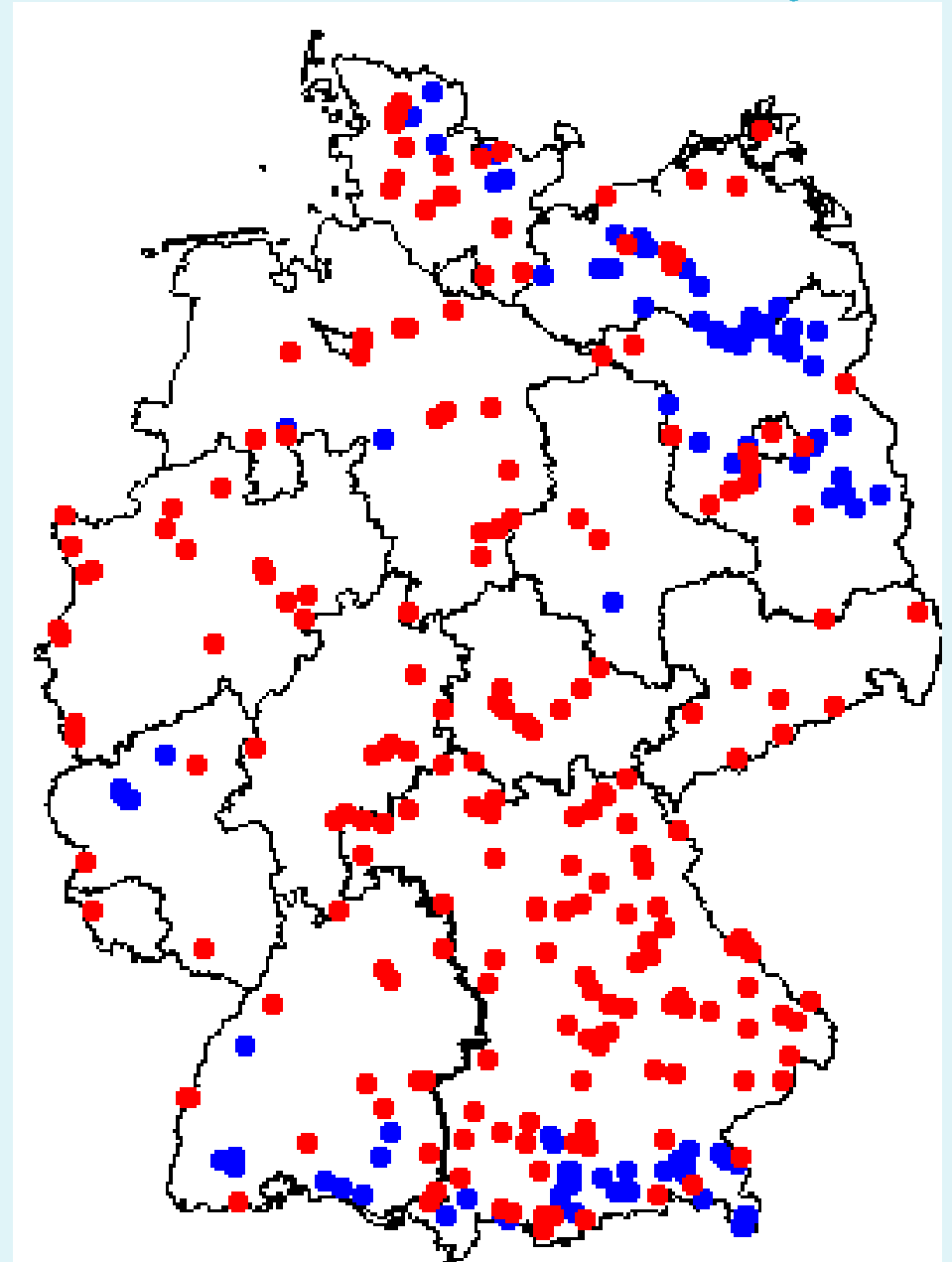
253 Stellen in 91 Seen

Daten Praxistest 2004

190 Stellen in 60 Seen

Summe bisher

443 Stellen in 151 Seen





# Kartierungsmethode

1x im Sommer

## **Empfehlung bei Erstuntersuchung:**

Tauchabschnittskartierung des gesamten Seeufers

## **bei Wiederholungsuntersuchung:**

Untersuchung ausgewählter Transekte (Auswahlschema)

- vom Ufer oder Boot: Rechen, Sighthilfe usw.
- tauchen



# Bewertungseinheit – Wasserkörper

= ganzer See oder mehrere Seebecken





# Ermittlung Makrophyten- und Phytobenthoszönose

- Kartierung eines ausgewählten Gewässertransektes senkrecht zum Ufer (M)
  - \* Breite ca. 20 – 30 m (homogene Vegetation und Struktur)
  - \* 4 Tiefenstufen
  - \* Einsatz von Boot, Sichtkasten, Rechen und Bodengreifer
  - \* Schätzen der Pflanzenmengen (1-5)
- Erhebung ausgewählter Strukturdaten
- Probenahme (D)
- Präparation (D)
- mikroskopische Auswertung (D)





# Auswahl und Anzahl von Transekten

## Anzahl in Abhängigkeit von

- Seefläche: abgestuft 2 bis 20
- Uferentwicklung: Zu- oder Abschlag bei Über- oder Unterschreitung von Grenzwerten
- Ufermorphologie bzw. Nutzungsklassen:  
je heterogener desto mehr Transekte

## Auswahl

repräsentativ entsprechend der Ufermorphologie



# Probenahme & Abundanzschätzung





# Probenahme & Abundanzschätzung





# Probenahme & Abundanzschätzung





# Probenahme & Abundanzschätzung





# Probenahme & Abundanzschätzung





# Probenahme & Abundanzschätzung





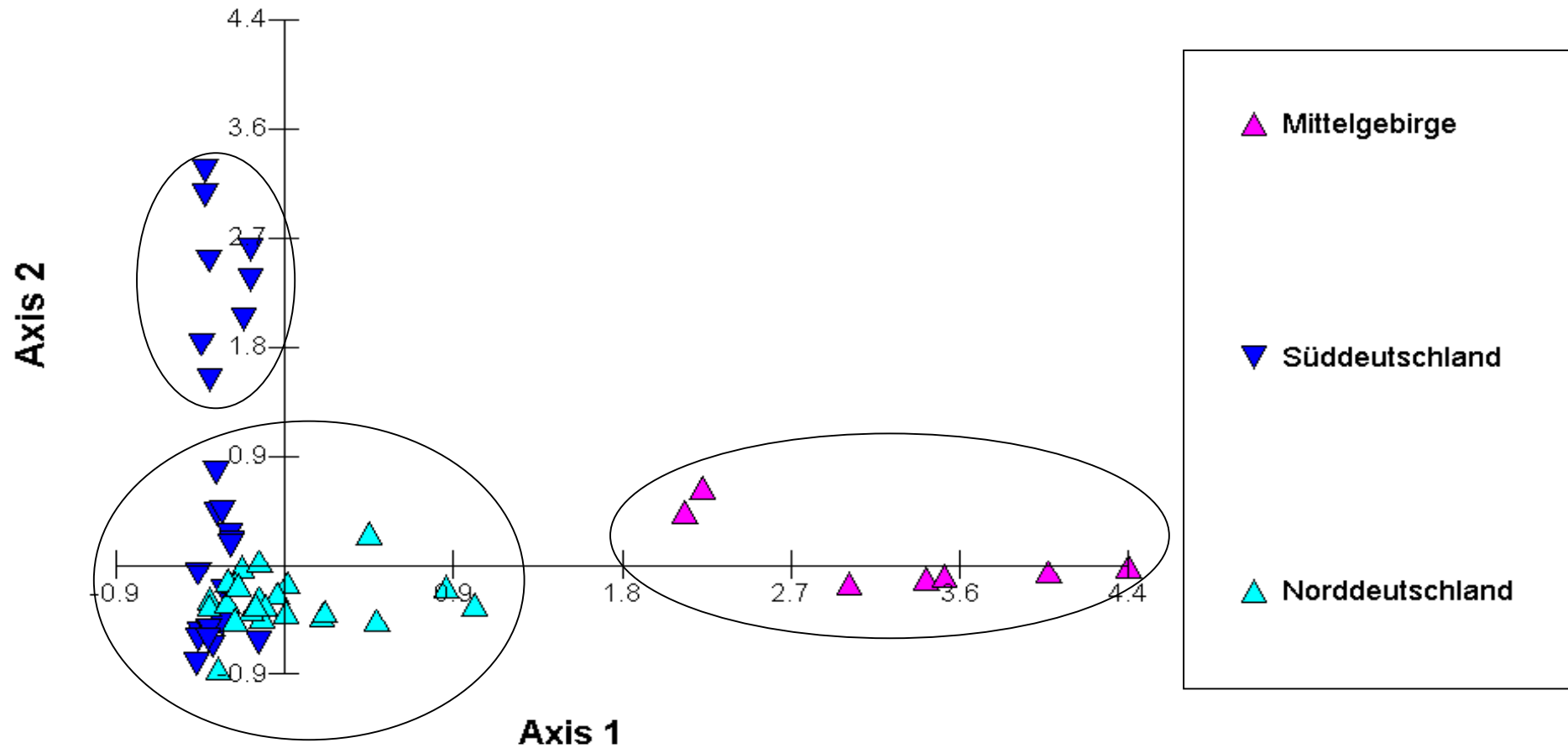
# Auswertungsschritte

- Erstellen einer biozönotischen Typologie
- Definition der typspezifischen Referenzbiozönosen
- Definition der Degradationen anhand der Abweichungen von der Referenzbiozönose
- Verrechnung der Abweichungen mit Hilfe von Indizes
- Verschneiden der Module
- Korrekturen durch Zusatzkriterien wie z.B. Versauerung, Versalzung, Dominanzen einzelner Arten



# Seetypen Korrespondenzanalyse I

CA case scores



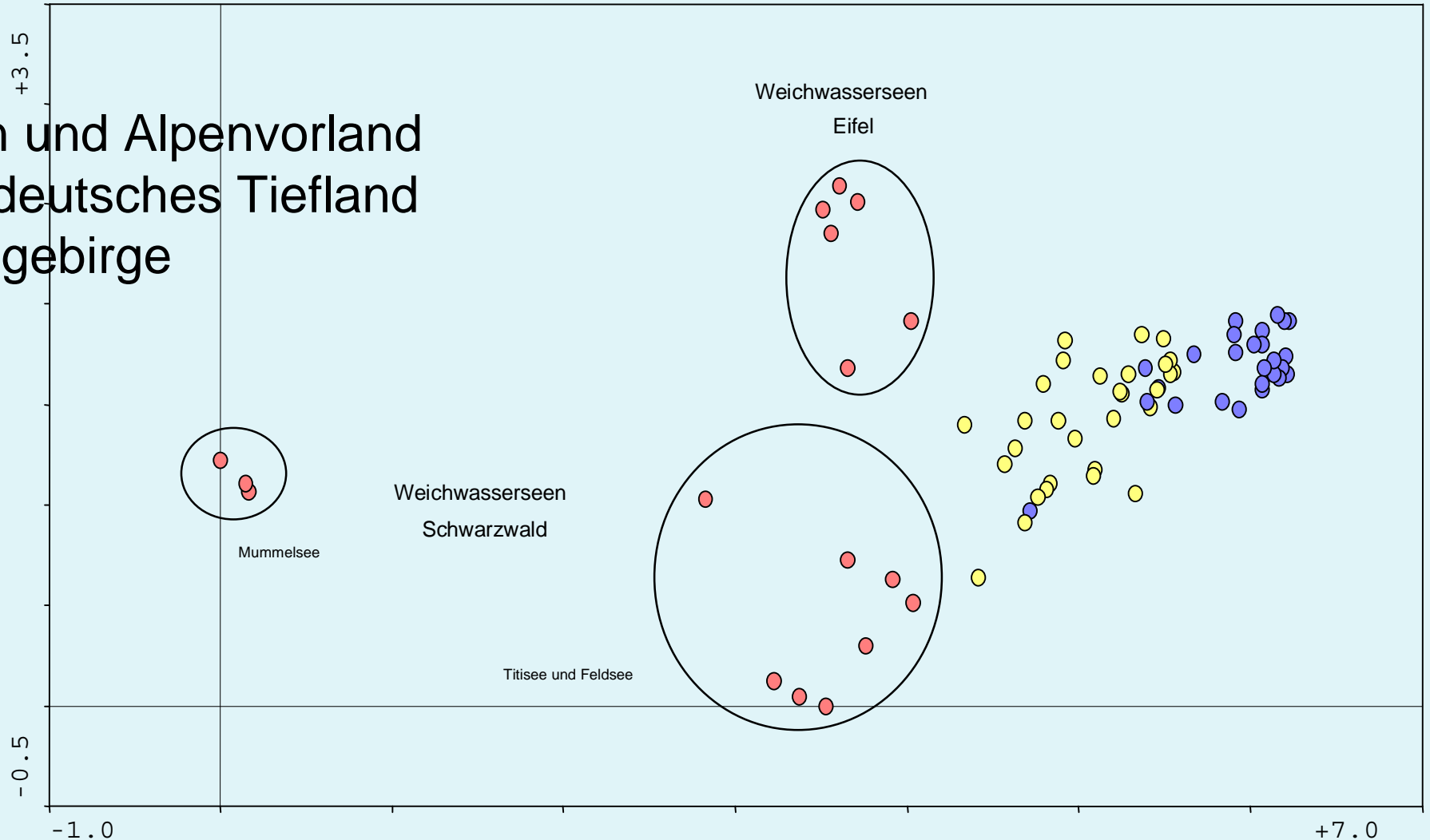




# Korrespondenzanalyse (DCA)

alle als in sehr gutem ökologischen Zustand befindlich voreingestuftes Litoralstellen

blau: Alpen und Alpenvorland  
gelb: Norddeutsches Tiefland  
rot: Mittelgebirge





# Biozönotische Seetypen bisher

Makrophyten		Diatomeen	Typen nach Mathes et al.
AK(s)	Stellen karbonatischer Seen der Alpen und des Alpenvorlandes (AK) incl. Untertyp extrem steile Stellen der karbonatischen Alpenseen (AKs)	Stellen in kalkreichen Alpen- und Voralpenseen	1 A/V: $VQ > 1,5$ / ungesch. 2 A/V: $VQ > 1,5$ / gesch. 3 A/V: $VQ \leq 1,5$ / gesch. 4 A/V: $VQ > 0 \leq 1,5$ / gesch.
	mangelnde Daten	mangelnde Daten	5 M: $CA \geq 15$ / $VQ > 1,5$ / gesch. 6 M: $CA \geq 15$ / $VQ > 1,5$ / ungesch. 7 M: $CA \geq 15$ / $VQ \leq 1,5$ / gesch. 8 M: $CA < 15$ / $VQ > 1,5$ / gesch.
MTS	Stellen silikatisch geprägter Seen der Mittelgebirge und des Tieflandes	Stellen in circumneutralen bis schwach sauren Mittelgebirgsseen Stellen in dystrophen Mittelgebirgsseen *	9 M: $CA < 15$ / $VQ \leq 1,5$ / gesch.
TKg	Stellen stabil geschichteter karbonatischer Wasserkörper des Tieflandes	Stellen in geschichteten Seen des Norddeutschen Tieflandes	10 T: $VQ > 1,5$ / gesch. 13 T: $VQ \leq 1,5$ / gesch.
TKp	Stellen polymiktischer karbonatischer Wasserkörper des Tieflandes	Stellen in ungeschichteten Seen des Norddeutschen Tieflandes mangelnde Daten	11 T: $VQ > 1,5$ / ungesch. / $> 30d$ 12 T: $VQ > 1,5$ / ungesch. / $3-30d$ 14 T: $VQ \leq 1,5$ / ungesch.

\* Referenzzustand nur anhand historischer Proben erkennbar, daher Bewertung wie die anderen Seen des Typs 9



Typen nach Mathes et al.		Makrophyten		Diatomeen	
1	A/V: $VQ > 1,5$ / ungesch.	Akp	Stellen ungeschichteter karbonatischer Seen der Alpen und des Alpenvorlandes	1	Stellen in kalkreichen Alpen- und Voralpenseen
2	A/V: $VQ > 1,5$ / gesch.	AK(s)	Stellen geschichteter karbonatischer Seen der Alpen und des Alpenvorlandes (AK) incl. Untertyp extrem steile Stellen der karbonatischen Alpenseen (AKs)		
3	A/V: $VQ \leq 1,5$ / gesch.				
4	A/V: $VQ > 0 \leq 1,5$ / gesch.				
5	M: $CA \geq 15$ / $VQ > 1,5$ / gesch.	mangelnde Daten	mangelnde Daten		mangelnde Daten
6	M: $CA \geq 15$ / $VQ > 1,5$ / ungesch.				
7	M: $CA \geq 15$ / $VQ \leq 1,5$ / gesch.				
8	M: $CA < 15$ / $VQ > 1,5$ / gesch.				
9	M: $CA < 15$ / $VQ \leq 1,5$ / gesch.	MTS	Stellen silikatisch geprägter Seen der Mittelgebirge und des Tieflandes	2	Stellen in circumneutralen bis schwach sauren Mittelgebirgsseen
				2	Stellen in dystrophen Mittelgebirgsseen
10	T: $VQ > 1,5$ / gesch.	TKg10	Stellen stabil geschichteter karbonatischer Wasserkörper des Tieflandes mit rel. großem EZG	3	Stellen in geschichteten Seen des Norddeutschen Tieflandes
13	T: $VQ \leq 1,5$ / gesch.	TKg13	Stellen stabil geschichteter karbonatischer Wasserkörper des Tieflandes mit rel. kleinem EZG		
11	T: $VQ > 1,5$ / ungesch. / $> 30d$	TKp	Stellen polymiktischer karbonatischer Wasserkörper des Tieflandes	4	Stellen in ungeschichteten Seen des Norddeutschen Tieflandes
12	T: $VQ > 1,5$ / ungesch. / $3-30d$				
14	T: $VQ \leq 1,5$ / ungesch.				mangelnde Daten

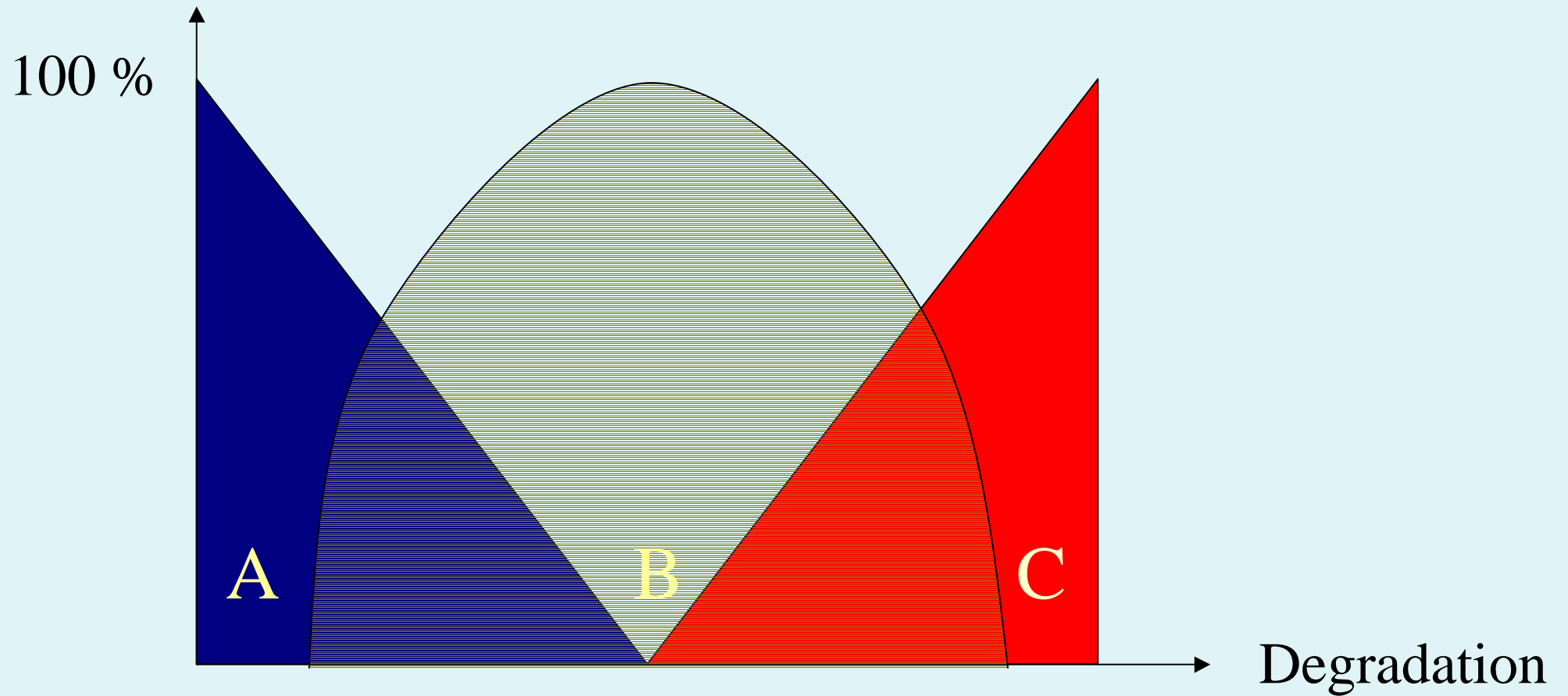


# Typkriterien Seen

- Ökoregion
- Geologie
- Einzugsgebiet
- Volumen
- Schichtung
- Verweildauer
- $\mapsto$  **Typologie nach Mathes et al. 2002**



# Bewertung mit Artengruppen





# Beispiel: Typ AK(s)

Zustand	Taxa A	Taxa B	Taxa C	Referenzindex
<b>Referenz</b>	...	...	...	100 bis 80
<b>1</b>	...	...	...	80 bis 1
<b>2</b>	...	...	...	0 bis -45
<b>3</b>	...	...	...	-44 bis -100
<b>4</b>	...	...	...	



# Makrophyten Bewertung

- Einteilung der Arten in typspezifische Gruppen, Referenzarten (A), indifferente Arten (B) und Störzeiger (C)
- Verrechnen der Arthäufigkeiten im „Referenzindex“ RI:

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}} * 100$$

RI=Referenzindex

$Q_{Ai}$ =Quantität des i-ten Taxons aus Gruppe A

$Q_{Ci}$ =Quantität des i-ten Taxons aus Gruppe C

$Q_{gi}$ =Quantität des i-ten Taxons aller Gruppen

$n_A$ =Gesamtzahl der Taxa aus Gruppe A

$n_C$ =Gesamtzahl der Taxa aus Gruppe C

$n_g$ =Gesamtzahl der Taxa aller Gruppen

- Abgleich des Ergebnisses mit relevanten Zusatzkriterien



# Diatomeen Bewertung

- Einteilung der Arten in Gruppen (A und B: Referenzarten im engeren Sinne; C: Arten mit größerer Toleranz; D: Indikatoren von Degradation)
- Berechnen des Referenzartenquotienten

$$RAQ = \frac{\text{ArtenzahlderGruppeA} - \text{ArtenzahlderGruppeC}}{\text{ArtenzahlderGruppeA} + \text{ArtenzahlderGruppeC}}$$

- Berechnen des Trophie-Index nach Hofmann



# Auswertungskriterien (Metrics)

- Artengruppen (MD)
- Makrophytenverödung (M)
- bestandbildende Arten (M)
- Trophie nach Hofmann (D)
- Referenzartenquotient (D)



# Vorgehensweise typbezogene Gesamtbewertung

## **Makrophyten:**

- Referenzindex
- Umrechnung auf Einheitsskala (0 - 1)

## **Diatomeen:**

- Referenzartenquotient
- Trophie Index nach Hofmann
- Umrechnung auf Einheitsskala (0 - 1)
- Mittelwertbildung

## **Gesamtbewertung**

- Arithm. Mittel der Teilkomponenten
- (ggf. Berücksichtigung durch typspezifische Metrics)



# Veränderungen aus dem Praxistest 2004/2005

- Typologie wurde/wird erweitert

Norddeutsches Tiefland

Makrophyten: 3 Typen + 1 Subtyp (statt 2)

jetzt 2 Typen für geschichtete Seen

1 Typ mit Subtyp für Flachseen

Diatomeen: ggf. weitere Typunterteilung

Alpen / Voralpen

Makrophyten: 2 Typen (statt 1)

geschichtete und Flachseen trennbar

- Test auch für künstliche Gewässer

- mehr Typen sind bewertbar



# Veränderungen aus dem Praxistest 2004/2005

- Artenlisten wurden/werden angepasst und ergänzt
  - Datenerhebungen Praxistest
  - Datenerhebungen Länder
  - Diskussion mit Experten
- Klassengrenzen wurden/werden angepasst
  - Datenerhebungen Praxistest
  - Diskussion mit Experten
- Test einer Überarbeitung des Trophie Index Diatomeen
- Zusatzkriterien wurden aufgenommen
  - untere Vegetationsgrenze Makrophyten



# Einbeziehung der Tiefenverbreitung der Arten

	TKg10	TKg13
Nitellopsis obtusa 0-2 m	B	B
Nitellopsis obtusa 2-4 m	A	B
Nitellopsis obtusa >4 m	A	A

Z.B. Nitellopsis obtusa:  
nach Tiefenvorkommen als  
indifferent oder als  
Gütezeiger gewertet



## Auswirkungen auf die Bewertung:

See_Transekt	TKg Zustand (alte Bewertung)	TKg10 Zustand	TKg13 Zustand
Twernsee 1 (BB)	4	2	-
Twernsee 2 (BB)	2	1	-
Groß Labenzer See 1 (MV)	3	2	
Groß Labenzer See 2 (MV)	4	3	
Stocksee 1 (SH)	4	-	3
Stocksee 2 (SH)	1	-	2

- Seen mit großem EZG werden weniger streng beurteilt
- Seen mit tiefer Vegetationsgrenze werden besser beurteilt
- Bewertung ist innerhalb eines Sees robuster, d.h. Unterschiede zwischen Stellen nehmen ab



## Typ 10

See	ÖZK alt		ÖZK neu		Kommentar
Storkower See (BB)	3	4	3	3	Bewertung TKg10 (rel. gr. EZG) weniger streng. Die Abweichung vom Referenzzustand wird jedoch nach wie vor indiziert
Twernsee (BB)	2	4	1	2	Sehr geringe Belastung im EZG. Einbeziehung der Tiefenverbreitung der Arten: Zustand wird genauer erfasst als nach der alten Bewertung
Liepnitzsee (BB)	2	4	2	3	sehr starker Badebetrieb & Campingplatz; deutl. weniger empfindliche Arten als Ref.zustand aber rel. tiefe Vegetationsgrenze. Neues Verfahren: zeigt die Belastungen an, untere Vegetationsgrenze (>5 m) wirkt positiv



## künstliche Gewässer

See	Einschätzung	ÖZK alt		ÖZK neu	
SP Borna (SN)	oligo- mesotroph	1	2	1	2
Kulkwitzsee bei Leipzig (SN)	oligotroph	2		1	

Die Bewertung von Stauseen mit starken Wasserspiegelschwankungen ist nicht möglich.





# DV-Tool

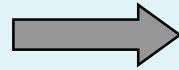
- Auftrag vergeben
- Erste Version bis Juli 2005
- Anpassung nach weiteren Erfordernissen bis Anfang 2006



# Makrophyten & Phytobenthos Multimetrischer Index

## Arten & Abundanz

C. aspera  
P. pectinatus  
P. perfoliatus  
C. cistula  
N. tripunctata  
...



## DV - Tool

### Metriks

Index-M  
Index-D  
Evenness  
% C  
TI-D  
RAQ  
...



Ökologische  
Zustands-  
klasse



# Welche Probleme & Belastungen werden indiziert?

## Allgemein integrierende Indikation

- Abweichungen von der Referenzbiozönose
  - Referenzindex Makrophyten
- Degradation der räumlichen Pflanzenstruktur
- Trophie
  - Trophie Index Diatomeen (Hofmann)
  - Referenzartenquotient

## Stoffbelastungen

- Nährstoffbelastung



# Interkalibrierung mit Österreich

## zunächst nur Makrophyten

- Datenaustausch D/A von jeweils 10 Seen
- Anwendung beider Bewertungsverfahren
- Diskussion der Ergebnisse
- Hinweise zur Anpassung der Verfahren



# Interkalibrierung mit Österreich

## zunächst nur Makrophyten

### Ergebnisse

- 76 % übereinstimmende Bewertung bezüglich Handlungsbedarf
- 16 % Handlungsbedarf nach Verfahren D
- 8 % Handlungsbedarf nach Verfahren A



# Interkalibrierung mit Österreich

## zunächst nur Makrophyten

### Fazit

Sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse trotz Unterschieden in den Verfahren, z.B.

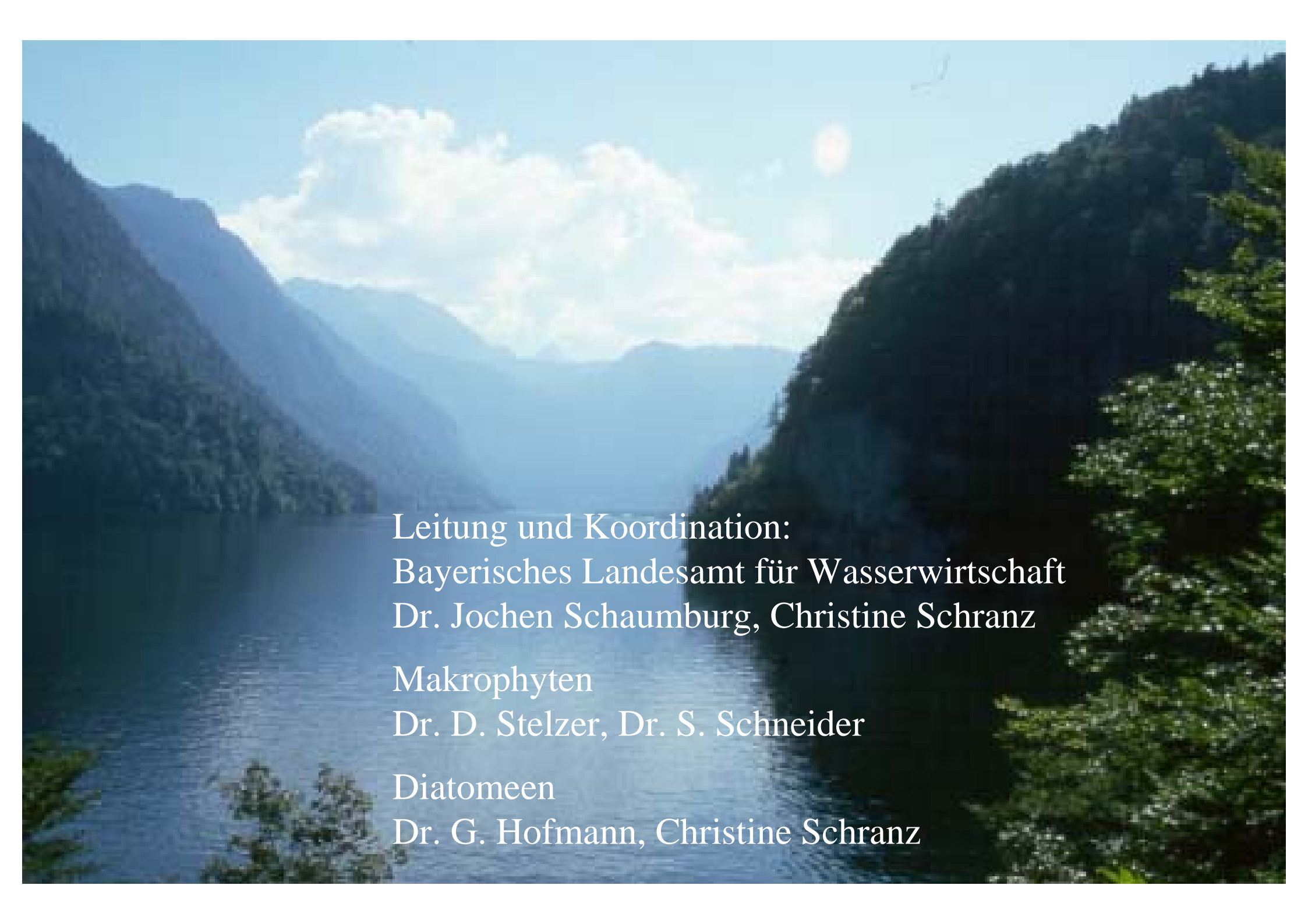
- Referenzzustände in A höhenabhängig
- verschiedene Indikatorwerte einiger Arten

nach Fertigstellung der Verfahren Abgleich der ÖZK-Grenzen 1/2 bzw. 2/3



# Wichtigste Aufgaben 2005/2006

- testen, üben, testen, üben, testen, üben.....  
durch die Anwender (Länder, sonstige)
- Schulung der Anwender
- ggf. weitere Anpassung des Verfahrens
- Anpassung des DV-Tools



Leitung und Koordination:  
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft  
Dr. Jochen Schaumburg, Christine Schranz

Makrophyten  
Dr. D. Stelzer, Dr. S. Schneider

Diatomeen  
Dr. G. Hofmann, Christine Schranz