Ökologische Bewertung innerer Küstengewässer mittels Makrophytobenthos und Phytoplankton

H. Schubert, C. Blümel, T. Rieling, U. Selig,
A.Eggert, A. Domin, M. Schubert, S. Sagert
Universität Rostock, M. Bahnwart – LANU S-H

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie - Mecklenburg-Vorpommern

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Europäische Union

Projekte der Universität Rostock zur Umsetzung der EU-WRRL (Ostsee-Küstengewässer)

ELBO-
ENTWICKLUNG VON
LEITBILDORIENTIERTEN
BEWERTUNGSGRUNDLAGEN FÜR
ÜBERGANGSGEWÄSSER DER DEUTSCHEN
OSTSEEKÜSTE (BMBF, LUNG-MV)

innere Küstengewässer MV

CHARM-
CHARACTERISATION
OF THE BALTIC SEA ECOSYSTEM:
DYNAMICS AND FUNCTION
OF COASTAL TYPES
(EUROPÄISCHE UNION)

ostseeweit äußere/innere Küstengewässer

Phytobenthos

Erarbeitung eines Klassifizierungsansatzes für die Komponente Makrophytobenthos in inneren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns

Problemstellung:

1. Typisierung
2. Referenzzustand festlegen
3. Klassifizierungsschema
4. Monitoringanforderungen

Wege zum…….. Referenzzustand

1. Vergleich mit rezent unbeeinflussten Systemen

* Seit Ende der letzten Eiszeit menschl. Einflussnahme

* Seit Ende des II. WK > Verdopplung der Bevölkerungsdichte in der Küstenregion (50 km)

* Agrarproduktion intensiviert, Zuwachs 1920 – 1989 bei ~ 180% (PP)

* Handel, Schifffahrt, Tourismus……

Nicht praktikabel……..

Wege zum…….. Referenzzustand

2. Proximatverfahren

* Analyse historischer Daten

* Expertenmeinung (Modellbildung I – „konzeptionell“)

* Extrapolation (Modellbildung II – „mechanistisch“)

Alle Verfahren laufen darauf hinaus historische Daten und „allgemeingültige“ Gesetzmäßigkeiten als proxy zu verwenden

(und ob der Computer oder der Experte hier besser ist……wer programmiert denn?)

Grundlagen zum…….. Referenzzustand

Nicht jede Beeinflussung führt dazu, dass sich das System verändert

* Konstanz (d.h. unveränderlich)
* Resistenz (d.h. Verzögerung & Dämpfung)
* Elastizität (d.h. schnelles Wiedereinstellen des Ausgangszustandes)

Vor allem aquatische ÖS an regelmässige „Katastrophen“ (Winter, Hochwasser, Trockenfallen etc.pp.) adaptiert – hohe Elastizität

Wenn beim Vergleich historischer Daten mit Daten aus unbeeinflussten Gebieten (bei Berücksichtigung klimat. Differenzen) Vergleichbarkeit besteht, kann die Situation als Referenzzustand akzeptiert werden

Unser Weg zum…….. Referenzzustand

1. Versuch einer Kombination von
   historischen Literaturangaben und Herbarmaterials

2. Vergleich der so gewonnenen Daten mit ökophysiologischen Angaben

3. Verifizierung über Vergleich mit pristinen Systemen – nur überregional möglich
   CHARM

Datenbasis

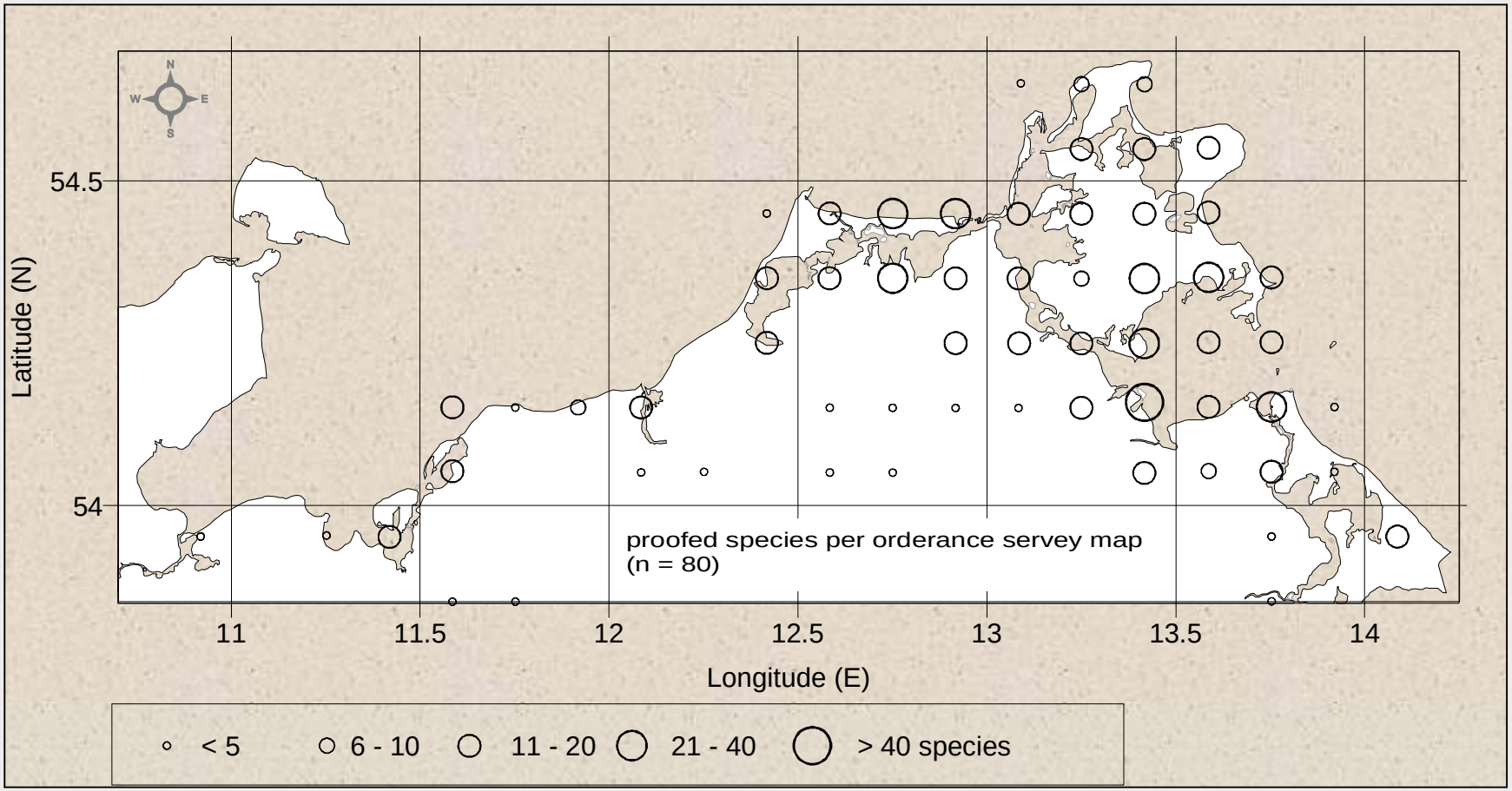
Über 8000 Herbarbelege in 7 Herbarien aufgefunden
(Kiel, Greifswald, Berlin, Waren, Stralsund, Rostock)

Da unterschiedlichster Art & Güte

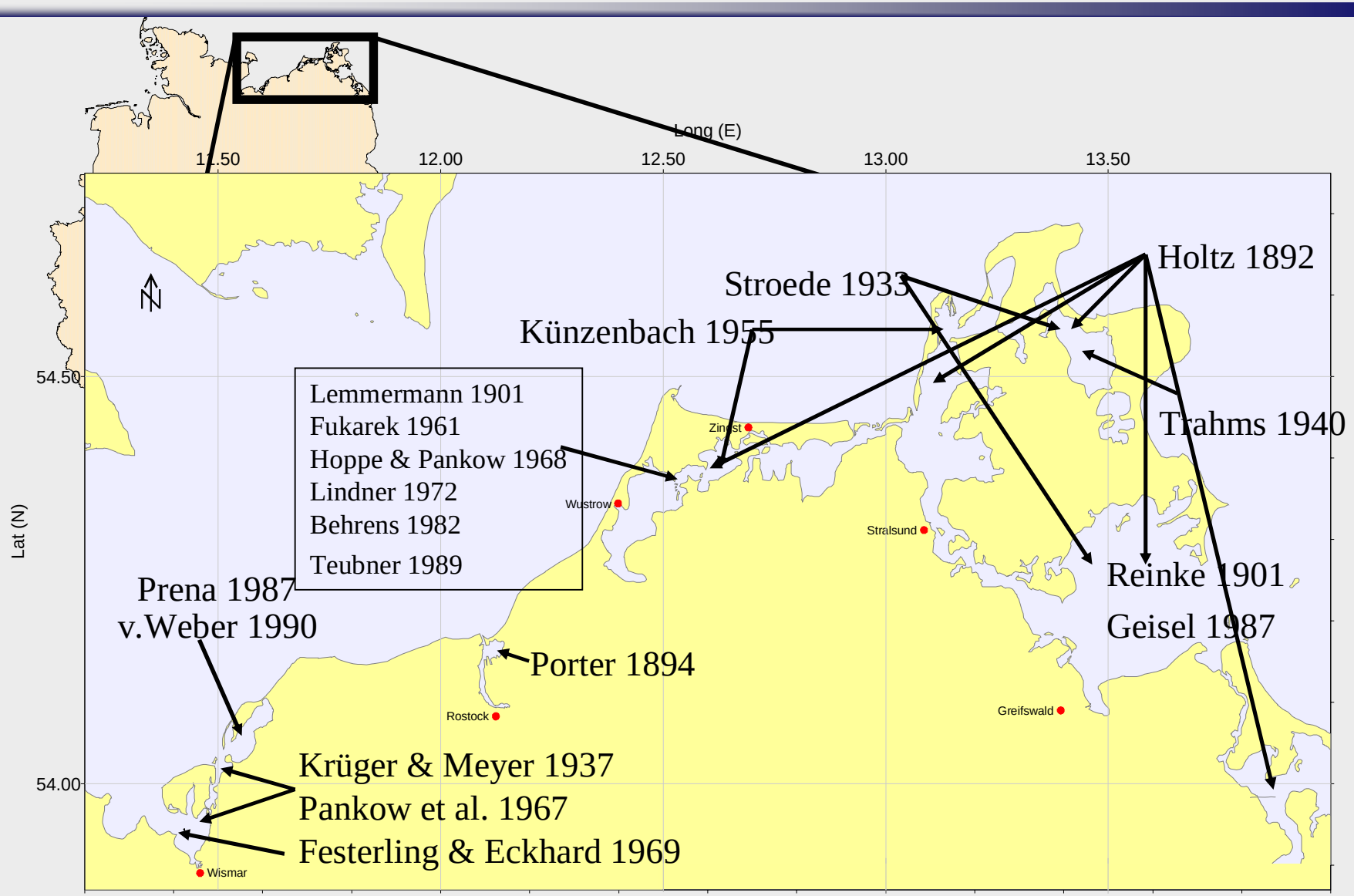
Reinke, J (1889): Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. Schmidt & Klaunig, Kiel.

Datenbasis

Anzahl der Belege je Quadrant



Datenbasis


Long (E)
11.50
12.00
12.50
13.00
13.50
54.50
54.00
Lat (N)
N
Holtz 1892
Stroede 1933
Künzenbach 1955
Trahms 1940
Lemmermann 1901
Fukarek 1961
Hoppe & Pankow 1968
Lindner 1972
Behrens 1982
Teubner 1989
Zingst
Wustrow
Stralsund
Reinke 1901
Geisel 1987
Prena 1987
v.Weber 1990
Porter 1894
Rostock
Greifswald
Krüger & Meyer 1937
Pankow et al. 1967
Festerling & Eckhard 1969
Wismar

Datenbasis

Innerhalb dieser Gebiete 14 Vegetationsformen nachweisbar,
diese 14 Vegetationsformen mussten nun
entsprechend abiot. Determinanten geordnet werden

		Salinität				UW-Licht				Substrat							Eis	
		0,5 – 3 PSU	3 – 5 PSU	5 – 8 PSU	> 8 PSU	40 % Licht	10 % Licht	1 % Licht	0,1 % Licht	Schlick	sandiger Schlick	schlickiger Sand	Sand	Kies	Geröll	Steine/Blöcke	mit Einfluß	ohne Einfluß
1	Darmtang-Bestände		D	+	+	+						[+]	[++]	+	+	+	keine historischeb Daten	
2	*Zostera noltii-Ruppia cirrhosa*-Gemeinschaft				+	+				+	+	D						
3	Bodden-Kleinarmleuchteralgen-Gemeinschaft	+	+	+		+	+			+	+	+	+					
4	Characeen-*Ruppia cirrhosa*-Gemeinschaft	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+					
5	*Ruppia cirrhosa*-Bestände	+	+	+	+	+				+	+	+	+					
6	*Najas marina*-Bestände	+	+	+		+	+			+	+	+	+					
7	Bodden-Großarmleuchteralgen-Gemeinschaft	+	+	+		+	+			+	+	+	+					
8	epilithische Grünalgen	+	+	+	+	+	D							+	+	+		
9	Characeen-*Zostera marina*-Gemeinschaft		D	+	+	+	+	+		+	+	+	+					
10	*Chaetomorpha linum*-Dreifmatte	+	+	+	+	+	D			+	+	+	+	+	+	+		
11	*Chorda filum*-Bestände			+	+	+	D	+						+	+	+		
12	epilithische Rotalgen		D	+	+	+	+	+						+	+	+		
13	*Fucus vesiculosus*-Bestände		D	+	+	+	+	+						+	+	+		
14	ohne Vegetation [1]								+								+	

1. Unterwasserlichtklima

- Tiefenausbreitung von Pflanzengemeinschaften und Arten

2. Salinität

- Vorkommen oder Fehlen von Pflanzengemeinschaften und Arten

3. Substrat

- Vorkommen oder Fehlen von Pflanzengemeinschaften und Arten

D: unzureichende Datenlage, rot: „Neuzugänge“ bzw. Streichungen

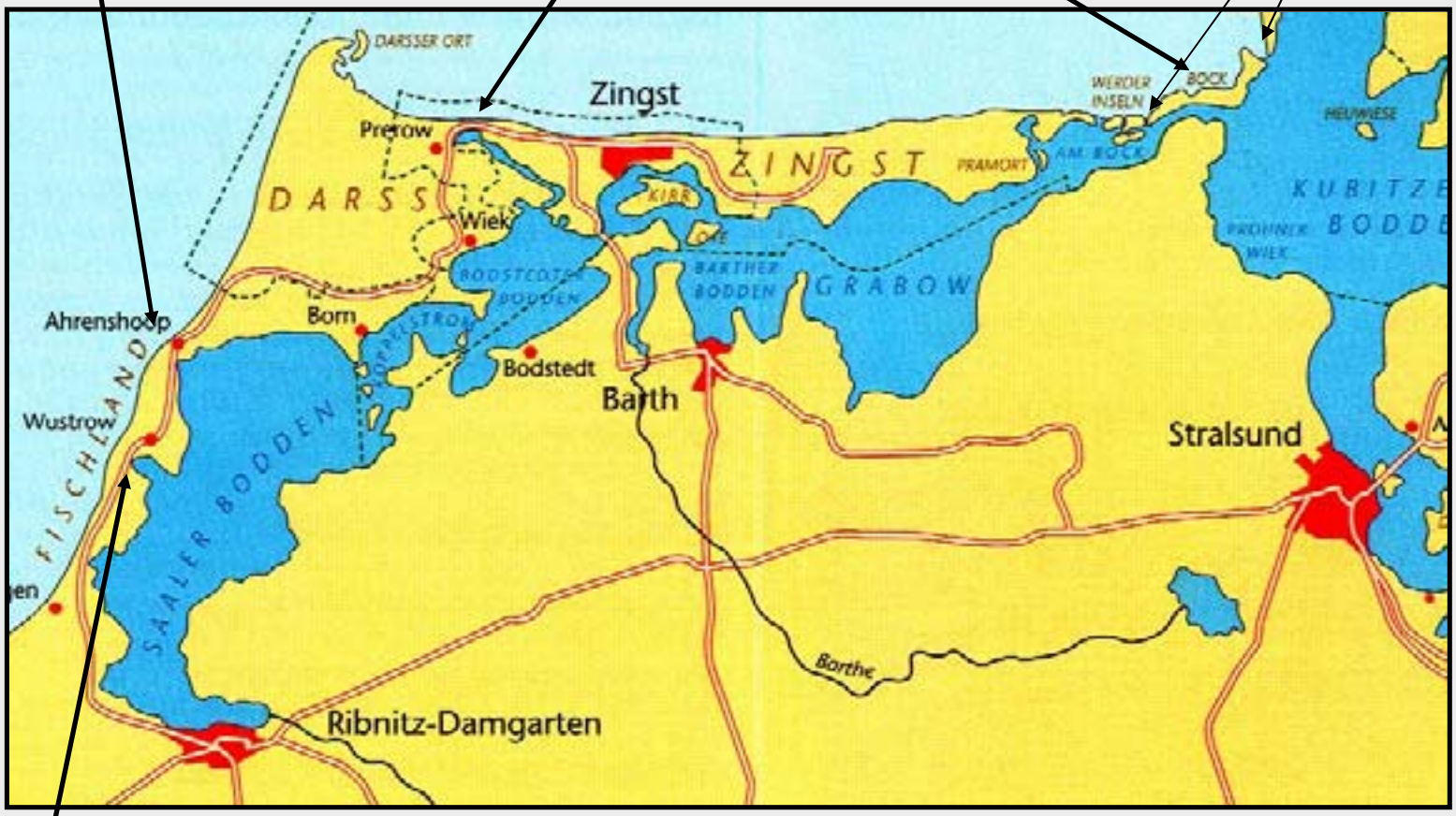
Streichungen?

(opened by storm 1304 ?)

„Darsser Kanal“ (Loop) ca. 1600

Prerowstrom 1874

Deposition since 1929



„Permin“ 1395

Referenzbedingungen

Darß-Zingster Boddenkette Ost – Grabow							
Stammeigenschaften	**Vegetationsbedeckung:** **(96) > 90 %**			**uMg:** **3,5 m**		**Salinität:** **(6,6) 5 - 8 PSU**	
	Schlick	**sandiger Schlick**	**schlickiger Sand**	**Sand**	**Kies**	**Geröll**	**Block**
100% **0 m** **85%** **0,1 m**	• *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Ruppia cirrhosa*-B.				• *Chaetomorpha*-Driftmatten • Darmtang-G. *(Enteromorpha, Monostroma, Ulva, Ulvaria, Ulvopsis)* [1] • epilithische Grünalgen *(Cladophora)*		
85% **0,1 m** **40%** **0,7 m**	• Bodden-Kleinarmleuchteralgen-G. • Characeen-*Ruppia cirrhosa*-G. • *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Chorda filum*-B. (epiphytisch) • *Myriophyllum spicatum* • *Potamogeton pectinatus*				• *Chaetomorpha*-Driftmatten • epilithische Grünalgen *(Cladophora)*		
40% **0,7 m** **10%** **1,7 m**	• Bodden-Kleinarmleuchteralgen-G. • Characeen-*Ruppia cirrhosa*-G. • Characeen-*Zostera marina*-G. • *Najas marina*-B. • *Myriophyllum spicatum* • *Potamogeton pectinatus*						
10% **1,7 m** **1%** **3,5 m**	• Bodden-Kleinarmleuchteralgen-G. • Characeen-*Zostera marina*-G. • *Najas marina*-B. • *Myriophyllum spicatum* • *Potamogeton pectinatus*						
1% **3,5 m** **0,1%** **5,2 m**	vegetationsfrei						

Aus den V ationsformen wurden, entsprechend ihrer Zuordnung zu einer Determinante, die Referenzbedingungen der einzel Wasserkörper rekonstruiert

Verbl ende Probleme:

1. Ve ierung des Lichtmodells

2. Ta omische Unsicherheiten

Klassifizierung

Die Klassifizierung erfordert eine Beschreibung der Degradationszustände

- und zwar in messbarer Form –

„Freihändig“ ausdenken am grünen Tisch? ……..„expert opinion“….

Oder gibt es dafür Grundlagen?

Klassifizierung……..Grundlagen 1

Das System weist nach Überschreitung der Konstanzschwelle
eine bestimmte Trägheit "Resistenz" auf,
wird diese durchbrochen, kommt die Elastizität ins Spiel

1. Nicht jede Einflussnahme muss auch zu einer Rkk führen
(siehe Referenzzustand)

2. Wird diese „Konstanzschwelle" überschritten, treten zunächst nur quantitative Veränderungen auf (Resistenz)

3. Erst wenn die Resistenz überfordert wird, kommt es zu qualitativen Veränderungen……..

Klassifizierung……Grundlagen 2

……elastisches Verhalten bedeutet, dass das System nach einer (katastrophischen) Störung wieder dem Ausgangszustand zustrebt…..

das lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Eine Störung kann ein einmaliges / niederfrequentes / unterschwelliges Phänomen darstellen, welches zwar die Resistenz durchbricht, jedoch auf Grund der Systemeigenschaften (..hohe Elastizität….) sofort die Sukzession in Gang setzt

Beobachtet wird demzufolge ein mehr oder weniger „später" Sukzessionszustand

FALL A: „relativ glimpflich abgegangen

Damit ist das Resultat einer Störung abhängig von:

A) den Eigenschaften des Systems selbst…

B) der Frequenz *(Γ Amplitude ?)* der Störung…..

Oder die Störung ist derart hochfrequent / intensiv, daß das System im Ausgangs- bzw. Pionierstadium verharrt – d.h. ständig „rückgesetzt" wird…..

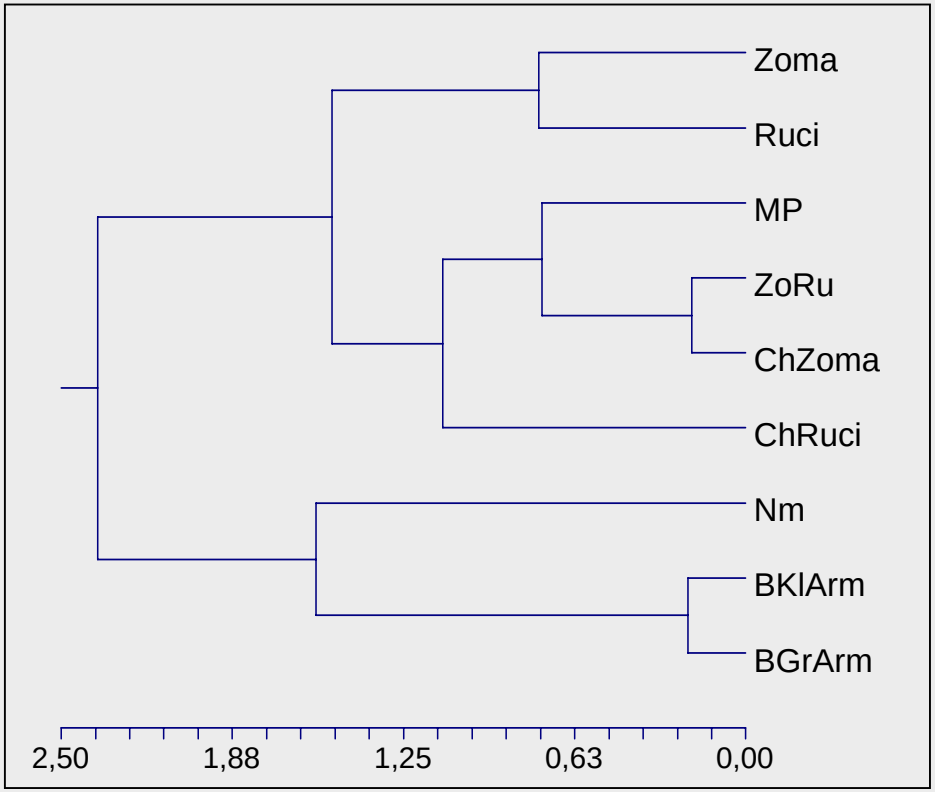
FALL B: „schlimmer kann es nur noch aussehen wenn das System abiotisch wird"

(obwohl vom Mechanismus her unterschiedlich, kann hier keine Trennung zwischen dem Fall einer ständigen Rücksetzung und dem Fall einer schwerwiegenden Dauerstörung vorgenommen werden)

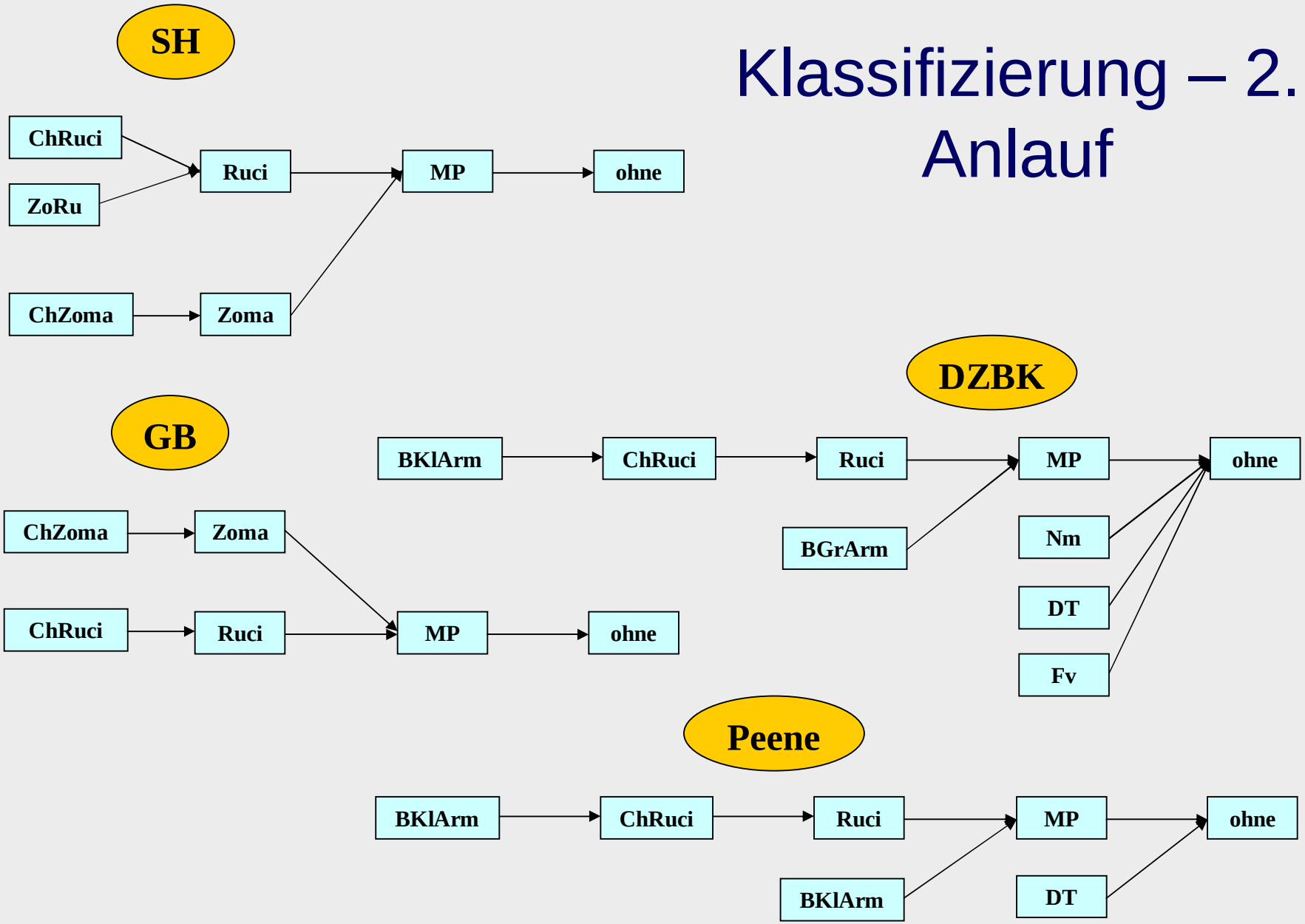
Klassifizierungsschema - generell

Stammeigenschaften	Referenzzustand	
Zustandseigenschaften +1	**1. Degradationsstufe**	• Verschiebung der unteren Tiefengrenzen der Pflanzengemeinschaften, • kein Ausfall von Arten • Vegetationsbedeckung vollständig, Ausnahme: nicht besiedelbare Bereiche im Flachwasser (Exposition)
Zustandseigenschaften +2	**2. Degradationstufe**	• Verschiebung der unteren Tiefengrenzen der Pflanzengemeinschaften, • Ausfall von Arten *(Chara tomentosa, C. liljebladii* und *C. horrida)* und dadurch Pflanzengemeinschaften (BGrArm) • Vegetationsbedeckung vollständig, Ausnahme: nicht besiedelbare Bereiche im Flachwasser (Exposition)
Zustandseigenschaften +3	**3. Degradatio**	• Verschiebung der unteren Tiefengrenzen der Pflanzengemeinschaften, • Ausfall von Arten • Vegetationsbedeckung unter 50%, Ausnahme: nicht besiedelbare Bereiche im Flachwasser (Exposition)
Zustandseigenschaften +4	**radatio**	• Verschiebung der unteren Tiefengrenzen der Arten, • keine Pflanzengemeinschaften, nur noch *Myriophyllum-Potamogeton*-Bestände und andere Relikte • Vegetationsbedeckung unter ?10%, Ausnahme: nicht besiedelbare Bereiche im Flachwasser (Exposition)

Klassifizierung – 1. Anlauf



Klassifizierung – 2. Anlauf



Klassifizierungsschema - speziell

Großer Jasmunder Bodden = Wismarbucht – Salzhaff – ZoRu + BGrArm + BKlArm							
Stammeigensschaften	**Vegetationsbedeckte Fläche: > 90%**			**uMg: 12 m**		**Salinität: 5 - 8 PSU**	
	Sch	**sSch**	**schS**	**S**	**K**	**G**	**B**
100% 0 m	vegetationsfrei			• Darmtang-G. *(Enteromorpha, Monostroma, Ulva, Ulvaria, Ulvopsis)* • epilithische Rotalgen *(Ahnfeltia, Ceramium, Furcellaria, Polysiphonia)* • *Fucus vesiculosus*-B.			
85% 0, 4m	vegetationsfrei		• *Ruppia cirrhosa*-G.				
85% 0,4 m ~ 75% 0,8 m	• Boddengroßarmleuchteralgen-G. • Boddenkleinarmleuchteralgen-G. • *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Characeen*-Ruppia cirrhosa-G.				• *Chaetomorpha*-Driftmatten • epilithische Rotalgen *(Ahnfeltia, Ceramium, Furcellaria, Polysiphonia)* • *Fucus vesiculosus*-B.		
~ 75 0,8 m 40% 2,4 m	• Boddengroßarmleuchteralgen-G. • *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Characeen*-Ruppia cirrhosa-G. • *"Zannichellia"-Zostera marina*-G.		• Boddengroßarmleuchteralgen-G. • *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Characeen*-Ruppia cirrhosa-G. • *"Tolypella"-Zostera marina*-G.				
40% 2,4 m 10% 6 m							
10% 6 m 1% 12 m							
1% 12 m 0,1% 18 m							

Klassifizierungsschema - speziell

Großer Jasmunder Bodden							
Zustandseigenschaften –2		**Vegetationsbedeckung: < 50%**			**uMg: 2 m**	**Salinität: 5 - 8 PSU**	
	Sch	**sSch**	**schS**	**S**	**K**	**G**	**B**
100% 0 m	Vegetationsfrei				• Darmtang-G. *(Enteromorpha, Monostroma, Ulva, Ulvaria, Ulvopsis)* • epilithische Grünalgen *(Cladophora)*		
85% 0,1 m	vegetationsfrei		• *Ruppia-cirrhosa*-G.				
85% 0,1 m	• *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Characeen*-Ruppia cirrhosa-G.				• *(Chaetomorpha*-Driftmatten) • epilithische Rotalgen *(Ahnfeltia, Ceramium, Furcellaria, Polysiphonia)* • *Fucus vesiculosus*-B.		
40% 0,8 m							
40% 0,8 m	• *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Characeen*-Ruppia cirrhosa-G. • *"Zannichellia"-Zostera marina*-G.		• *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Characeen*-Ruppia cirrhosa-G. • *"Zannichellia"-Zostera marina*-G.				
10% 2 m							
10% 2 m	vegetationsfrei						
1% 4 m							
1% 4 m					• epilithische Rotalgen *(Ahnfeltia, Ceramium, Furcellaria, Polysiphonia)*		
0,1% 6 m							

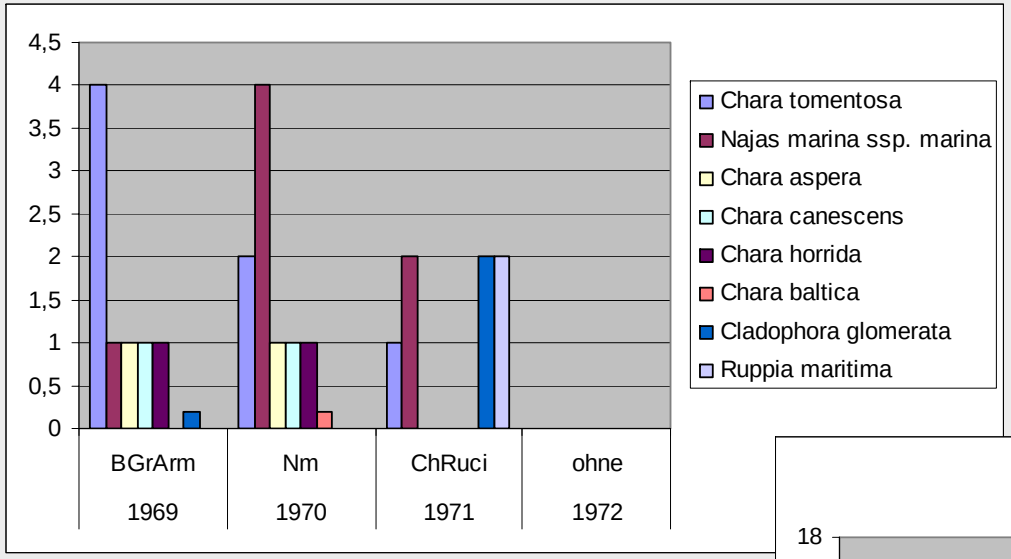
Klassifizierungsschema - speziell -

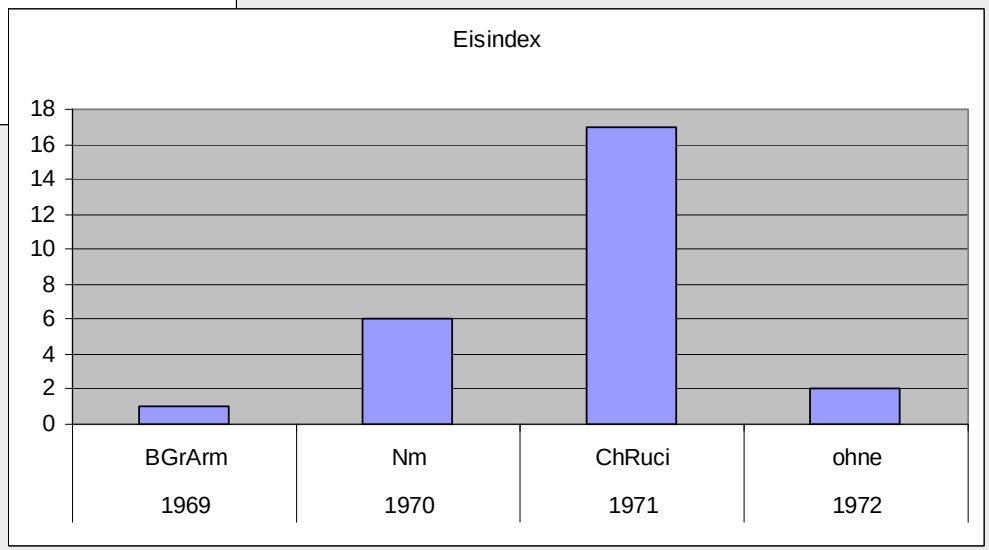
Großer Jasmunder Bodden							
Zustandseigenschaften –3			**Vegetationsbedeckung: < 50%**		**uMg: 1 m**	**Salinität: 5 - 8 PSU**	
	Sch	**sSch**	**schS**	**S**	**K**	**G**	**B**
100% 0 m	vegetationsfrei				• Darmtang-G. *(Enteromorpha, Monostroma, Ulva, Ulvaria, Ulvopsis)* • epilithische Grünalgen *(Cladophora)*		
85% 0,1 m	vegetationsfrei		• Ruppia cirrhosa-G.				
85% 0,1 m	• *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Myriophyllum-Potamogeton*-Bestände • Ruppia cirrhosa-G.				• *(Chaetomorpha*-Driftmatten) • epilithische Rotalgen *(Ahnfeltia, Ceramium, Furcellaria, Polysiphonia)* • *Fucus vesiculosus*-B.		
40% 0,4 m							
40% 0,4 m	• *Chaetomorpha*-Driftmatten • *Myriophyllum-Potamogeton*-Bestände • Ruppia cirrhosa-G. • *"Zannichellia"-Zostera marina*-G.						
10% 1 m							
10% 1 m	vegetationsfrei						
1% 2 m							
1% 2 m					• epilithische Rotalgen *(Ahnfeltia, Ceramium, Furcellaria, Polysiphonia)*		
0,1% 3 m							

MONITORING

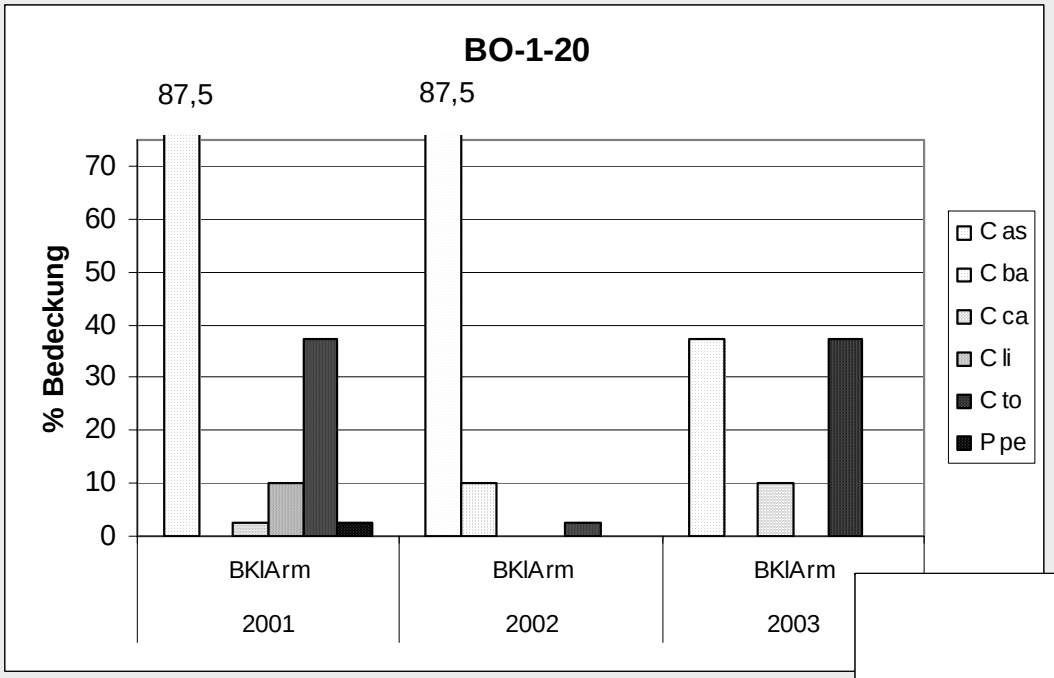
Historische Daten

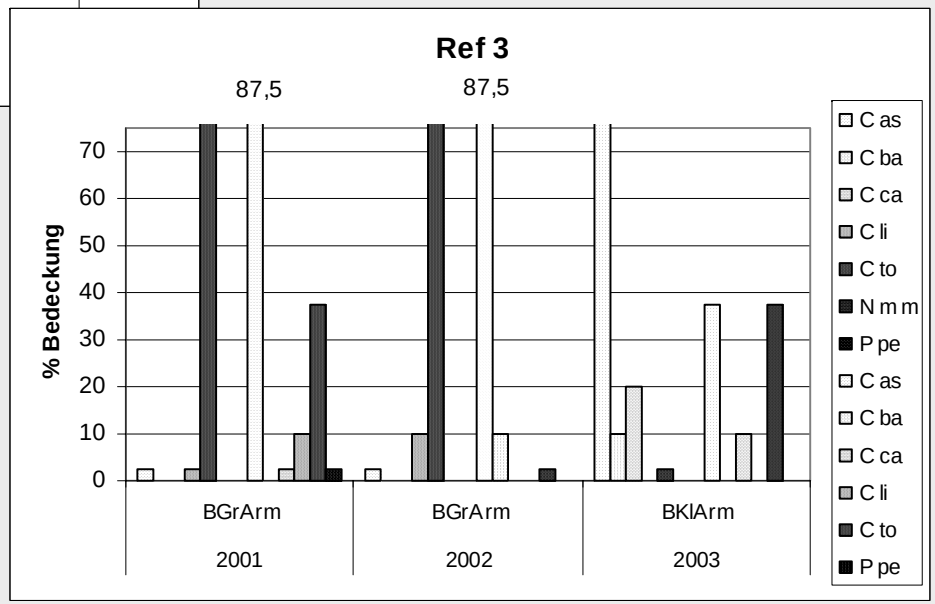
eine Untersuchungsfläche von Lindner (1972) mit 4jährigem Beobachtungszeitraum



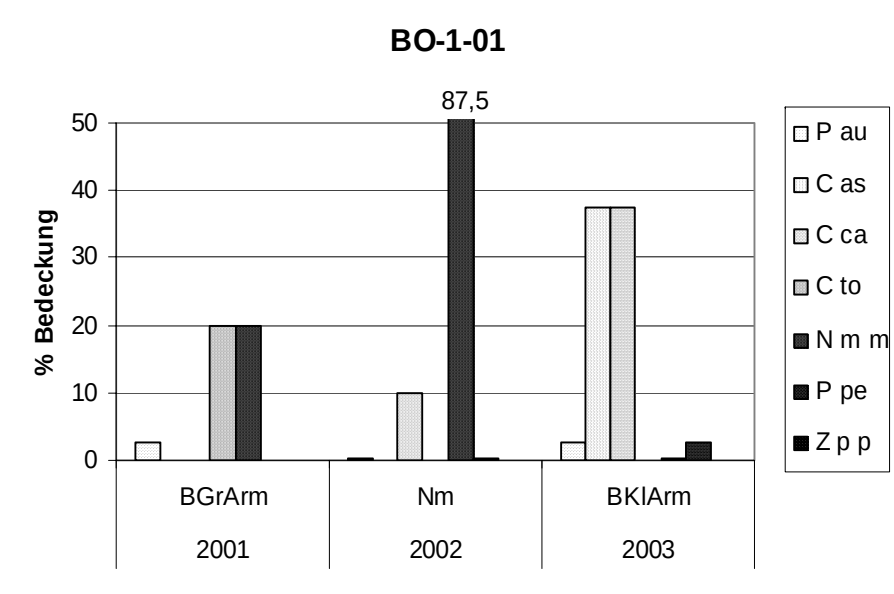


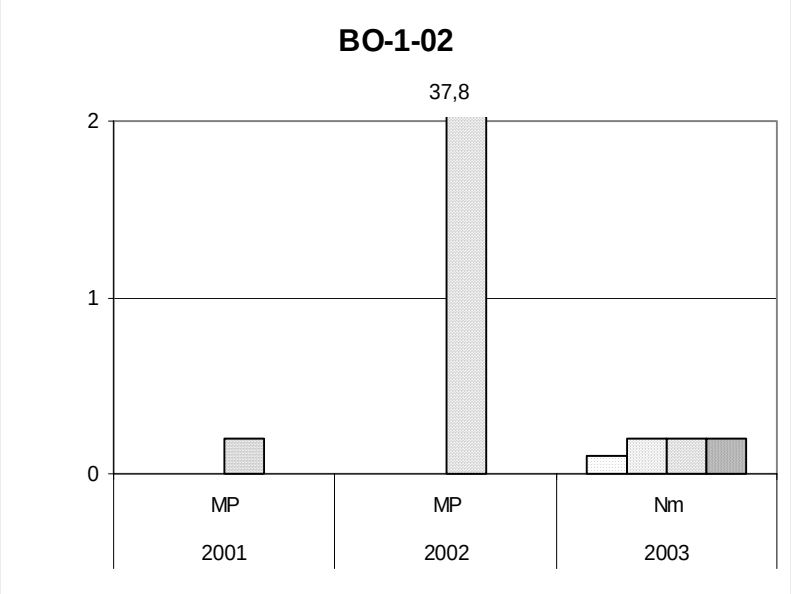
Flächen mit geringem Vegetationswandel





Flächen mit deutlichem Vegetationswandel





Ergebnisse der Geländeerhebung

- Flächen, in denen sich die Vegetation nicht verändert hat (i. d. R. zu allen Zeitpunkten vegetationsfrei)
- Flächen mit geringem Vegetationswandel (Verschiebung der Dominanzverhältnisse)
- Flächen mit deutlichem Vegetationswandel (Wechsel von Pflanzengemeinschaften

Monitoring

- die submerse Vegetation unterliegt starken Schwankungen in den Untersuchungsjahren
  - Probleme bei der Bewertung
  - Probleme beim Monitoring
- Eisgang scheint eine erhebliche Bedeutung für den Vegetationswandel zu haben
  - Eiswinter im Untersuchungszeitraum von Lindner
  - Eiswinter 2002/2003

Fazit 1 - Fragen:

Ein Monitoringplan muss folgende Gesichtspunkte berücksichtigen:

- **1. Probenahmeorte** (d.h. welche Standorte eignen sich für die Charakterisierung der zu untersuchenden Gewässer?)
- **2. Art der Probenahme** (d.h. welche Erfassungsmethode eignet sich am Besten zur Charakterisierung der Untersuchungsgewässer?)
- **3. Anzahl der Untersuchungsflächen** (d.h. welche Anzahl an Probenahmen werden benötigt um unter Berücksichtigung räumlicher Inhomogenitäten das Gewässer charakterisieren zu können?)
- **4. Frequenz der Probenahme** (d.h. wie häufig und in welchem Zeitraum muss die Probenahme erfolgen um der zeitlichen, inkl. der klimatisch bedingten, Variabilität Rechnung zu tragen?)

Fazit 2 – Versuch einer Antwort

<u>Probenahmeorte?</u>

Die Klassifizierungs- relevanten Gemeinschaften sind durchweg Gemeinschaften deren Verbreitungsschwerpunkt im Bereich von Weichsubstraten geschützter Standorte liegt, womit Punkt 1 als gelöst angesehen werden kann:

Die Probenahmestandorte für das Monitoring sollten sich an Standorten geringerer Expositionsgrade mit vorherrschenden Feinsubstraten befinden.

Fazit 2 – Versuch einer Antwort

Art der Probenahme?

Zusammenfassend wird daher vorgeschlagen, eine Transsektkartierung, wie auch für die Erstellung des Klassifizierungsschemas angewandt, für das Monitoring vorzusehen, wobei die quantitative Erfassung der Gemeinschaften auf den Bereich deren Verbreitungstiefenschwerpunkte beschränkt werden kann.

Fazit 2 – Versuch einer Antwort

Anzahl der Flächen?

Aufgrund der Erfahrungen der Voruntersuchungen werden zunächst folgende Regionen der Untersuchungsgewässer für die Einrichtung von „Transsektgruppen“ vorgeschlagen, wobei jede Transsektgruppe 3-5 Einzeltranssekte im Abstand von 20-50m enthalten sollte:

1: Salzhaff: Boiensdorf – Kap Kirchmesse (SH1 - ChRuci, ChZoma, ZoRu)
2: Salzhaff: Hellbach-Rerik West (SH3 - ChRuci, ChZoma, ZoRu, MP, Cl)
3: Wismarbucht/Poel: Kirchsee (KI - Mo)
4: Saaler Bodden: Michaelsdorf-Altenhagen (SB2 - Nm, BKlArm)
5: Bodstedter Bodden: Schmidt Bulten – Bodstedt (BO1 - BKlArm, BGrArm)
6: Barther Bodden: Zingst – Barth (BA1 – BklArm, BGrArm)
7: Nordrügen: Neuendorf – Fährdorf (JB1 – ChRuci, ChZoma, Zoma, Fves)
8: Nordrügen: Banzelvitz – Martinshafen (JB7 – ChRuci, ChZoma, Zoma, Fves)
9: Greifswalder Bodden: Gristow – Riems (R – ChRuci, BKlArm, MP, Cl)
10: Greifswalder Bodden: Ludwigsburg (G)
11: Greifswalder Bodden: Hagensche Wieck (HW – ChRuci, BKlArm, MP, Cl)
12: Peenestrom: Großer Wotig (PS)

Fazit 2 – Versuch einer Antwort

Probenahmefrequenz?

Zu diesem Punkt können derzeit noch keine endgültigen Aussagen gemacht werden. Die kurze Laufzeit des Projektes erlaubt keine Rückschlüsse bezüglich des Einflusses klimatischer Variabilität auf die Ausprägung der Vegetationsgemeinschaften. Daher ist während der Erprobungsphase eine jährliche Beprobung durchzuführen bis, nach einem Zeitraum von ca. 5-10 Jahren, eine Analyse dieser Einflüsse erfolgen und dementsprechend ein evtl. weiteres Probenahmeraster festgelegt werden kann.
Hinsichtlich des Probenahmezeitpunktes sollte eine Beprobung aller Standorte mit potentiellem Auftreten von Tolypella nidifica im Zeitraum Juni / Juli erfolgen, alle sonstigen Standorte können auch später, bis Ende September, beprobt werden.

Projekte der Universität Rostock zur Umsetzung der EU-WRRL (Ostsee-Küstengewässer)

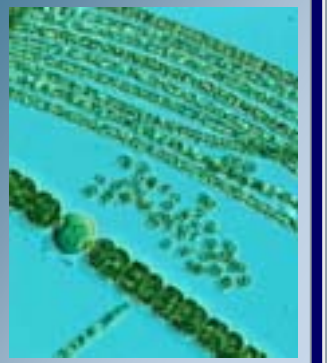
ELBO-
ENTWICKLUNG VON
LEITBILDORIENTIERTEN
BEWERTUNGSGRUNDLAGEN FÜR
ÜBERGANGSGEWÄSSER DER DEUTSCHEN
OSTSEEKÜSTE (BMBF, LUNG-MV)

innere Küstengewässer MV

CHARM-
CHARACTERISATION
OF THE BALTIC SEA ECOSYSTEM:
DYNAMICS AND FUNCTION
OF COASTAL TYPES
(EUROPÄISCHE UNION)

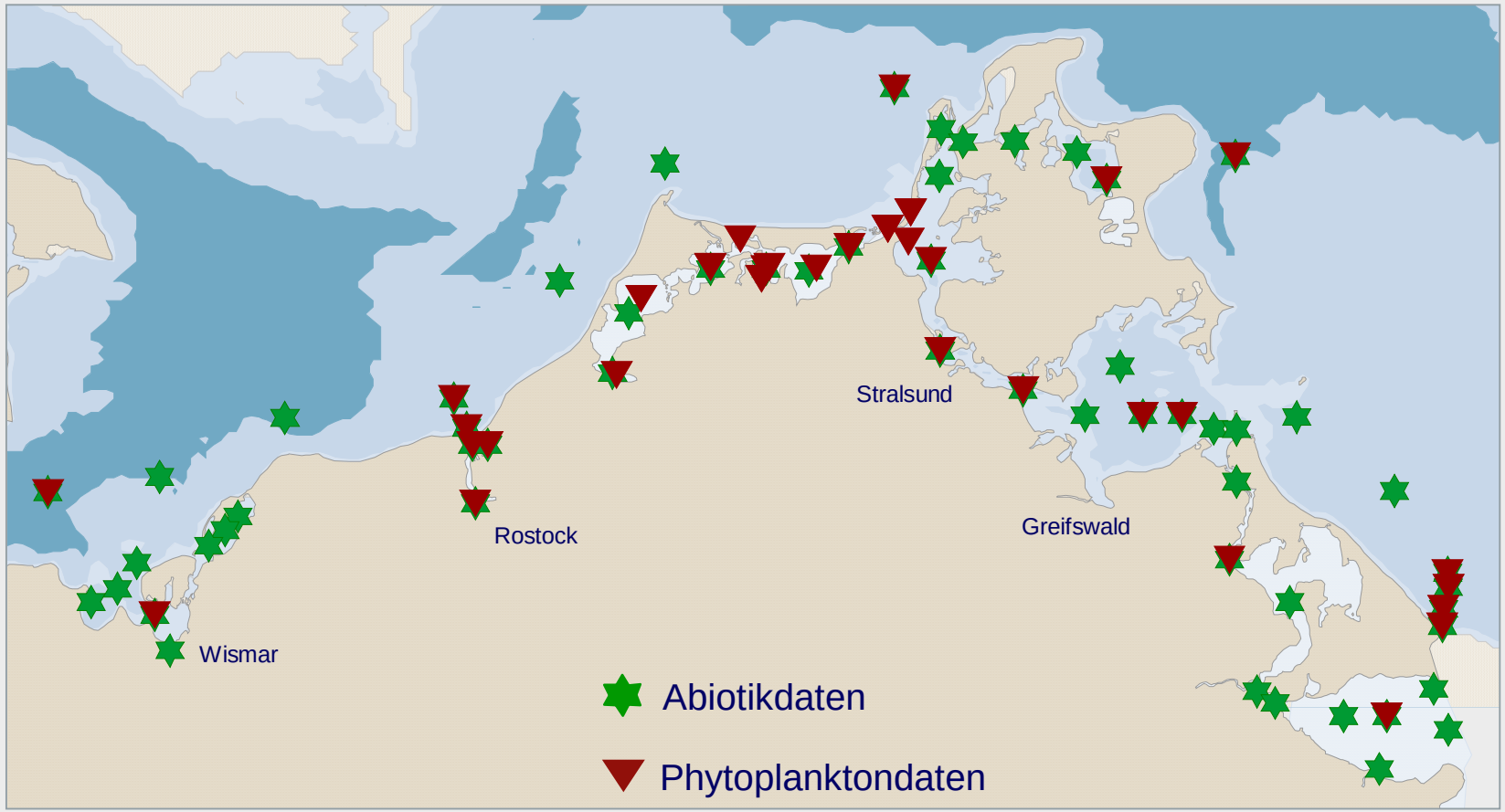
ostseeweit äußere/innere Küstengewässer

Phytoplankton



Ableitung phytoplanktischer Degradationsindikatoren aus den Langzeitmonitoringreihen des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)

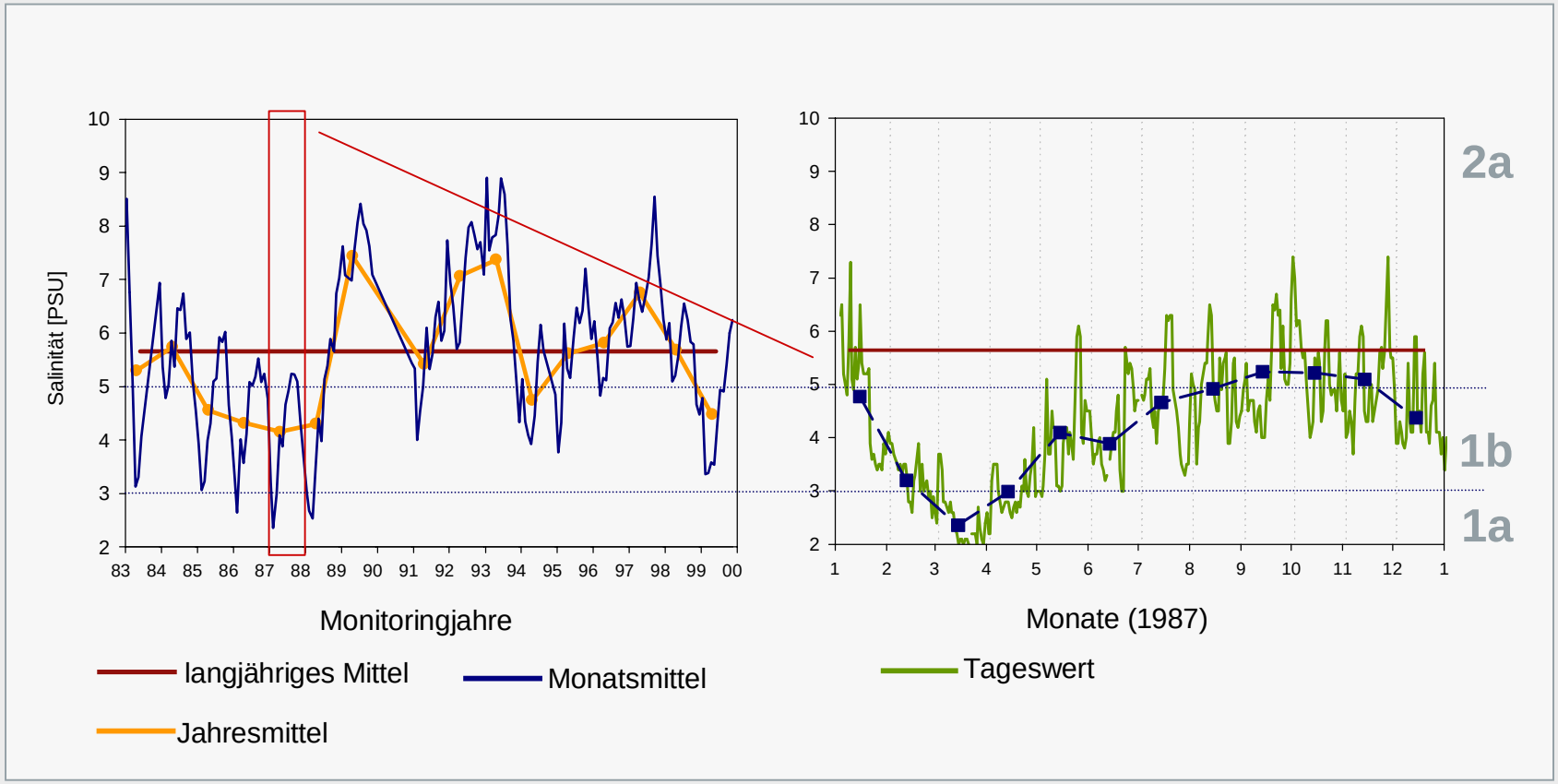
Monitoringnetz des LUNG



2985 Datensätze von 23 Stationen mit mehr als 5 Jahren Monitoring

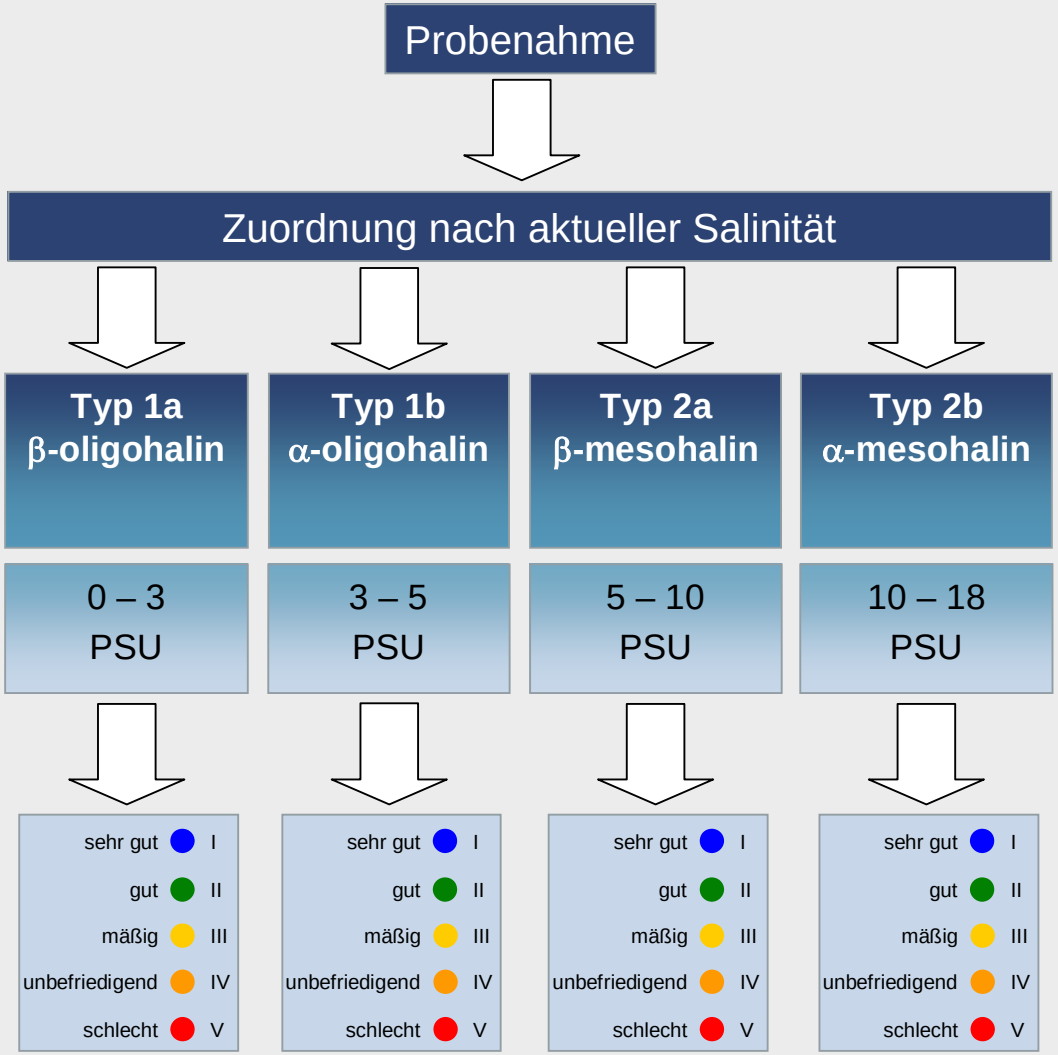
Problem 1: natürliche hydrographische Variabilität

Beispieldatensatz Zingster Strom
tägliche Messungen der Biologischen Station – Universität Rostock

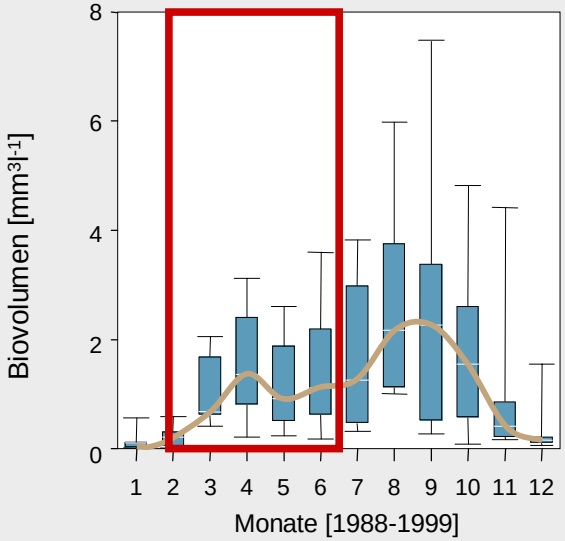


an stark süßwasserbeeinflussten Stationen
Überschreitung der Typengrenzen innerhalb kurzer Zeiträume

Lösung 1: Kontinuierliche Typisierung



Problem 2: Interanuelle und Saisonale Variabilität



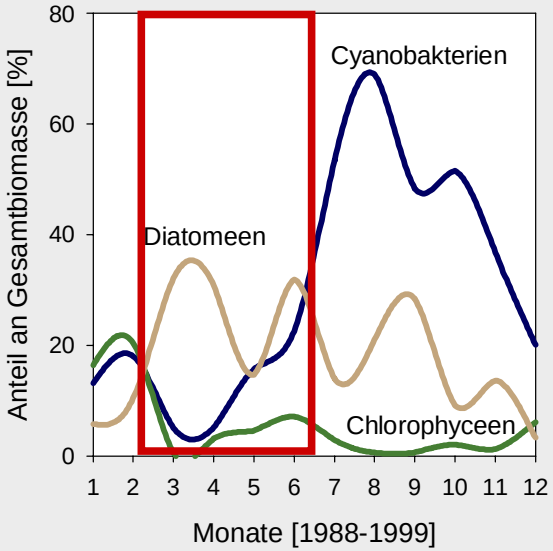
Frühjahrsaspekt

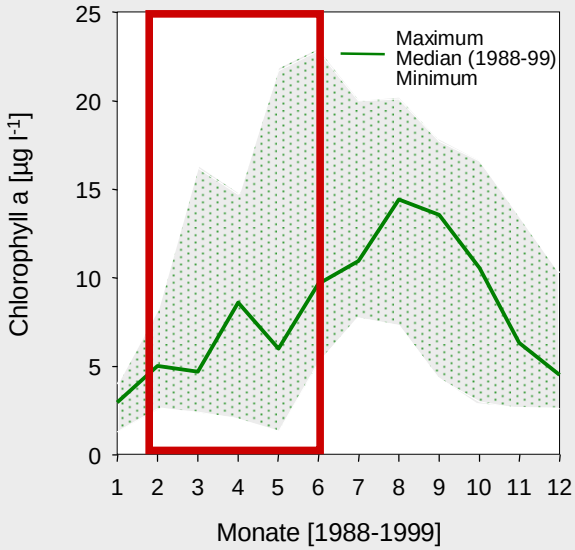
definiert als

Chl a maximum

Zwischen

Feb und Jun

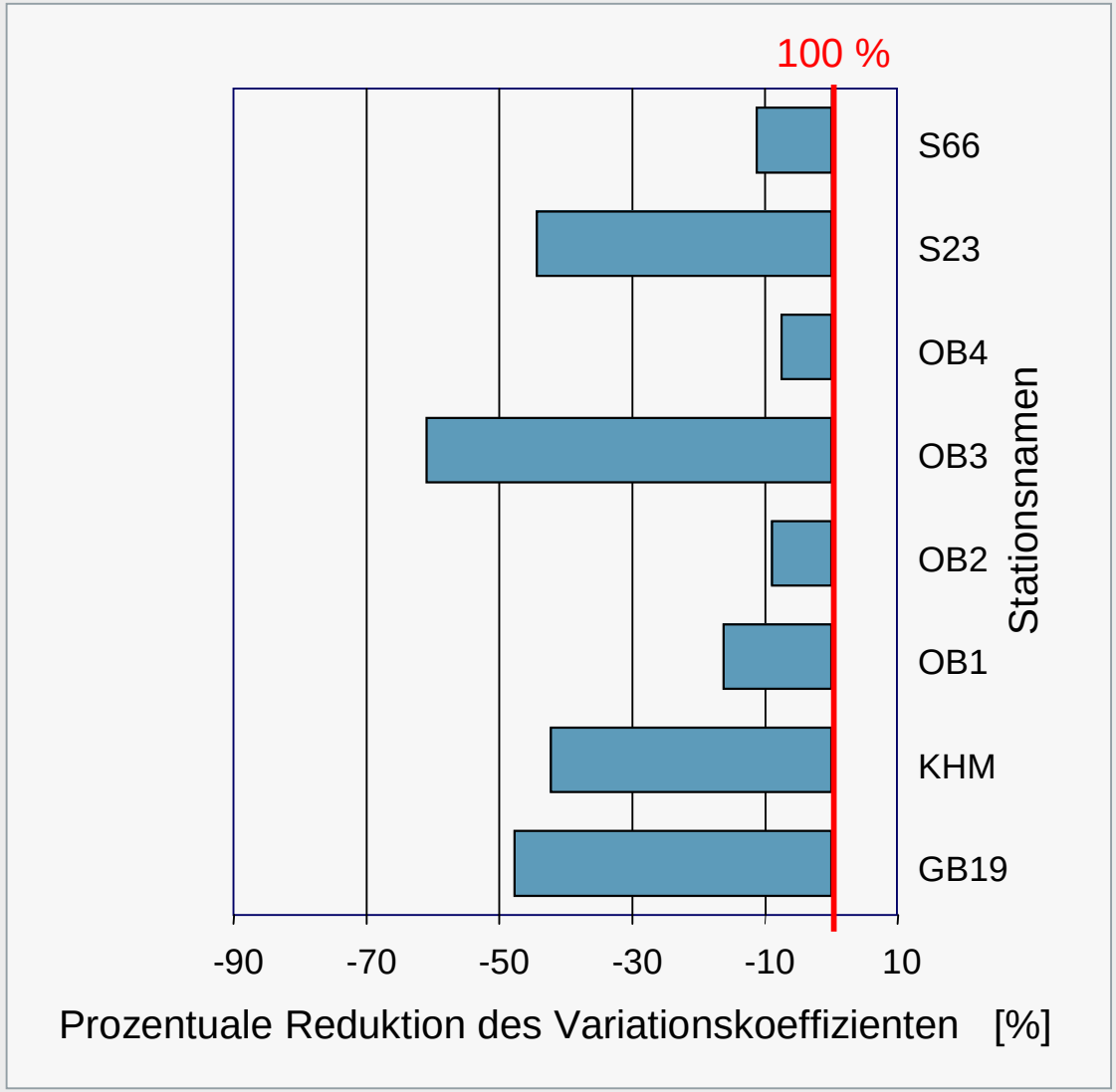




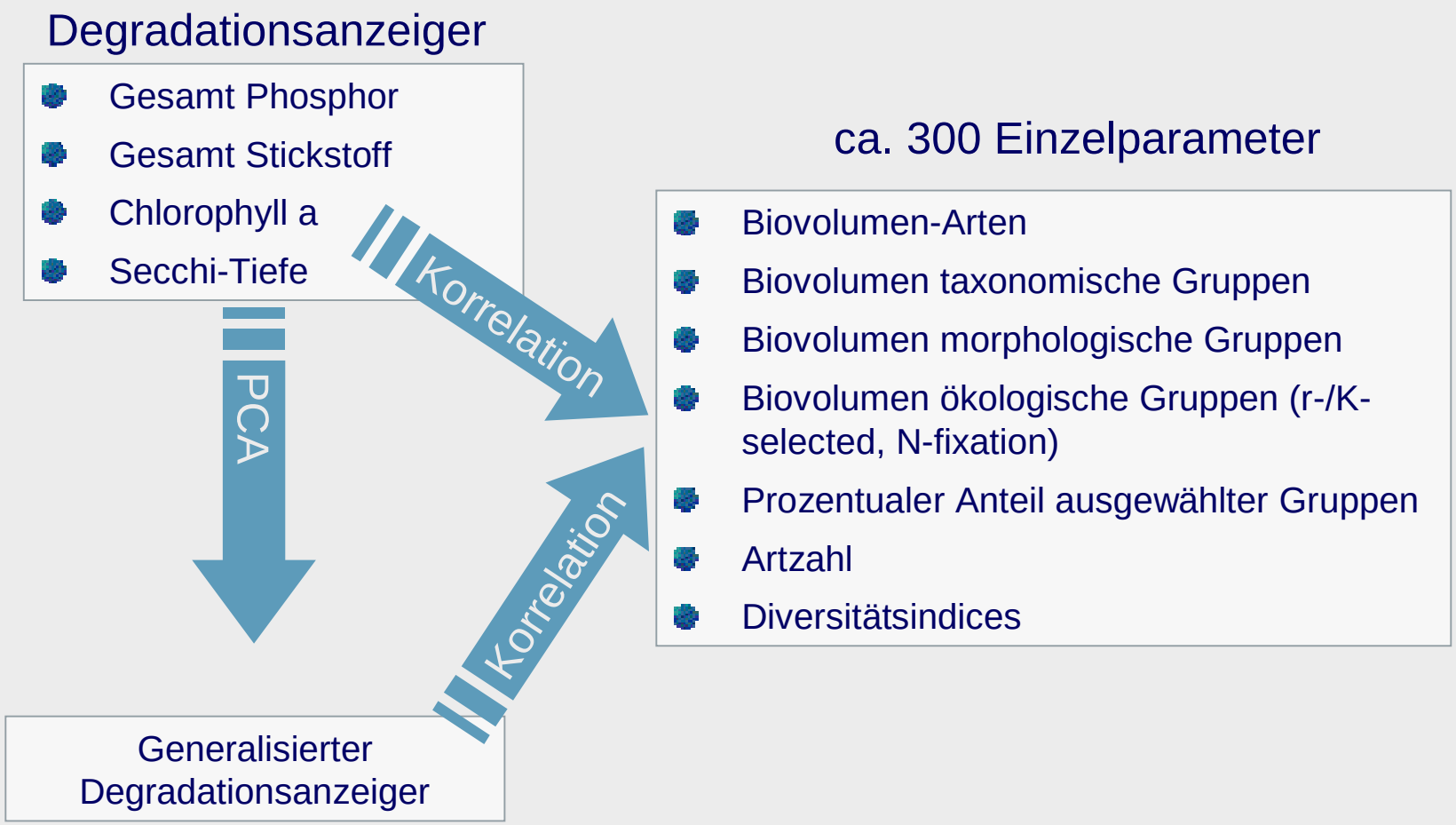
Greifswalder Bodden

Lösung 2: Reduktion der Variabilität

durch Beschränkung auf den Frühjahrsaspekt



Welcher Parameter indiziert die Gewässerdegradation ?



Bestimmung des Degradationsmaßes - PCA

Principal component analysis: Bestimmung eines künstlichen Degradationsfaktors (TN, TP, Secchi-Tiefe, Chl a)

No.	Eigenvalue	Individual Percent	Cumulative Percent	Scree Plot
F1	2,716	68	68	|||||||||||||
F2	0,649	16	84	||||
F3	0,365	9	93	||
F4	0,267	7	100	||

Variables	F 1	F 2	F 3	F 4	Communality
Chl a	0,651	0,348	0,000	0,000	1,000
Secchi	0,290	0,005	0,004	0,699	1,000
TP	0,561	0,004	0,432	0,000	1,000
TN	0,953	0,046	0,000	0,000	1,000

Korrelationsanalyse (Spearman rank): Künstlicher Degradationsfaktor versus Phytoplanktonparameter

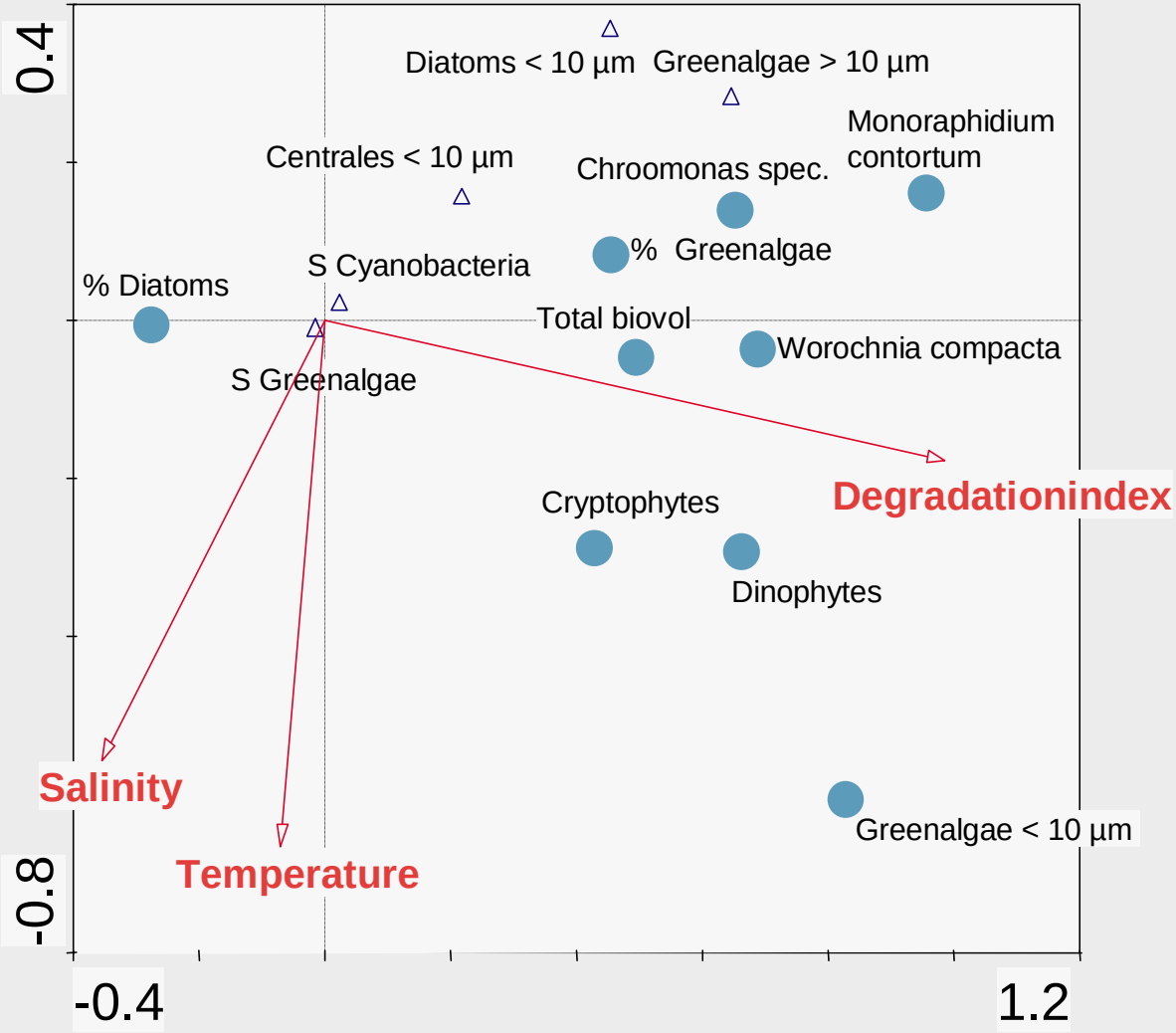
r	Parameter
-0,24	Anteil Diatomeen
0,26	BV Diatomeen > 10 µm
0,26	BV Diatomeen < 10 µm
0,26	BV Chlorophyceen > 10 µm
0,28	Anzahl Cyanobakterien
0,30	Anzahl Chlorophyceen
0,30	BV Dinophyceen
0,34	*BV Monoraphidium contortum*
0,34	BV Cryptophyceen
0,35	*BV Woronichinia compacta*
0,36	BV Chlorophyceen < 10 µm
0,42	Anteil Chlorophyceen
0,44	BV *Chroomonas* spec.
0,75	Gesamtbiovolumen

14 Phytoplankton-parameter die signifikant mit Degradationsfaktor korreliert sind

CCA

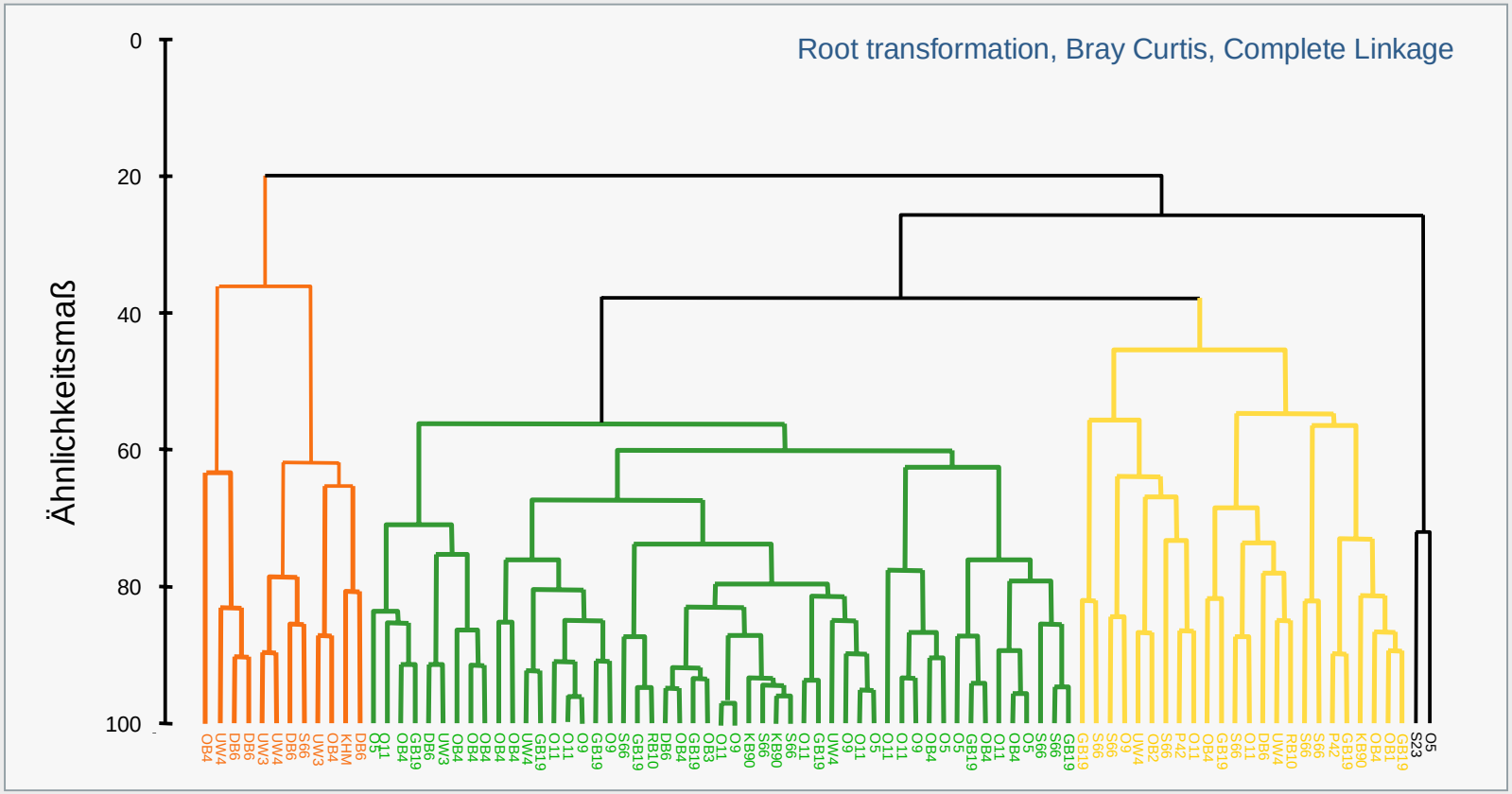
Test auf verbleibende Korrelationen zu Salinität und Temperatur

Test auf verbleibende saisonale und hydrographische Abhängigkeit



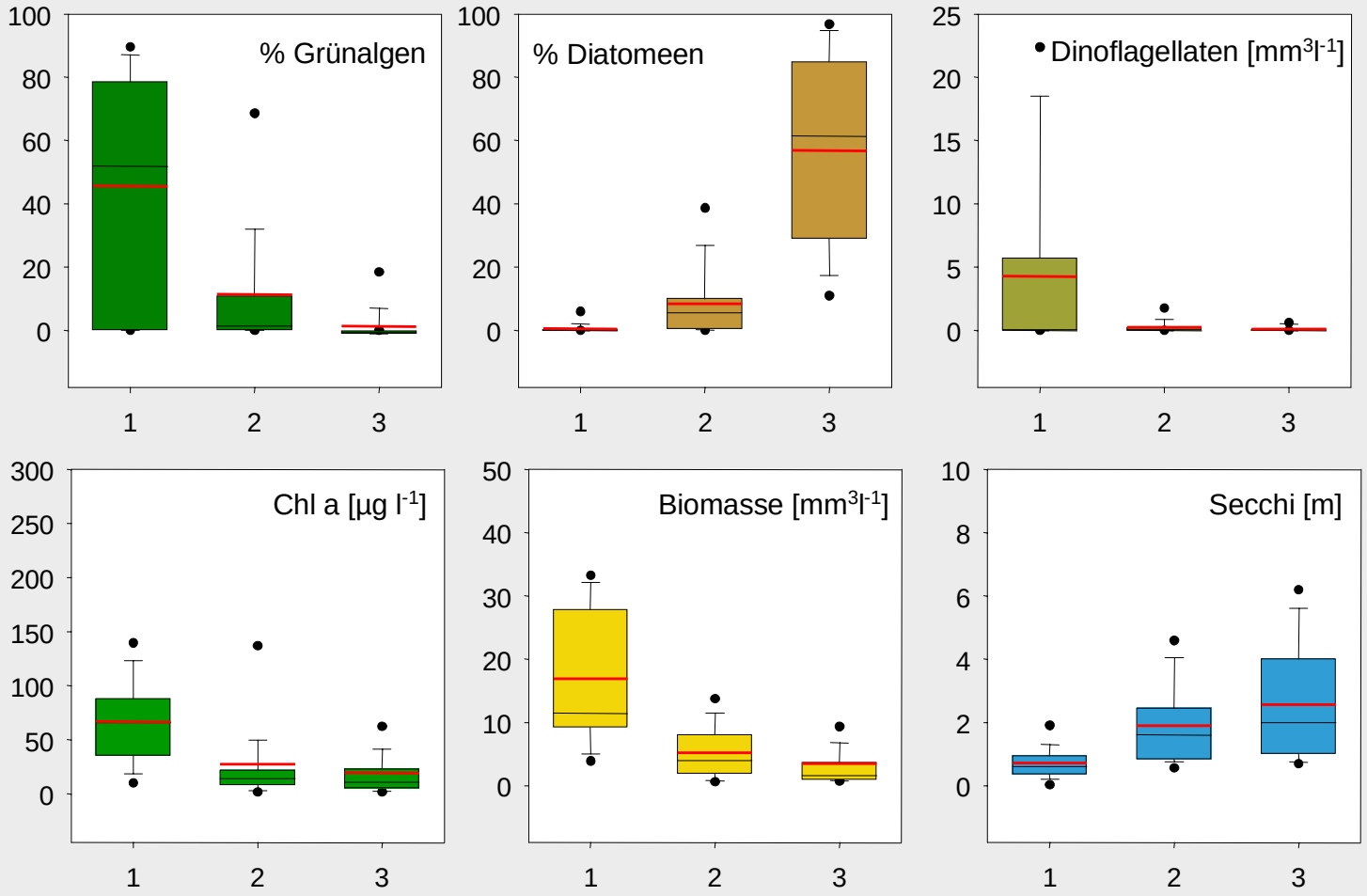
Clusteranalyse auf Basis der ermittelten Trophieindikatoren

Clusteranalyse, basierend auf den extrahierten Degradationsindikatoren



Ableitung von drei Clustern, die drei ökologische Zustände repräsentieren

Ableitung von Klassengrenzen Wasserkörper 5-10 PSU (Frühjahrsaspekt)



Darstellung der Rohdaten der jeweiligen Degradationsindikatoren
Ableitung der Klassengrenzen aus den 75% oder 90% Perzentilen

Klassifizierungsschema für drei ökologische Zustände

ökologische Klasse entsprechend Clusteranalyse

	I	II	III
Biomasse [$mm^3\ l^{-1}$]	1-5	5-10	10-30
Chlorophyceen [%]	5-10	10-30	30-60
Diatomeen [%]	30-80	10-30	5-10
Dinoflagellaten [%]	1-5	1-5	5-30
Chlorophyceen <10µm [$mm^3\ l^{-1}$]	0,2-0,5	0,5-1	1-10
***Worochinia compacta* [$mm^3\ l^{-1}$]**	0,5-1	1-2	2-5
Secchi depth [m]	4-6	1,5-4	0,8-1,5
Chl a [$\mu g\ l^{-1}$]	10-20	20-50	50-120

Referenzzustand: „SEHR GUTER ÖKOLOGISCHER ZUSTAND“

Frage: Repräsentiert das Cluster 1 bereits den Referenzzustand des Gewässertyps oder können wir einen weniger degradierten (historischen) Zustand erwarten?

Historischer ökologischer Status Referenzzustand

?

I	II	III	
1-5	5-10	10-30	**Biovolumen**
5-10	10-30	30-60	**Chlorophyceen**
30-80	10-30	5-10	**Diatomeen**
1-5	1-5	5-30	**Dinoflagellaten**
0,2-0,5	0,5-1	1-10	**Chlorophyceen**
0,5-1	1-2	2-5	***Worochinia compacta***
4-6	1,5-4	0,8-1,5	**Secchi depth**
10-20	20-50	50-120	**Chl a**

?

Klasse 5 „schlechter ökologischer Zustand“

Rekonstruktionen der Secchi-tiefe ergaben für den Wasserkörper 5-10 PSU Lichteindringtiefen zwischen 7-8 m (ca. 1930) – heutige Secchi-tiefen liegen im Cluster 1 bei 4-6 m

ein ökologisch besserer Zustand kann postuliert werden

Vorläufiges Klassifizierungsschema Wasserkörper 5-10 PSU

	ökologische Klasse				
Parameter	sehr gut	gut	mäßig	unbefrie-digend	schlecht
Biomasse [$mm^3\ l^{-1}$]	< 1	1-5	5-10	10-30	> 30
Chlorophyceen [%]	< 5	5-10	10-30	30-60	> 60
Diatomeen [%]	> 80	30-80	10-30	5-10	< 10
Dinoflagellaten [%]	< 1	1-5	1-5	5-30	> 50
Chlorophyceen <10µm [$mm^3\ l^{-1}$]	< 0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-10	> 10
Worochinia compacta [$mm^3\ l^{-1}$]	< 0,5	0,5-1	1-2	2-5	> 5
Secchi depth [m]	> 5	3-5	1,5-3	0,8-1,5	< 1,5
Chl a [$\mu g\ l^{-1}$]	< 10	10-20	20-50	50-120	> 120

Wichtung der einzelnen Parameter

Wichtung erfolgt auf Basis der Stärke der Korrelation zum Degradationsfaktor
Bewertung auf Basis des Mittelwerts der gewichteten Einzelwerte

r	Parameter	Faktor
0,75	Gesamtbiovolumen	x 3
0,42	Prozentualer Anteil Chlorophyceenbiovolumen	x 2
0,36	Biovolumen Chlorophyceen < 10 µm	x 1,5
0,30	Biovolumen Dinophyceen	x 1
-0,24	Prozentualer Anteil Diatomeenbiovolumen	x 1
0,35	Biovolumen *Woronichinia compacta*	x 0,5