



# Bioindikatoren und Bewertung des ökologischen Zustands von Grundwassersystemen

**Christian Griebler**

Institut für Grundwasserökologie  
Helmholtz Zentrum München

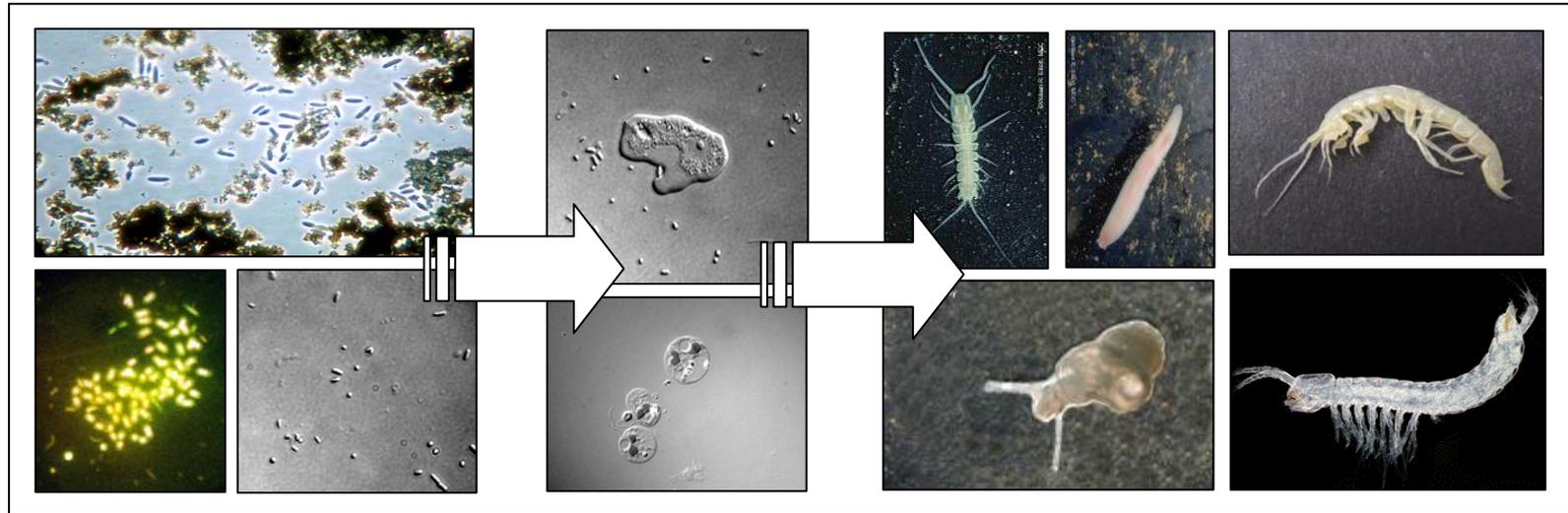
# Notwendige Schritte zu einem ökologischen Bewertungssystem

1. Auswahl geeigneter Untersuchungsparameter (Kriterien)
2. Inventur an ausgewählten Untersuchungsstandorten
3. Suche nach einer ökologisch sinnvollen Untergliederung von Grundwassersystemen
4. Definition von Referenzzuständen (natürliche Hintergrundwerte)
5. Identifizierung von (Bio)Indikatoren
6. Bewertungsschema **ökologischer Zustand** („ecosystem health“) von Grundwassersystemen

# Notwendige Schritte zu einem ökologischen Bewertungssystem

1. Auswahl geeigneter Untersuchungsparameter (Kriterien)
2. Inventur an ausgewählten Untersuchungsstandorten
3. Suche nach einer ökologisch sinnvollen Untergliederung von Grundwassersystemen
4. Definition von Referenzzuständen (natürliche Hintergrundwerte)
5. Identifizierung von (Bio)Indikatoren
6. Bewertungsschema **ökologischer Zustand** („ecosystem health“) von Grundwassersystemen

# Bioindikatoren für Grundwasserökosysteme?



Bakterien & Archaeen

Protozoen/Pilze

Fauna

Mikrobielle Gemeinschaften beinhalten vielversprechende Indikatoreigenschaften

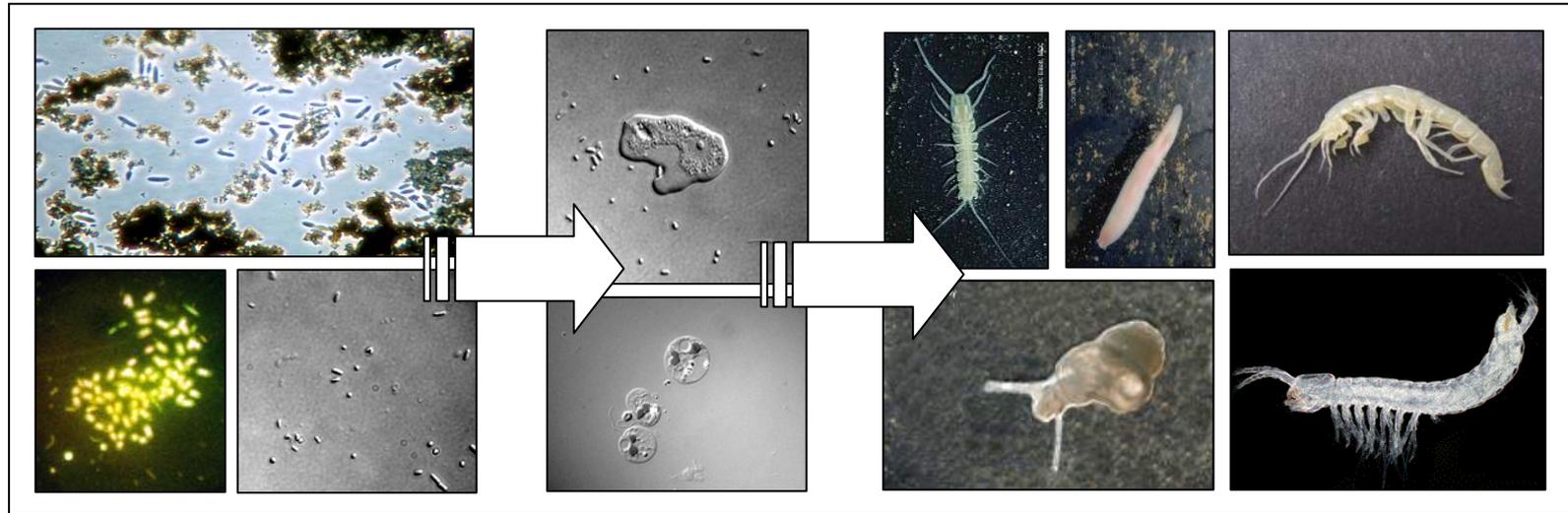
**Eutrophierung und organische Verunreinigung** (z.B. Pearl et al. 2003)

**Schwermetallbelastung** (z.B. Solé et al. 2008)

**Anwesenheit von pathogenen Bakterien, Protozoen und Viren** (z.B. Lucena et al. 2006)

**Biologischer Schadstoffabbau und aktive Redoxprozesse** (z.B. Winderl et al. 2007)

# Bioindikatoren für Grundwasserökosysteme?



Bakterien & Archaeen

Protozoen/Pilze

Fauna

Innerhalb der Fauna gibt es Indikatoren für

**Oberflächeneinflüsse** (Husmann 1971; Sket 1973; Malard et al. 2004; Hahn 2006)

**Eutrophierung** (Holsinger 1966; Sket 1973; Culver et al. 1992; u.a.)

**Sedimentstruktur und Porosität** (Mösslacher 1998, Paran et al. 2004; u.a.)

**Redoxbedingungen** (Mösslacher 1998, Dole-Olivier et al. 2004; u.a.)

# Was sind geeignete (Bio)Indikatoren ?

## Indikator-Arten

Vielfach wird das Verhalten ausgewählter Indikator-Arten stellvertretend für die natürliche Gemeinschaft beobachtet. Voraussetzung ist entsprechendes Wissen über deren Autökologie und Sensitivität gegenüber spezifischen Störungen.

- Tauglich um bestimmte Störungen anzuzeigen
- Ungeeignet um auf das Schicksal aller anderen Arten zu schließen

Indikator-Arten können sich aus Fokus-Arten (focal species), Schlüssel-Arten (keystone-species), Schirm-Arten (umbrella species), Flaggschiff-Arten (flagship species), Exoten (exotic species) und besonderen Arten die eine nur sehr eingeschränkte Verbreitung (z.B. endemische Arten) oder Nutzung von Ressourcen (ressource-limited species) zeigen, rekrutieren.

# Welche Kriterien sollten Indikatorarten erfüllen ?

- Tauglich um bestimmte Störungen anzuzeigen
- Voraussetzung ist eine Korrelation zu Störgröße(n)
- Sie sollten empfindlich und schnell reagieren
- Einfache taxonomische Zuordnung und weite Verbreitung
- Sollen standardisiert messbar sein

# Welche Methoden können angewandt werden um Indikatororganismen zu identifizieren ?

- Direkte Korrelation zu Störgröße(n)

Es gibt keine einfachen und direkten Korrelationen in GWÖksystemen !

- Multivariate Statistik

CCA (kanonische Korrespondenzanalyse)

PCA (Principal Component Analysis)

MANOVA (multivariate Analysis of Variance)

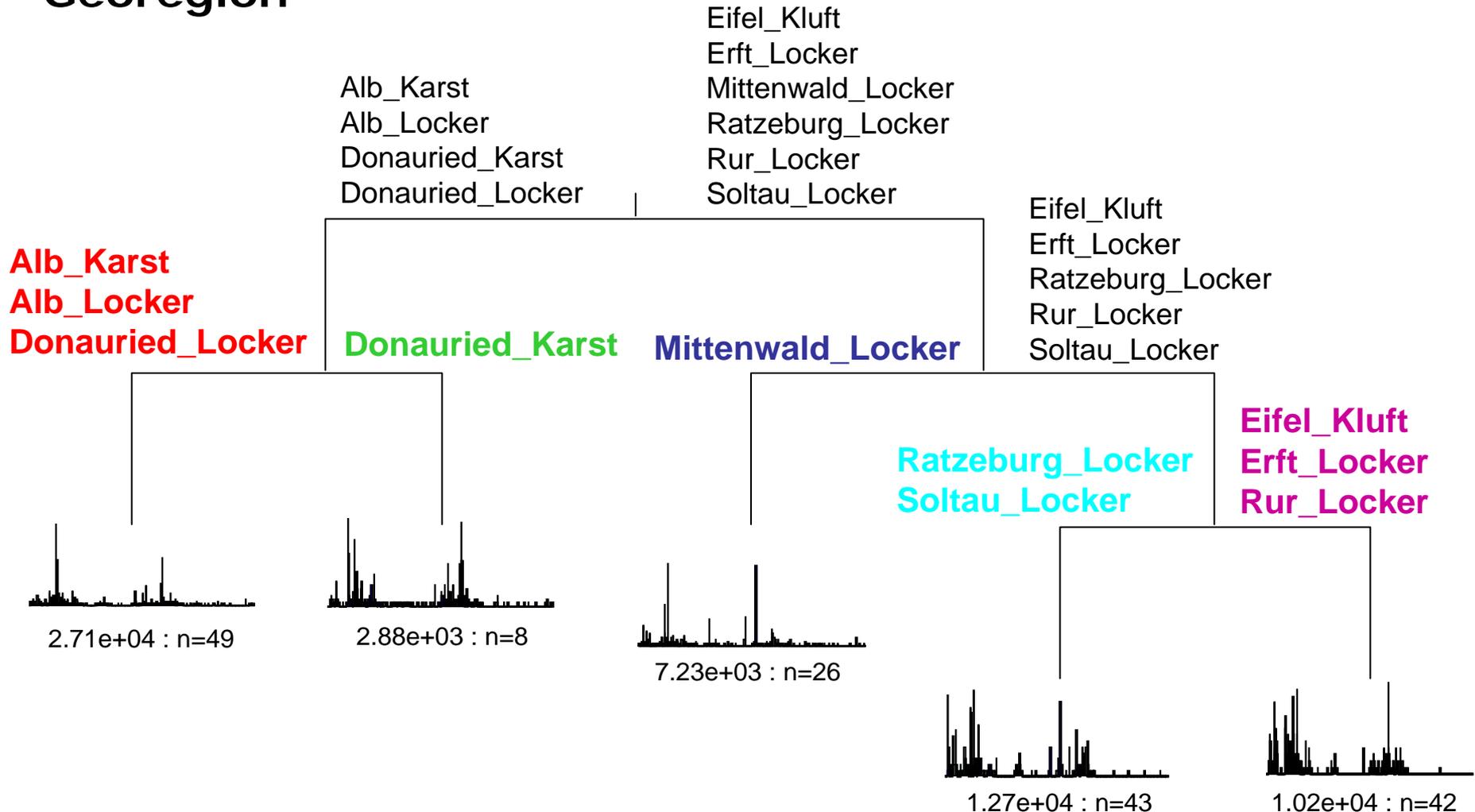
NMDS (non metric multidimensional scaling)

MRT (multivariate Regressionsbäume)

# Multivariate Regressionsbäume

## zur Identifizierung von Zeigerarten

### Georegion

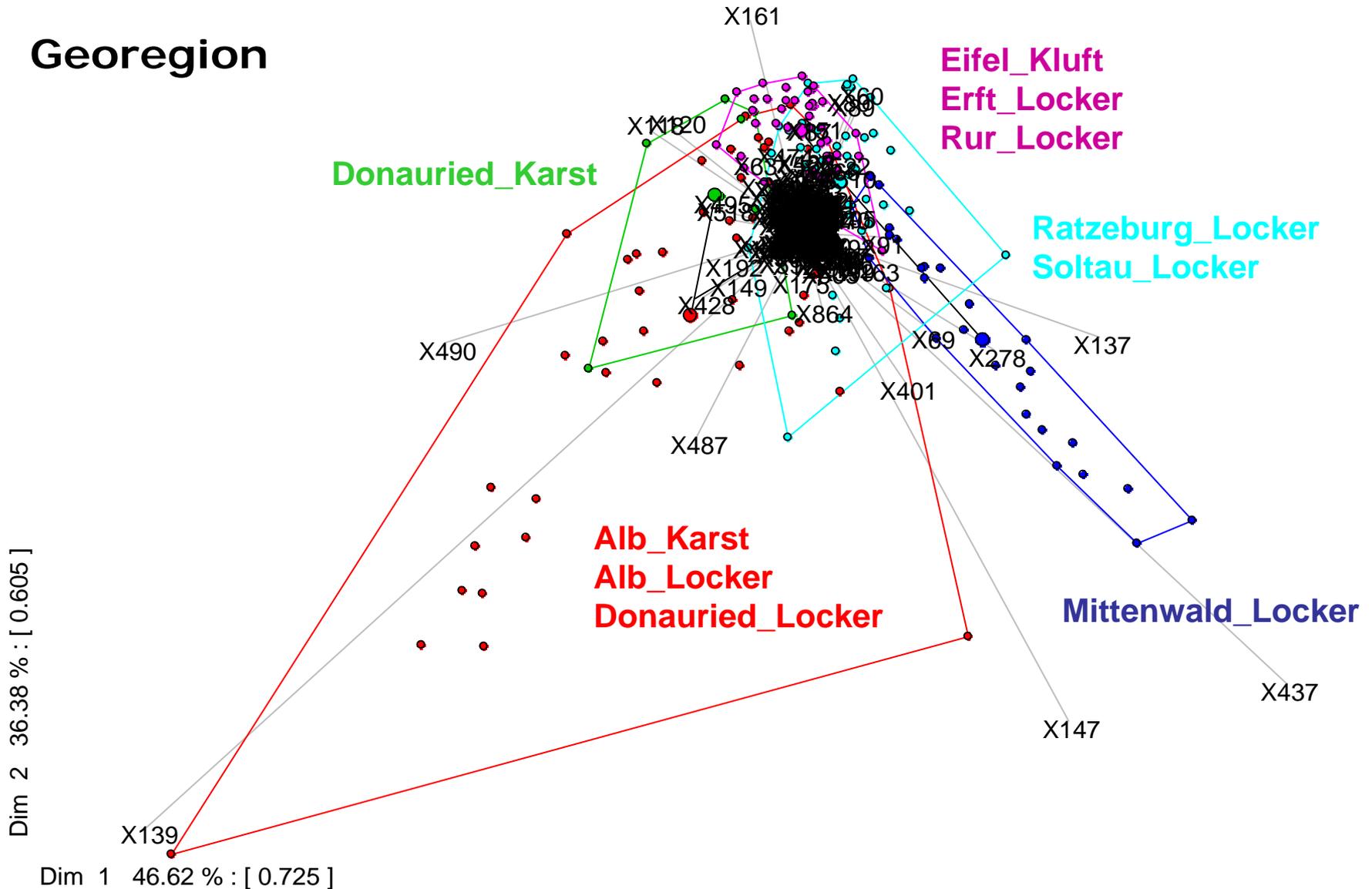


Error : 0.818 CV Error : 0.867 SE : 0.0666

# Principal Component Analysis

zur Identifizierung von Zeigerarten

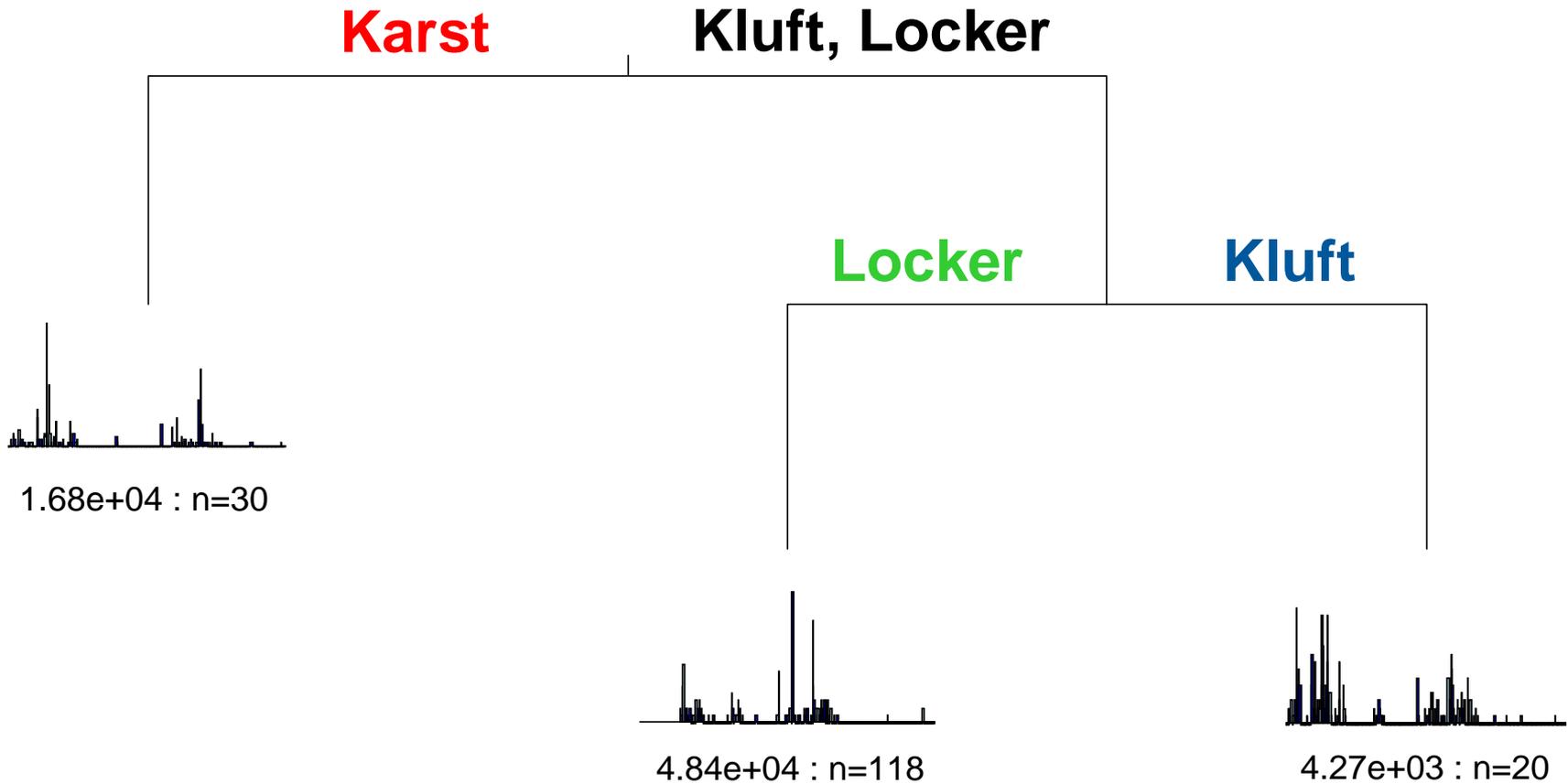
Georegion



# Multivariate Regressionsbäume

zur Identifizierung von Zeigerarten

Leitertyp

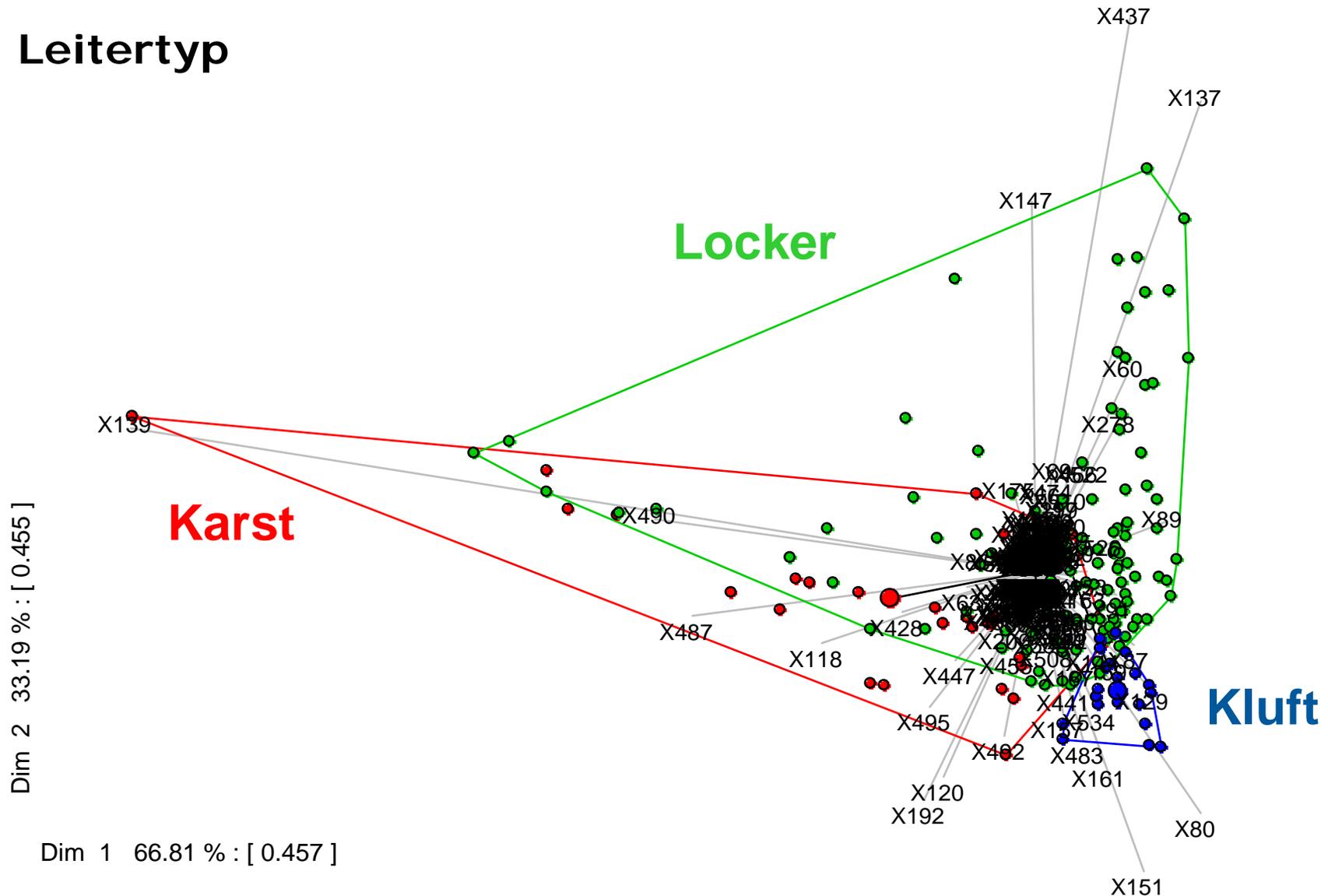


Error : 0.944 CV Error : 0.983 SE : 0.078

# Principal Component Analysis

zur Identifizierung von Zeigerarten

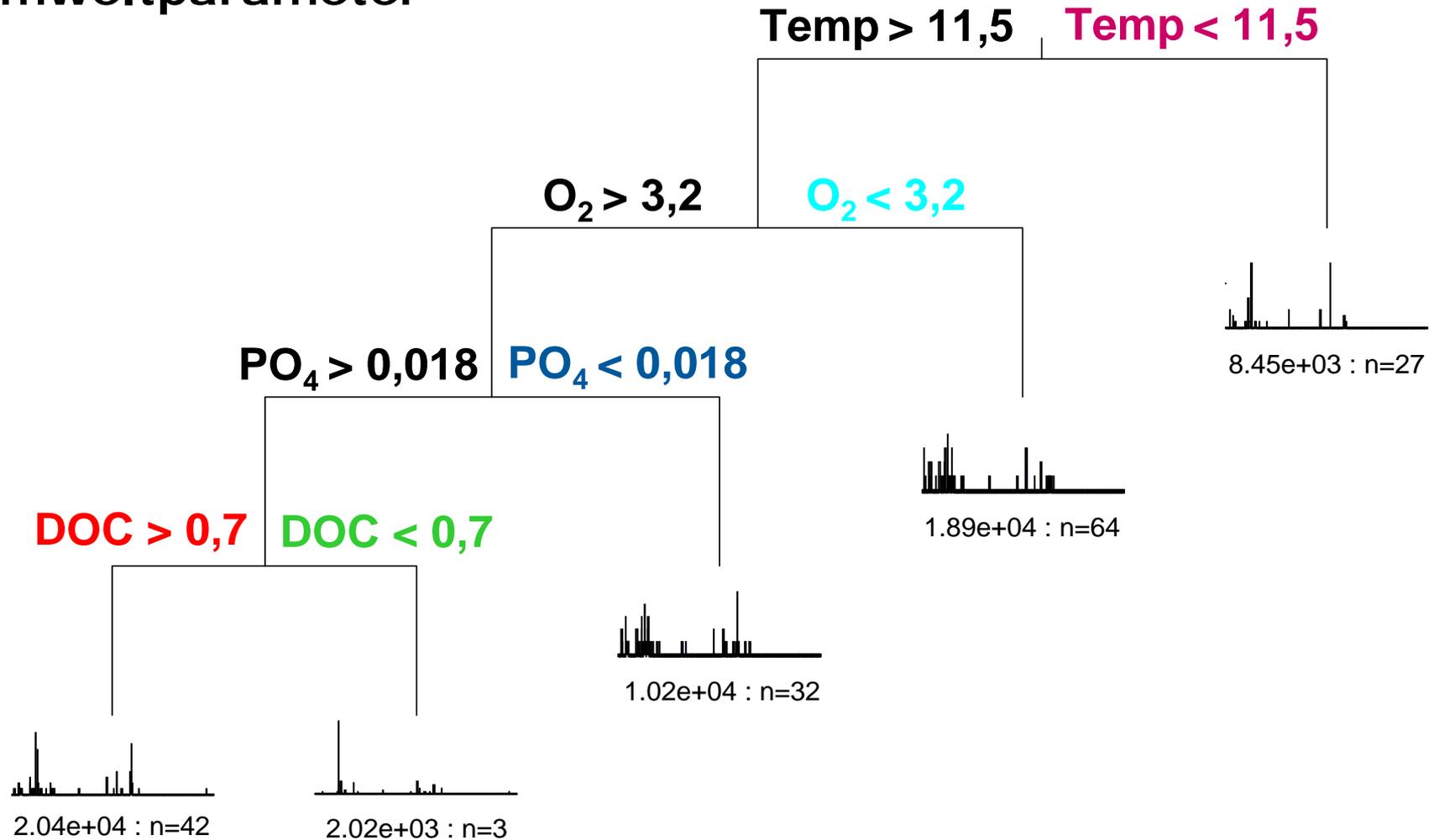
Leitertyp



# Multivariate Regressionsbäume

## zur Identifizierung von Zeigerarten

### Umweltparameter

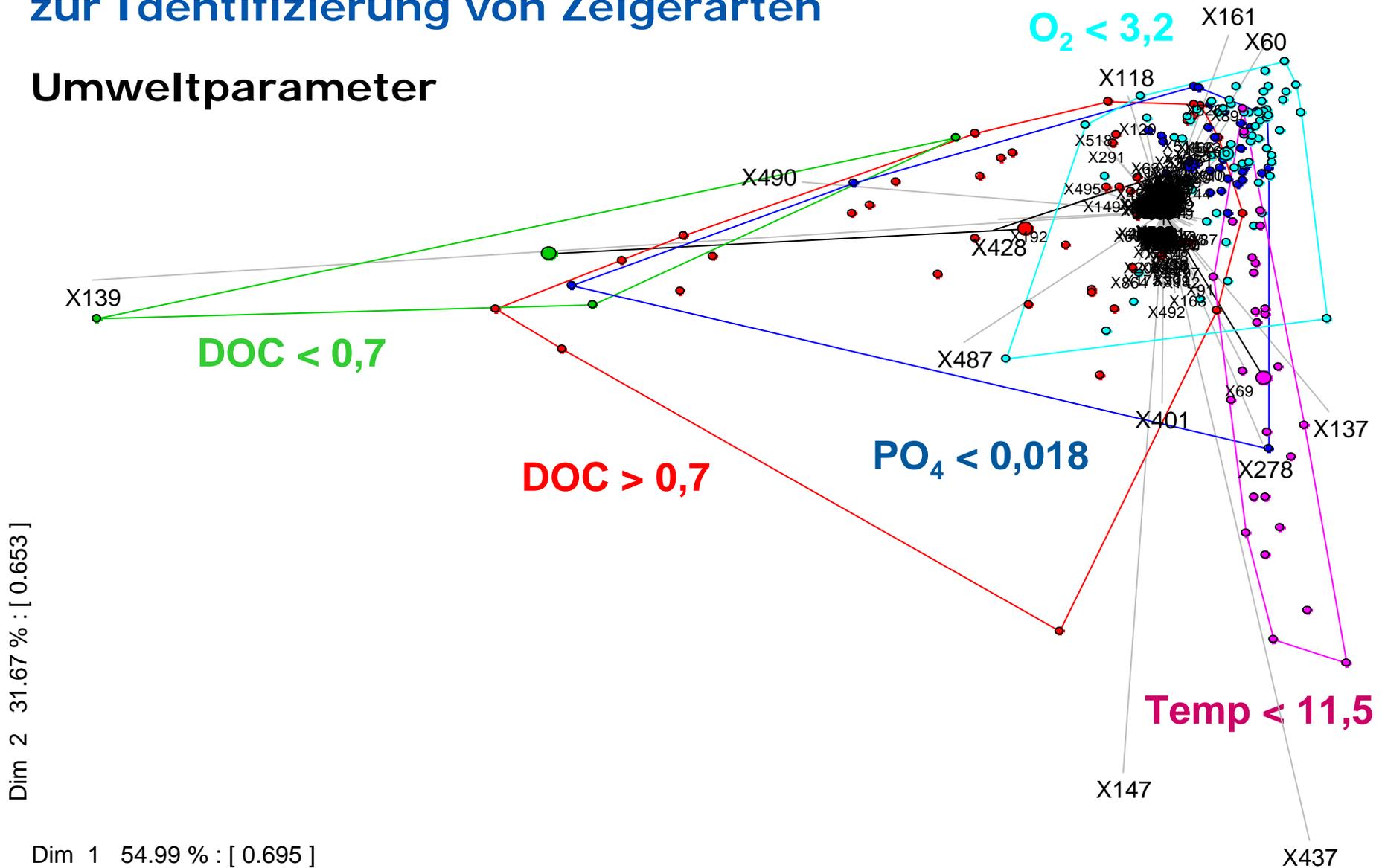


Error : 0.816 CV Error : 0.922 SE : 0.074

# Principal Component Analysis

zur Identifizierung von Zeigerarten

Umweltparameter



# Was sind geeignete (Bio)Indikatoren (Kriterien)?

## Indikator-Arten

Vielfach wird das Verhalten ausgewählter Indikator-Arten stellvertretend für die natürliche Gemeinschaft beobachtet. Voraussetzung ist entsprechendes Wissen über deren Autökologie und Sensitivität gegenüber spezifischen Störungen.

- Tauglich um bestimmte Störungen anzuzeigen
- Ungeeignet um auf das Schicksal aller anderen Arten zu schließen

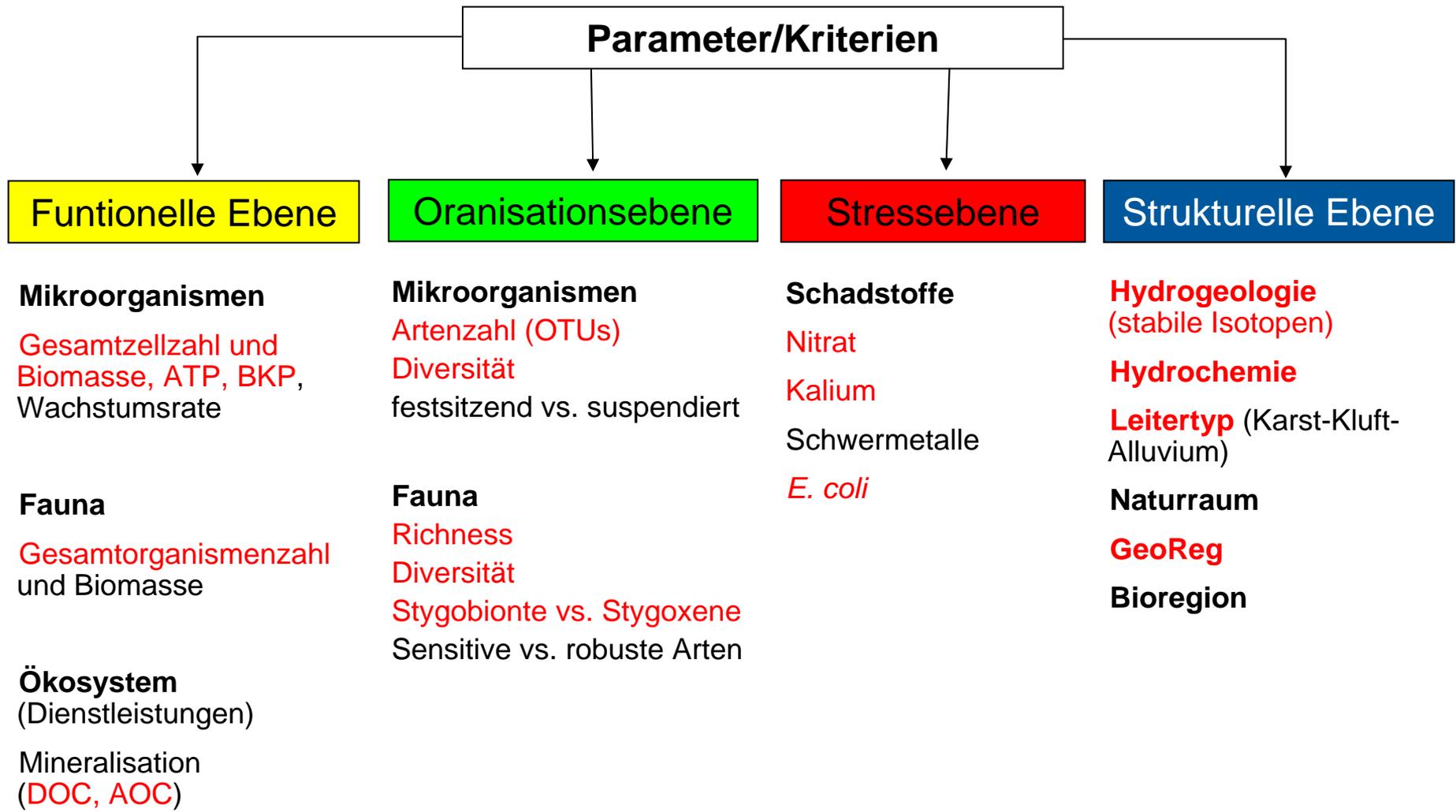
Indikator-Arten können sich aus Fokus-Arten (focal species), Schlüssel-Arten (keystone-species), Schirm-Arten (umbrella species), Flaggschiff-Arten (flagship species), Exoten (exotic species) und besonderen Arten die eine nur sehr eingeschränkte Verbreitung (z.B. endemische Arten) oder Nutzung von Ressourcen (ressource-limited species) zeigen, rekrutieren.

- Fragliches Konzept im Zusammenhang mit Mikroorganismen und Grundwasserfauna (Biogeographie)

➡ Fokus auf „Funktion“

➡ Fokus auf integrierende Parameter

# Was sind geeignete (Bio)Indikatoren (Kriterien)?



# Notwendige Schritte zu einem ökologischen Bewertungssystem

1. Auswahl geeigneter Untersuchungsparameter (Kriterien)
2. Inventur an ausgewählten Untersuchungsstandorten
3. Suche nach einer ökologisch sinnvollen Untergliederung von Grundwassersystemen
4. Definition von Referenzzuständen (natürliche Hintergrundwerte)
5. Identifizierung von (Bio)Indikatoren
6. Bewertungsschema **ökologischer Zustand** („ecosystem health“) von Grundwassersystemen

# Wie kann ein ökologisch orientierter Grundwasser-Index ausschauen ?

## Bereits vorhandene Indices ?

- Deutscher Saprobien Index
- SPEAR-Index
- Versch. Indices zur ‚biologischen Wasserqualität‘ basierend auf Makrozoobentosanalysen (z.B. Belgium Biotic Index [BBI], Spanish Biological Monitoring Working Party [BMWP] scoring system)

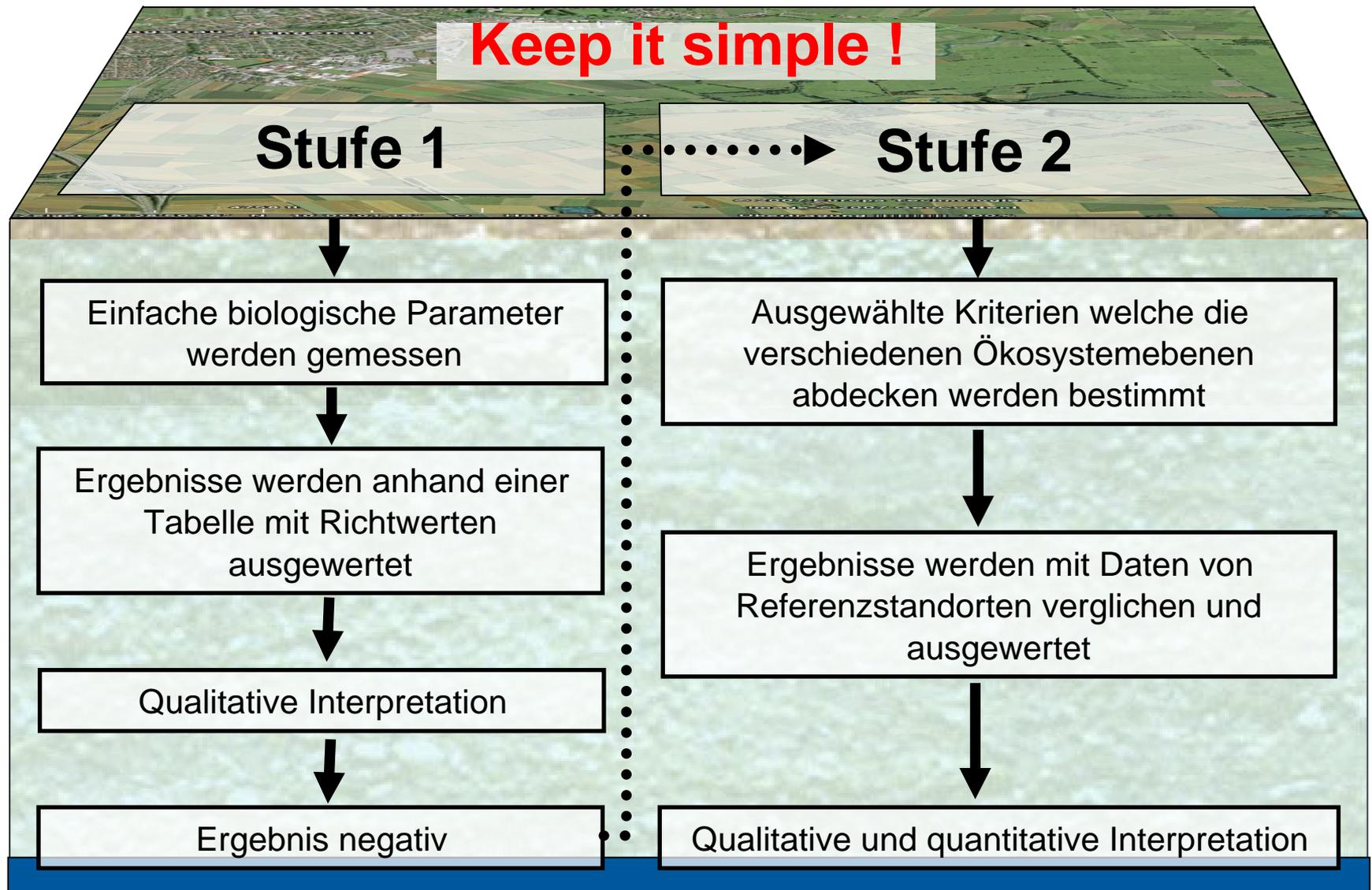
## Vision

Index der wichtige abiotische (Stress) und biotische Kriterien kombiniert

Qualitative Aussage = einzelner Parameter liegt über einem Grenzwert

Quantitative Aussage = ökologische Güteklasse

# Abgestuftes Evaluierungsschema zur Bewertung des ökologischen Zustands von Grundwässern



# Abgestuftes Evaluierungsschema zur Bewertung des ökologischen Zustands von Grundwässern



**Keep it simple !**

## Auswertung und Interpretation

Anzahl der Abweichungen ist ausschlaggebend

Wenn 0 dann ist der ökologische Zustand am höchsten = 1

Falls N# der Abweichungen >0, dann  $N\# \text{ Abweichungen} / N\# \text{ Kriterien}$

1 = Referenzzustand

<1 = Abweichung vom sehr guten ökol. Zustand (0-1)

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

