

# Ufermonitoring Bodensee

## Datenblatt Phytobenthos Schwerpunkt benthische Diatomeen

### 1 Einleitung

Für diese sehr artenreiche Gruppe existieren seit langem verschiedenste erprobte Indikationsverfahren. Seit Einführung der gesetzlichen Verpflichtung, diese Organismengruppe in Seen regelmäßig zu untersuchen hat die sehr alte Tradition der Kieselalgenforschung im Benthos an Bedeutung gewonnen. Durch die große Menge in diesem Rahmen erhobener Daten konnten neue umfangreiche Erkenntnisse erlangt werden.

#### 1.1 Definition

Das Phytobenthos wird von mikroskopisch kleinen Algen gebildet, die an einem geeigneten Substrat anhaften. Dabei bilden diese Algen in größeren Individuenzahlen oft makroskopisch sichtbare Überzüge auf dem jeweiligen Substrat und können auch, abhängig von der Art, fädige Formen annehmen. Bei Massentwicklungen entstehen sogenannte Algenwatten oder Algenmatten.

Benthische Diatomeen (substratgebundene Kieselalgen) bilden einen in Alpen- und Voralpenseen erheblichen Anteil der Phytobenthosflora. Jedes Individuum bildet eine zweischalige Hülle aus Kieselsäure anhand derer lichtmikroskopisch Arten, Unterarten und andere taxonomische Gruppen angesprochen werden können. Es handelt sich um Einzeller, die entweder frei leben oder durch Gallerten mit einem Substrat oder anderen Kieselalgen verbunden sind und so Kolonien bilden. Die kleinsten bekannten Arten kommen in der Regel im Freiwasser vor und sind ca. 2,5µm groß. Die größten können eine Länge von über 2000 µm erreichen. Die Forschung beschäftigt sich schon seit über 150 Jahren mit der Taxonomie und den ökologischen Präferenzen der Arten. Diese Algengruppe beinhaltet zahlreiche sehr gut erforschte Indikatororganismen. Innerhalb weniger Wochen kann sich eine existierende Biozönose an neue Umweltbedingungen anpassen und somit indizieren. In erster Linie reagiert die Gruppe auf stoffliche Veränderungen ihres Habitats. Kieselalgen kommen in nahezu jedem Ökosystem vor, es existieren auch auf extreme Standorte spezialisierte Gesellschaften.

#### 1.2 Ökologische Bedeutung

Die auf verschiedenstem Substrat (Steine, Sand, Schlamm, Pflanzen) aufwachsend lebenden Algen bilden eine wichtige Nahrungsgrundlage für wasserlebende weidende Insektenlarven, Kleinkrebse und andere Organismen.

Auf Pflanzen aufwachsende (epiphytische) Algen stellen für dieses Substrat eine Konkurrenz um die Lichtverfügbarkeit dar, indem sie die Wirtspflanzen beschatten. Unter diesen wiederum gibt es Arten, die durch den Ausstoß allelopathischer Wirkstoffe den Bewuchs minimieren können.

Die Photosyntheseleistung der Aufwuchsalgen trägt zum Stoffumsatz und der Sauerstoffverfügbarkeit in ihrem Umfeld bei und kann kleinräumig den pH-Wert beeinflussen.

### 2 Fragestellungen

Dokumentation und Entwicklung der Artenzusammensetzung und der Artenvielfalt.

Die Taxonomie und ökologischen Präferenzen der benthischen Diatomeen werden bereits seit weit über 100 Jahren intensiv untersucht. Aus diesen langjährigen Untersuchungen mit den umfangreichen Erkenntnissen können diese Organismen für zahlreiche Indikationssysteme verwendet werden.

Indikationswerte wurden u.a. für folgende Belastungen oder Bedingungen festgelegt:

- Trophie
- Saprobie
- Versauerung
- Versalzung
- Aerophilie

Die kurze Generationszeit dieser Einzeller verbunden mit der ubiquitären Verbreitung und der langen Forschungstradition ermöglichen die Erfassung und Bewertung kurzfristiger Änderungen und Entwicklungen vor allem in stofflicher Hinsicht. Beispielsweise kann eine sich im Jahresverlauf ändernde trophische Belastung erkannt aufgezeigt werden. Belastungsquellen und –situationen können erkannt werden.

Neophyten unter den benthischen Kieselalgen werden immer häufiger beobachtet. Die Untersuchung und die Bestimmung der mikroskopisch kleinen Organismen erfordert sehr große Fachkenntnis, vermutlich sind Neophyta verbreiteter als bisher bekannt. Bisher sind aus dem Alpen- und Voralpenland keine negativen Auswirkungen der Besiedlung und Ausbreitung dieser Arten bekannt. Beispiele aus anderen Gebieten zeigen, dass auch diese Einzeller das Potenzial zu invasivem Verhalten haben und große ökologische und ökonomische Schäden anrichten können.

Die durch Oxidation der Proben gewonnenen Diatomeensuspensionen können ebenso wie die daraus erstellten Dauerpräparate bei geeigneter Lagerung fast unbegrenzt aufgehoben werden, sodass sie auch für künftige und/oder andersartig gelagerte Auswertungen auch zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Es besteht somit die Möglichkeit ein Archiv zu gewinnen, anhand dessen auch zu wesentlich späteren Zeitpunkten Untersuchungen zu dann aktuellen Fragestellungen durchgeführt werden können und Rekonstruktionen älterer Zustände sowie das Nachvollziehen früherer wissenschaftlich-fachlicher Erkenntnisse und Einschätzungen möglich werden. Gleichmaßen kann schon heute für den Vergleich rezenter und historischer Gesellschaften auf umfangreiche Sammlungen von Diatomeenpräparaten zurückgegriffen werden. Weitere Möglichkeiten historisches Vergleichsmaterial zu erhalten sind z.B. die Präparation der Diatomeen von historischen Herbarbelegen.

Andere Algengruppen des Phytobenthos weisen bei weitem nicht dies Forschungstradition auf, jedoch können sie auch in oligotrophen Alpenseen einen großen Anteil zur Gesamtbiomasse dieser Organismengruppe beitragen.

### 3 Methoden

#### 3.1 Datenerhebung

Die Beprobung benthischer Diatomeen erfolgt je nach Fragestellung durch die Entnahme des Biofilms von standorttypischem oder auch künstlich eingebrachtem Substrat. Es kann auch zwischen Substrattypen unterschieden werden, z.B. Pflanzen oder Bodensubstrat. Für die Vergleichbarkeit von Erhebungen sollte eine Vorgabe für die Substratwahl erfolgen, da die Arten unterschiedliche Präferenzen diesbezüglich haben können.

Nach der Reinigung der Proben von organischen Material und Zellinhalten werden lichtmikroskopische oder rasterelektronenmikroskopische Dauerpräparate erstellt. In der Regel wird eine vorgegebene Anzahl (meist 500) von Schalenhälften innerhalb eines Präparates bestimmt und ausgezählt.

Um Aussagen über einen größeren Bereich oder einen kompletten Seewasserkörper machen zu können, müssen gezielt der Fragestellung angepasst eine ausreichende Anzahl Probestellen untersucht werden. Beispielsweise werden nach den Vorgaben des deutschen Verfahrens nach EG-WRRL 87 Probestellen untersucht (27 Untersee, 60 Obersee). Die Anzahl der Probestellen ist durch das Verfahren vorgegeben und entspricht damit den gesetzlichen Grundlagen.

Eine Methode die sich noch in der Entwicklung befindet ist der Einsatz genetischer Analysen, eDNA zur Artbestimmung.

Eine Beprobung und Bestimmung anderer Artgruppen der Phytobenthos (ohne Characeen und Diatomeen) findet in größerem Umfang in Routinemessprogrammen nur in Fließgewässern statt. Dementsprechend existieren auch keine etablierten Methoden für die Beprobung in Seen.



Abbildung 1: Lage der Probestellen EG-WRRL, deutsches Verfahren

### 3.2 Indikations- und Bewertungssysteme

Für Indikationen mithilfe von benthischen Diatomeen existieren zahlreiche Systeme, die meisten wurden jedoch anhand von Fließgewässerdaten aufgestellt. Im Folgenden sind einige der wichtigsten im Seebereich aufgeführt:

- Der **Trophieindex** nach HOFMANN (1999) weist einer großen Anzahl von Arten Indikationswerte und Gewichtungsfaktoren zu. Unter deren Berücksichtigung sowie der Häufigkeiten der indikativen Taxa innerhalb einer Biozönose wird ein Trophiewert ermittelt.
- Der **Referenzartenquotient** wurde im Zusammenhang mit dem deutschen Bewertungsverfahren nach WRRL entwickelt und ist ein Maß für die Ungestörtheit einer Diatomeengesellschaft durch anthropogene Einflüsse.
- Der **Rote Liste Index** verrechnet die Einstufungen der in einer Probe vorkommenden Diatomentaxa die in der Roten Liste der Kieselalgen Deutschlands geführt sind. Der Grad ihrer Gefährdung wirkt sich auf die Gewichtung aus, mit der sie in die Berechnung eingehen.

Weitere für Fließgewässer aufgestellte Indikationssysteme können auch für Seebewertungen herangezogen oder adaptiert werden. Bewertet werden z.B. Säuregrad, Versalzung und Saprobie.

1. **Phylib** (Schaumburg et al. 2014): Die Teilkomponente benthische Diatomeen wird als multimetrischer Index aus den o.g. Modulen für die Umsetzung der WRRL in Deutschland ermittelt.

### 3.3 Kosten benthische Kieselalgen (Stand 2021)

#### 3.4 Periodizität und Dauer

- Sechsjährlich, einmalige Beprobung im Sommer gleichzeitig mit der Makrophytenkartierung (gesetzliche Vorgabe EG-WRRL dreijährlich „...“, sofern die zuständige Behörde auf Grund des aktuellen Wissensstands nichts Anderes festlegt“.)
- Dauerbeobachtungsflächen je nach Fragestellung öfter, z.B. ein- bis viermal pro Jahr

## 4 Fachliche Querverbindungen

- Makrophyten
  - dienen als Substrat/Besiedelungsfläche
  - Allelopathie gegen Periphyton
  - Nahrungskonkurrenz
- Makrozoobenthos
  - Beweidung von Phytobenthos
- Fische
  - Beweidung von Phytobenthos
- Phytoplankton
  - Nahrungskonkurrenz
  - Beschattung des Phytobenthos
  - Allelopathie

- Beschattung des Phytobenthos durch angetriebene (Blau-) Algenblüten
- Uferchemie
  - pH-Werte (Photosynthese)
  - CO<sub>2</sub>
  - O<sub>2</sub>
  - Nährstoffe: Phosphor und Stickstoff
- Sediment
  - Feinsedimentbildung
  - Kalkablagerungen durch kalkinkrustierende Algen

## 5 Gesetzliche Grundlagen/Vorgaben (kein Anspruch auf Vollständigkeit)

- Deutschland
  - WRRL 2000/60/EG
  - Oberflächengewässerverordnung – OgewV
  - Wasserhaushaltsgesetz - WHG
- Österreich
  - WRRL 2000/60/EG
  - Wasserrechtsgesetz (WRG 1959 idgF)
  - Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 idgF)
  - Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG (BGBl. II Nr. 99/2010 idgF)
  -
- Schweiz
  - Gewässerschutzgesetz (GschG, SR 814.20)
  - Gewässerschutzverordnung (GschV, SR 814.201)
  - Modulstufenkonzept zur Untersuchung der Gewässer (Bundesamt für Umwelt)

Mit dem vorgeschlagenen Monitoring werden die gesetzlichen Vorgaben nach EG-WRRL erfüllt.

## 6 Synergien

- Klimafolgenmonitoring
- Kontrolle stofflicher Veränderungen
- Berichtspflichten:
  - WRRL

## 7 Bisheriges Monitoring/Erhebungen (benthische Kieselalgen)

seeweite Untersuchungen:

- Methode nach WRRL:
  - 2006 bis 2010;
  - 2013 Untersee;
  - 2014 Obersee

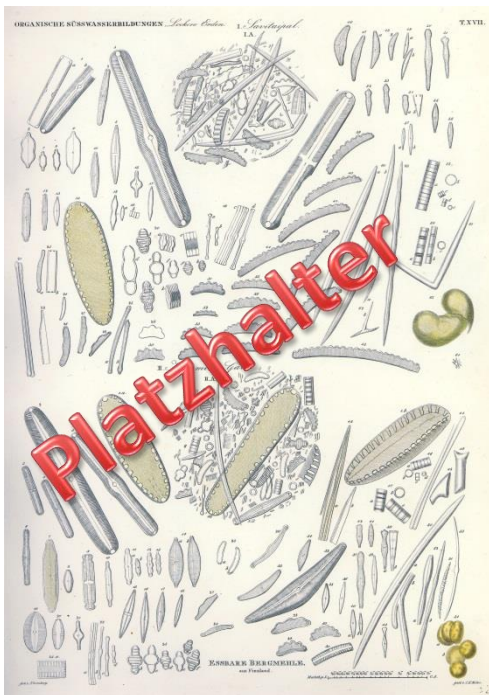
verschieden stellenbezogene Untersuchungen

## 8 Datenhaltung

Die erhobenen taxonomischen Daten inkl. Verortung und standortbezogene Begleitdaten sollen in FisGeQua hinterlegt werden.

Für die Diatomeensuspensionen und Dauerpräparate muss eine dauerhafte Archivierung ermöglicht werden.

## Foto



## 9 Literatur:

**HOFMANN, G. (1999):** Trophiebewertung von Seen anhand von Aufwuchsdiatomeen. – In: von Tümpling, W. & Friedrich, G. (Hrsg.): Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung 2: Biologische Gewässeruntersuchung. Gustav Fischer Verlag, Jena.

**SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., VOGEL, A. (2014):** Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten & Phytobenthos Phylib