

Ufermonitoring Bodensee

Datenblatt Makrophyten

1 Einleitung

Wasserpflanzen sind ortskonstante oft mehrjährige Organismen, die sich in ihrem Vorkommen und ihrer Zusammensetzung an die Umgebungsbedingungen anpassen müssen. Nicht erst seit der gesetzlichen Verpflichtung, diese Gruppe regelmäßig und in allen Gewässern zu untersuchen wurden Beobachtungen zu deren Indikatoreigenschaften durchgeführt und dokumentiert. Im Bodensee wurden bereits vor über hundert Jahren Wasserpflanzenuntersuchungen durchgeführt.

1.1 Definition

Unter Makrophyten versteht man alle mit bloßem Auge erkennbaren Pflanzen, die dauerhaft im Wasser wurzeln oder auch untergetaucht leben. Dazu gehören höhere Wasserpflanzen (Blütenpflanzen), Wassermoose, Wasserfarne sowie Algen der Familie Characeae. Die Wuchsformen enthalten Helophyten (Sumpfpflanzen), Pleustophyten (Wasserschweber), Hydrophyten (untergetauchte Wasserpflanzen) und Haptophyten (anhaftende Wasserpflanzen).

Makrophyten bilden je nach den vorliegenden Standortbedingungen Biozönosen unterschiedlicher Artenzusammensetzung, Abundanz und Vitalität aus. In ihrem Vorkommen sind sie u.a. abhängig von den Nährstoffgehalten sowohl im Freiwasser als auch im Sediment, der Lichtverfügbarkeit und damit der Trübung des Wassers sowie der Sichttiefe, von der Substratbeschaffenheit, Wasserstandsschwankungen, der Temperatur und mechanischen Belastungen durch z.B. Wellenschlag und Strömung.

1.2 Ökologische Bedeutung

Der Bodensee gehört zu den Seen, an denen die vollständige Abfolge der Makrophytenbestände an Seeufern noch anzutreffen ist. Durch Verbau und Stauregulierungen werden Teilbereich des natürlichen Zustands oftmals überprägt oder entfallen komplett.

Die natürliche Abfolge besteht vom Land her kommend aus einem Röhrichtgürtel, einer Zone von Schwimmblattpflanzen, gefolgt von untergetauchten Gefäßpflanzen und schließlich Characeenrasen. Diese vollständige Abfolge ist auch natürlicherweise nicht an allen Uferstellen gleichermaßen ausgeprägt. Das Vorhandensein oder Fehlen von Makrophyten beeinflusst die biotischen und abiotischen Faktoren, die einen Standort prägen, maßgeblich.

Röhrichte bilden einen Bereich, mit dem sich die trockenen und die überfluteten Flächen des Ufers verbinden und damit ein intensiver Austausch zwischen den Lebensräumen im Wasser und an Land gewährleisten. Durch die ausgeprägte Wurzel- und Rhizombildung wird die Uferhalde stabilisiert. Sowohl Land- als auch Wasserbewohner können diese Bereiche besiedeln. Vögel aus terrestrischen und aus limnischen Ökosystemen finden Nistmöglichkeiten.

Vor allem Schilfbewuchs beeinflusst die Sedimentchemie und damit die Bedingungen für andere bodengebundene Organismen erheblich, z.B. bzgl. des Redoxpotentials und damit die Ionenkonzentrationen im Interstitialwasser.

Die dreidimensionalen Strukturen, die durch den Pflanzengürtel gebildet werden, verändern die Strömungs- und Wellenenergien, die auf die Litoralzone einwirken. Beruhigtere Bereiche entstehen die wiederum auch eine stärkere Erwärmung im Flachwasser ermöglichen.

Krautlaicher unter den Fischen und einige MZB-Arten benötigen Wasserpflanzen zur Eiablage.

Die im Vergleich zum Sediment stark vergrößerte Oberfläche bildet ein Besiedlungshabitat für verschiedene pflanzliche Mikroorganismen, diese tragen durch Photosyntheseleistung vermehrt Sauerstoff in das Gewässer ein und bilden aber auch Nahrungsgrundlage für weidende Makrozoobenthosarten. Die Detritusansammlungen unter Makrophytenbeständen bieten Lebensraum für die Zerkleinerer unter dem MZB

Verschiedenste Makrozoobenthosarten nutzen Makrophyten als Lebensraum und sind z.T. auch an spezielle Wirtspflanzen gebunden. Submerse Pflanzen dienen als Rückzugshabitat. Der Bereich zwischen den Wasserpflanzen bietet Jungfischen Schutz vor Fraßfeinden, ebenso Zooplankton vor planktivoren Fischen. Die Filtrierleistung des Zooplanktons trägt wiederum zu einer höheren Transparenz des Wassers bei und fördert somit das durch die Lichteindringtiefe limitierte Makrophytenwachstum.

Der Makrophytengürtel eines Sees bildet eine ökologische Nische für spezialisierte Flora- und Faunaarten. Als dauerhafter oder temporärer Rückzugsraum ist der mit Makrophyten besiedelte Litoralbereich eines Sees unverzichtbar und ist essentieller Bestandteil eines funktionierenden Seeökosystems.

2 Fragestellungen

Seit Beginn des 20. Jhd. bereits werden die höheren Wasserpflanzen in Seen und auch im Bodensee intensiver untersucht, wobei auch auf Funde aus der Mitte des 19. Jhd. verwiesen wird (Baumann 1911). Die so gewonnenen langjährigen Erkenntnisse liefern wertvolles Wissen über Taxonomie, Ökologie und Verbreitung der Arten. Dadurch sind sowohl Veränderungen der Bestände nachvollziehbar sowie auch die ökologische Aussagekraft der Artgruppe gut untersucht und kann weiterhin genutzt werden. Bei geeigneten Standortbedingungen können Makrophyten annähernd den gesamten litoralen Lebensraum bedecken. Die Verbreitung in die Tiefe kann je nach Transparenz des Wassers und damit den Lichteindringtiefe über 20 m betragen. Kenntnisse dieser Vegetation liefern dementsprechend Informationen verschiedenster Art über diesen bewachsenen Bereich.

- Dokumentation und Entwicklung der Artenzusammensetzung und der Artenvielfalt
- Makrophyten integrieren Umwelteinflüsse großräumig und langfristig, kurzfristige natürliche Schwankungen werden dadurch abgepuffert.
- Flächige detaillierte Aussagen über die Verhältnisse des makrophytenbestandenen Litorals können getroffen werden:
eine Erhebung die den kompletten Litoralbereich abdeckt ist durch eine flächenhafte Tauchkartierung möglich. Das gesamte Arteninventar inklusive verschiedener Zusatzinformationen z.B. über Vitalität der Pflanzen, Sedimentbeschaffenheit, Grundwasserzutritte, Ausdehnung von Muschelbänken usw. können flächendeckend erhoben werden.

- Änderungen bedingt durch lokale Einflüsse können abschnittsscharf erkannt werden, die hochaufgelöste Identifizierung natürlicher Unterschiede sowie von Störungen und/oder Veränderungen ist möglich.
- Makrophyten sind abhängig von und wirken auf verschiedene Umgebungsbedingungen, die biozönotischen Daten können deswegen u.a. für folgende Fragestellungen genutzt werden:
 - Nährstoffeintrag/Nährstoffgehalt sowohl von Wasser als auch vom Substrat
 - Schwebstoffeintrag, Trübung, Sichttiefe
 - pH-Wert (für große gut gepufferte Gewässer eher weniger relevant)
 - Substratbeschaffenheit
 - physikalische Einwirkungen (Strömung, Wellenschlag, Wasserstandsschwankungen)
 - Fraßdruck (Fische, Wasservögel)
 - Neobiota und deren Einfluss auf die heimische Biozönose

Aussagen zu Belastungsquellen und/oder Veränderungen, z.B. auch über Grundwasserzeiger oder Eutrophierungszeiger sind möglich.

- Klimaveränderungen können über Makrophyten abgebildet werden
 - Temperaturregime (Veränderungen der Artenzusammensetzung und Abundanzen)
 - Wintergrüne Bestände verändern die Zönosen in der Zusammensetzung und als Strukturbildner
 - Förderung wärmeliebender Arten (heimische und Neophyten)
 - Reaktion auf veränderte Wasserstände
 - Verlust von Litorallebensräumen sowie Wasser-Land-Übergangsbereichen und damit deren ökologischen Funktionalität durch Trockenfallen von Uferstreifen.
 - Verdrängung der Makrophyten-Biozönose in tiefere, ständig überstaute Bereiche
 - Durch erhöhte Erosion verminderte Transparenz des Wassers verringert die untere Verbreitungsgrenze der Makrophyten
- Neophyten unter den Wasserpflanzen
 - können sich sehr invasiv verhalten und Massenbestände ausbilden. In einigen Fällen verdrängen sie die heimische Flora fast komplett.
 - können sich in die bestehende Makrophytenzönose eingliedern und sich unauffällig verhalten.
- Bodenbesiedelnde Neozoa können in Konkurrenz zu Makrophyten treten, indem die Besiedlungsfläche für die Makrophyten reduziert wird (z.B. Weichsubstrat besiedelnde Muscheln)

3 Methoden

3.1 Datenerhebung

Für die Erhebung von Makrophytendaten haben sich verschiedene Methoden etabliert die für unterschiedliche Zielrichtungen angewendet werden können. Möglich sind Kartierungen von einem Boot aus. Mit Hilfe von Rechen oder sogenannten Makrophyten ankern und Sichtkästen werden Wasserpflanzen an die Oberfläche geholt, die Arten bestimmt sowie die Häufigkeit des Vorkommens abgeschätzt. Auch Bodengreifer können verwendet werden. Der Einsatz von Rechen eignet sich

hauptsächlich bei weichem Substrat, hochwüchsigen Arten und bei schlechten Sichtverhältnissen. Bei hartem, grobem Substrat sind Greifer effektiver, ebenso bei niedrigwüchsigen Pflanzen. Eine weitere Methode ist der Einsatz von Tauchern, die unter Wasser vor Ort Makrophytenarten bestimmen und deren Häufigkeiten abschätzen.

Ausgewählte Transekte können mit beiden Erhebungsmethoden beprobt werden. Der Einsatz von Tauchern lässt auch eine flächendeckende Untersuchung der gesamten Litoralzone bis hin zur Verbreitungsgrenze der Makrophyten in der Tiefe zu.

Die Einrichtung von Transekten in einer für den Zweck der Untersuchung ausreichenden Zahl und an geeigneten Stellen erlaubt eine gezielte repräsentative Erhebung. Sie eignen sich als Dauerbeobachtungsflächen für die zeitlich engmaschige Beobachtung bestimmter Veränderungen in den Biozönosen oder Standortfaktoren.

Die flächige Untersuchung der gesamten Uferhalde bietet die Möglichkeit ein Bild der ganzen Litoralzone zu bekommen. Neben den stellenscharfen Änderungen der Makrophytenbiozönose und damit stellenscharfen Informationen über die Standortbedingungen und deren Unterschiede im Uferrbereich können auch bedarfsbezogen weitere Parameter und Phänomene kartiert werden. Beispielsweise die Erhebung von Muschelbänken könnte von Makrophytentauchern miterhoben werden. Unabhängig von Substrat, Wuchsformen und sonstigen Standortbedingungen können Taucher eingesetzt werden.

Der Einsatz von Luftbildern zur Ermittlung von Bestandsgrößen kann hilfreich sein.

Methoden die sich noch in der Entwicklung befinden sind der Einsatz von luftbildgestützten Erhebungen der Artenzusammensetzung (Fernerkundung) sowie zur Artbestimmung der Einsatz genetischer Analysen, eDNA.



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

3.2 Indikations- und Bewertungssysteme

- Der **Makrophytenindex** (Melzer & Schneider 2011): beruht auf einer Liste von Indikatorarten, eingeteilt in 9 Gruppen. Die Arten und deren Abundanz einer Biozönose werden aufgrund dieser Einteilung zu dem MI (Makrophytenindex) verrechnet. Dieser wird für jeden kartierten Abschnitt ermittelt und kann auch für einen ganzen See errechnet werden. Ergebnis ist ein (trophischer) Belastungsgrad zwischen „sehr gering“ und „sehr stark“. Der mittlere Makrophytenindex eines Sees korreliert mit dessen Gesamtposphorkonzentration während der Zirkulationsphase. Der Index wurde für flächendeckende Tauchkartierungen entwickelt kann aber auch für die Ergebnisse einer Transektkartierung berechnet werden.
- **Phylib** (Schaumburg et al. 2014): Die Makrophytenarten werden in 3 Gruppen eingeteilt, in Referenzarten, Arten mittlerer Belastung oder sehr weiter Vorkommensamplitude sowie Störzeiger. Die Arten und deren Abundanz einer Biozönose werden aufgrund dieser Einteilung zu dem RI (Referenzindex) verrechnet. Dieser kann in die 5 Ökologischen Zustandsklassen der EG-WRRL-Bewertung eingestuft werden, von „sehr gut“ bis „schlecht“. Der Index wurde im Rahmen der Bewertung für die EG-WRRL entwickelt, kann also auch mit dem Ergebnis der Phytobenthosbewertung zu einem WRRL-Ergebnis verschnitten werden. Entsprechend der Anforderungen der WRRL werden hier integrierend verschiedene anthropogene Belastungen bzw. Störungen bewertet. Die Methode wurde für Transektkartierungen entwickelt, kann aber auch für flächige Kartierungen eingesetzt werden.
- **AIM (= Austrian Index Macrophytes)** (Pall & Mayerhofer 2015): Der AIM ist eine multimetrischer Index der für die Umsetzung der WRRL entwickelt wurde. Folgende Metrics werden berechnet: Vegetationsdichte, Lage der Vegetationsgrenze, typspezifische Zonierung, Trophie-Indikation und Konkrete Artengemeinschaft. Innerhalb eines Transekts kann für jedes einzelne Metric die Abweichung vom Referenzzustand und damit eine Klassifizierung entsprechend der WRRL-Klassen ermittelt werden. Das Transektergebnis bildet der Mittelwert der Einzelindices. Gewichtet nach der Uferlänge der Transekte können die Transektbewertungen zu einer Seebewertung gemittelt werden. Die Datenbasis für dieses System bilden Transektkartierungen.

3.3 Kosten (Stand 2021)

3.4 Periodizität und Dauer

- Sechsjährlich, einmalige Beprobung im Sommer während der Hauptentwicklung der Makrophytenvegetation (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

- Phytobenthos
 - als Substrat/Besiedelungsfläche
 - Allelopathie gegen Periphyton
 - Beschattung durch Periphyton

- Nahrungskonkurrenz
- Makrozoobenthos
 - Siedlungssubstrat (lebende Makrophyten, Detritus)
 - Habitatkonkurrenz (Verdrängung durch invasive Arten)
 - Nahrung (lebende Makrophyten, Detritus, anhaftendes Periphyton)
 - Stömungs- /Brandungsschutz
 - Beschattung
- Fische
 - Nahrungshabitat
 - Unterstand/Schutz
 - Substrat für Eiablage (Krautlaicher)
 - Lebensraum in speziellen Lebensabschnitten
- Phytoplankton
 - Nahrungskonkurrenz
 - Beschattung des Phytoplankton
 - Allelopathie
 - Beschattung der Makrophyten
 - mechanische Belastung der Makrophyten durch angetriebene (Blau-) Algenblüten
- Wasservögel
 - Nistmöglichkeit
 - Nistmaterial
 - Fraßfeind
 - Schutz
- Physik/Energieeintrag
 - Temperatur
 - Lichtverfügbarkeit/Trübung
 - Strömung
 - Brandung
 - Aufstau
- Uferchemie
 - pH-Werte (Photosynthese)
 - CO₂
 - O₂
 - Nährstoffe: Phosphor und Stickstoff
- Sediment
 - Feinsedimentbildung
 - Beeinflussung der Sedimentchemie im Wurzelraum

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

- Resilienzmonitoring und -forschung
- Klimafolgenmonitoring
- Erfolgskontrolle Renaturierungen
- Berichtspflichten:
 - WRRL
 - FFH

7 Bisheriges Monitoring/Erhebungen

seeweite Untersuchungen:

- Methode nach WRRL:
 - 2006 bis 2010;
 - 2013 Untersee;
 - 2014 Obersee
- 1967, 1978, 1993 in Schmieder (1998)

weitere Untersuchungen von Beispielflächen

8 Datenhaltung

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

Für die zur Plausibilisierung und Qualitätssicherung gewonnenen Herbarbelege, Fotos, Videos oder andere Medien muss eine dauerhafte Archivierung ermöglicht werden.

Foto



9 Literatur:

- BAUMANN, E. (1911):** Die Vegetation des Untersees (Bodensee). Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 554 S., Stuttgart.
- MELZER, A.; SCHNEIDER, S. (2001):** Submerse Makrophyten als Indikatoren der Nährstoffbelastung in Seen. In: STEINBERG, CALMANO, KLAPPER & WILKEN (Hrsg.): Handbuch Angewandte Limnologie. Verlag Ecomed. Kap. VIII-1.2.1: 1-13.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., VOGEL, A. (2014):** Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten & Phytobenthos Phylib
- SCHMIEDER, K. (1998):** Submerse Makrophyten in der Litoralzone des Bodensees 1993 im Vergleich mit 1978 und 1967. IGKB Bericht Nr. 46. 172 S.
- PALL, K., MAYERHOFER, V. (2015):** Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil B3 – Makrophyten; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion IV, A - 1012 Wien