

## Die Bedeutung von Taucheruntersuchungen bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und Fließgewässern

*Dr. Klaus van de Weyer*

lanaplan, Lobbericher Str. 5, D-41334 Nettetal, klaus.vdweyer@lanaplan.de

**Keywords:** Makrophyten, Tauchen, Methoden, Transekte, EG-WRRL, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie

### Einleitung

Tauchuntersuchungen zur Erfassung von Makrophyten werden seit den 1950er Jahren durchgeführt (Mothes 1955). Intensiviert wurde dies in Deutschland insbesondere durch Melzer (1976) und Vöge (1982, 1987). Taucher werden zu floristischen, vegetationskundlichen und populationsbiologischen Fragestellungen sowie zur Bewertung der Gewässergüte (Lodge et al. 1989; Melzer et al. 1986; Schmedtje et al. 2001; Vöge 1982, 1987, 1992; van de Weyer 2003a) eingesetzt. Mittlerweile sind Tauchuntersuchungen fester Bestandteil bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und tiefen Fließgewässern, um eine Bewertung gemäß EG-Wasserrahmen-Richtlinie bzw. FFH-Richtlinie durchzuführen (Schaumburg et al. 2006a, b; Spiess & Bolbrinker 2001, van de Weyer 2003b, 2006). In Seen werden Tauchuntersuchungen auch zur Beurteilung der Effizienz von Maßnahmen zur „Bekämpfung“ von Massenentwicklungen von Makrophyten eingesetzt. In vielen Projekten werden Tauchuntersuchungen mit anderen Methoden kombiniert (Jäger et al. 2002; Heege et al. 2004; Proeza et al. 2007, Schmedtje et al. 2001; van de Weyer 1999, 2006; van de Weyer et al. 2007).

Die Methoden, die Taucher zur Erfassung von Makrophyten anwenden, unterscheiden sich in der Auswahl der Probestellen, der Abgrenzung der Teilflächen und den Schätzskalen zur halbquantitativen Erfassung. Nachfolgend sollen die wesentlichen Methoden dargestellt werden. Außerdem werden Vor- und Nachteile beschrieben. Zunächst werden Voraussetzungen für Taucher zur Erfassung von Makrophyten dargestellt.

### Voraussetzungen für Taucher zur Erfassung von Makrophyten

Grundsätzlich können sowohl erfahrene Sport- als auch Forschungstaucher Makrophyten erfassen. Die Ausrüstung umfasst neben der üblichen Tauchausrüstung mit Tiefenmesser mindestens eine Unterwasser-Schreibtafel, nummerierte Plastikbeutel zur Entnahme von Makrophyten und nach Möglichkeit eine Unterwasserkamera. Bei bestimmten Fragestellungen können weitere Geräte (z.B. ein Maßband) erforderlich sein. In Flüssen mit hoher Fließgeschwindigkeit kann es notwendig sein, sich anzuleinen. Grundsätzlich müssen die Sicherheitsbestimmungen beachtet werden. Bei Bootsverkehr empfiehlt sich z.B. die Sicherung durch ein separates Boot.

Neben der Ausrüstung und den technischen Tauchfähigkeiten ist eine Schulung in Hinblick auf Makrophyten unerlässlich. Zur qualitativen Erfassung des Arteninventars sind gute Artenkenntnisse, Kenntnisse über die morphologische Plastizität von Makrophyten im Jahresverlauf, in unter-

schiedlichen Tiefenstufen und in unterschiedlichen Regionen notwendig. Werden Proben von Makrophyten durch ungeschulte Taucher genommen, werden oft seltene Arten übersehen. Ein geschulter Taucher erfasst Makrophyten überwiegend optisch, bei unklaren Taxa werden Proben zur Nachbestimmung im Labor entnommen. Hierbei ist es von Vorteil, wenn ein geschulter Taucher die bestimmungsrelevanten Merkmale der einzelnen Arten kennt.

Zur qualitativen Erfassung von Makrophyten ist Kenntnis der Schätzskaalen erforderlich. Hierbei kommen meistens die Häufigkeitsskala nach Kohler (1978) bzw. die Häufigkeitsskala nach Londo (1974) zum Einsatz.

## **Tauchuntersuchungen zur Erfassung von Makrophyten in Seen gemäß EG-WRRL und FFH-Richtlinie**

Zur Erfassung von Makrophyten in Seen gemäß EG-WRRL werden in Deutschland unterschiedliche Methoden eingesetzt. Die komplette Untersuchung des Sees nach der Methode von Melzer et al. (1986) wird z.B. in Bremen und Baden-Württemberg (LUBW 2006) durchgeführt. Hierbei wird der gesamte See in Abschnitte unterteilt und die Makrophyten getrennt nach Tiefenzonen durch verschiedene Taucher untersucht (0-1 m, 1-2 m, 2-4 m, > 4 m Wassertiefe). Vorteil dieser Methode ist die flächige Erfassung der Makrophyten. Ein Nachteil ist, dass die untere Tiefenstufe (> 4 m Wassertiefe) nicht differenziert wird. In Seen, die eine untere Makrophyten-Tiefengrenze von > 10 m aufweisen, werden die Anteile von Arten der Tiefenzone im Verhältnis zu den flacheren Bereichen nicht ausreichend berücksichtigt (vgl. LUBW 2006).

Da die flächige Untersuchung zudem sehr kostenintensiv ist, werden mittlerweile in den meisten Bundesländern nur ausgewählte Transekte in Hinblick auf die EG-WRRL untersucht. Hierzu erfolgt nach Möglichkeit vorab eine Übersichtskartierung, auf deren Grundlage die Transekte ausgewählt werden. In den meisten Bundesländern erfolgt die Aufnahme ebenfalls nach Tiefenstufen. In Nordrhein-Westfalen (van de Weyer 2006), Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein und Sachsen werden die unteren Tiefenzonen hierbei differenziert (0-1 m, 1-2 m, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m, 8-10 m, 10-12 m etc.). Diese Methode kann sowohl vom Boot aus als auch durch Tauchuntersuchungen durchgeführt werden. In Flachseen eignet sich diese Methode nur eingeschränkt, da einige Flachseen mitunter nur 1-2 Tiefenstufen aufweisen. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist, dass die Tiefenstufen nicht immer mit den Vegetationszonen übereinstimmen. So reicht z.B. der Schilfgürtel in bestimmten Seen bis 1,5 m, was genau in der Mitte der Tiefenstufe 1-2 m liegt. In diesem Fall werden in der Tiefenstufe von 1-2 m unterschiedliche Vegetationszonen zusammen aufgenommen.

Abhilfe schafft die Aufnahme von Vegetationszonen, bei der die Tiefe und Länge der einzelnen Vegetationszonen erfasst werden. Eine Vegetationszone ist hierbei durch die Dominanz von Arten, die Artenzusammensetzung und die Physiognomie (Höhe, Grad der Bedeckung) definiert. So konnte z.B. van de Weyer (2007) in einem Transekt der Brucher Talsperre die folgenden Vegetationszonen unterscheiden: *Eleocharis acicularis*-Zone mit Flutrasen-Arten (Tiefenbereich 0-1,0 m), Zone von *Eleocharis acicularis* mit Wasserpflanzen (Tiefenbereich 1,0-1,4 m), *Nitella flexilis*-Zone, kleinwüchsig (Tiefenbereich 1,4-2,8 m) und *Nitella flexilis-Myriophyllum alterniflorum*-Zone, hochwüchsig (Tiefenbereich 2,8-4,5 m). Diese Methode wird in Brandenburg angewendet. Sie ist sehr exakt, liefert jedoch auch nur Informationen zu einzelnen Transekten. Diese Methode kann nur durch Taucher durchgeführt werden.

Als weitere Methode im Rahmen der Linientransekt-Untersuchungen kann die Erfassung der Makrophyten in Einzelflächen mit definierter Grundfläche erfolgen (Spiess & Bolbrinker 2001, van de Weyer 2003a, Wood 1963). Hierbei erfolgt die Aufnahme von der unteren Vegetationsgrenze bis

zum Ufer in aufeinanderfolgenden Einzelflächen mit definierter Grundfläche (z.B. 1 m<sup>2</sup>). Alternativ können die Probeflächen in regelmäßigen Abständen liegen (z.B. im Abstand von fünf Metern jeweils Probeflächen von 1 m<sup>2</sup>). Die Größe der Einzelflächen hängt vom Seetyp bzw. der Länge des Bewuchses ab. So können Einzelflächen von 1 m<sup>2</sup> in geschichteten Seen sinnvoll sein (van de Weyer 2003a), in Flachseen, die komplett bewachsen sind, können eher größere Probeflächen (z.B. 20 m<sup>2</sup>) sinnvoll sein (Prodaza et al. 2007). Diese Methode, die in Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen angewendet wird, ist ebenfalls sehr exakt, liefert aber auch nur Informationen zu einzelnen Transekten und ist zeitintensiv. Diese Methode kann ebenfalls nur durch Taucher durchgeführt werden. In Tab. 1 sind die verschiedenen Methoden zur Erfassung von Makrophyten in Seen dargestellt, bei denen Taucher eingesetzt werden.

**Tab. 1: Übersicht auf die verschiedenen Methoden zur Erfassung von Makrophyten in Seen Deutschlands, bei denen Taucher eingesetzt werden**

	Vorteile	Nachteile	Kosten
Flächige Erfassung nach Melzer et al. (1986)	Informationen zum ganzen See	Keine Differenzierung der unteren Tiefenstufen (> 4m), Tiefenstufen harmonisieren nicht mit den Vegetationszonen	sehr hoch
Transekte, differenziert nach Tiefenstufen	einfache Handhabung	Nur punktuelle Informationen, nicht flächig; Tiefenstufen harmonisieren nicht mit den Vegetationszonen; in Flachseen begrenzt geeignet	Niedrig
Transekte, differenziert nach Vegetationszonen	genaue Informationen zu Vegetationszonen	Nur punktuelle Informationen, nicht flächig	niedrig-mittel
Transekte, differenziert in Einzelflächen mit definierter Grundfläche (Einzelflächen aufeinanderfolgend oder in regelmäßigen Abständen)	sehr genau	Nur punktuelle Informationen, nicht flächig	Mittel

Um Informationen zu Flächenanteilen von Makrophyten für einen ganzen See zu erhalten, reichen die Transekt-Untersuchungen nicht aus. Je nach Fragestellung werden die Tauchuntersuchungen mit anderen Methoden kombiniert (Jäger et al. 2002; Heege et al. 2004; Prodaza et al. 2007; Schmedtje et al. 2001; van de Weyer 1999, 2006; van de Weyer et al. 2007).

### **Tauchuntersuchungen zur Erfassung von Makrophyten in Fließgewässern gemäß EG-WRRL und FFH-Richtlinie**

In Fließgewässern ist der Einsatz von Tauchern nicht so verbreitet wie in Seen, wird jedoch in tiefen, nicht durchwatbaren Flüssen empfohlen (van de Weyer 2003b). Mögliche Methoden sind Transekte, die den ganzen Querschnitt auf einer Breite von wenigen Metern erfassen oder die Erfas-

sung auf der gesamten Breite des Fließgewässers und einer Länge von (50-) 100 m Länge (Schaumburg et al. 2006b; van de Weyer 2003b).

## Ergebnisse von Tauchuntersuchungen zur Erfassung von Makrophyten in Seen und Fließgewässern

Aus Seen ist ausreichend belegt, dass Tauchuntersuchungen zu höheren Artenzahlen und genaueren halbquantitativen Angaben führen, sofern es sich um geschulte Taucher handelt (s.o.). Durch Tauchuntersuchungen kann auch die untere Makrophyten-Tiefengrenze, die eine hohe Korrelation zur Trophie aufweist (Succow & Kopp 1985), besser erfasst werden (van de Weyer 2006). Der Taucher kann entscheiden, wo die Grenze der untersten, noch verwurzelten Pflanzen, liegt. Vielfach werden Makrophyten losgerissen und rutschen in tiefere Bereiche ab. Die Unterscheidung zwischen verwurzelten und losgerissenen Pflanzen in der Tiefenzone vom Boot aus ist hingegen so gut wie unmöglich. Bilden einzelne, locker wachsende Makrophyten die untere Makrophyten-Tiefengrenze, ist der Taucher auch im Vorteil.

Aus Flüssen lagen bisher nur wenige Vergleiche in Abhängigkeit von der Untersuchungsmethode vor. Im Jahr 2005 wurden die Makrophyten in einigen Flüssen in NRW und Rheinland-Pfalz durch Taucher erfasst. Hier erfolgten vorher Untersuchungen vom Ufer bzw. Boot aus. Tab. 2 zeigt den Vergleich der Makrophyten-Artenzahlen in 12 Probestellen. Während die Untersuchungen vom Ufer bzw. Boot zu einer mittleren Artenzahl von 3,3 führten, wurden im Rahmen der Tauchuntersuchungen durchschnittlich 8,8 Arten ermittelt. Die höheren Artenzahlen führten auch zu besseren Bewertungen gemäß EG-WRRL (Schaumburg et al. 2006b, van de Weyer 2003b).

**Tab. 2: Vergleich der Makrophyten-Artenzahlen in Flüssen in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit von der Untersuchungsmethode**

Gewässer	Probestelle	Bundesland	Artenzahl Boot/Ufer	Artenzahl Tauchen
Ems	Bei E7	NRW	2	9
Ems	oh E12	NRW	3	9
Lippe	Klostermersch	NRW	4	12
Lippe	oh Gersteinwerk	NRW	1	10
Lippe	Lünen, uh Seseke-Mdg.	NRW	5	12
Lippe	uh Lünen	NRW	5	8
Lippe	Kusenhorster Brücke	NRW	3	4
Lippe	Hervest	NRW	2	4
Mosel	Palzem	RP	4	10
Saar	Wiltinger Bogen	RP	9	10
Lahn	Oranienstein	RP	0	3
Sauer	Langsur	RP	2	11
		<b>Mittelwert</b>	<b>3,3</b>	<b>8,5</b>

## Fazit

Tauchuntersuchungen sind ein wesentlicher Bestandteil bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und tiefen Fließgewässern. Taucher untersuchen in Seen überwiegend Transekte, zu deren Aufnahmen es verschiedene Methoden gibt. Die Tauchuntersuchungen werden in vielen Projekten mit anderen Methoden kombiniert (Untersuchungen von der Seeoberfläche, Echolot-Erfassung, Fernerkundungsmethoden, SUB-GPS). Geschulte Taucher, die über gute Kenntnisse der Arten und der morphologischen Plastizität von Makrophyten verfügen sowie mit den Schätzskalen vertraut sind, liefern in der Regel genauere Ergebnisse als alle anderen Methoden. Dazu gehören höhere Artenzahlen, genauere halbquantitativen Angaben und sichere Angaben der unteren Makrophyten-Tiefengrenze.

## Danksagung

Die Tauchuntersuchungen in Flüssen in NRW wurden im Auftrag des LANUV NRW (Projektleitung: Dr. B. Guhl), die entsprechenden Untersuchungen in Rheinland-Pfalz im Auftrag des LUWG Rheinland-Pfalz (Projektleitung: Dr. K. Wendling) durchgeführt.

## Literatur

- Jäger, P., Pall, K., Dumfarth, E. (2002): Zur Methodik der Makrophytenkartierung in großen Seen. Österreichs Fischerei 55: 230-238
- Heege, T., Häse, C., Bogner, A., Pinnel, N. (2004): Physikalisch basierte Prozessierung multispektraler Fernerkundungsdaten von Binnengewässern. Laufener Seminarbeitr. 2/03: 67-71, Bayer. Akad. f. Naturschutz u. Landschaftspflege, Laufen/Salz
- Kohler, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. Landschaft und Stadt 10: 73-85
- Lodge, D. M., Krabbehnft, D. P., Striegel, R. G. (1989): A positive relationship between groundwater velocity and submersed macrophyte biomass in Sparkling Lake, Wisconsin. Limnol. Oceanogr. 34: 235-239
- Londo, G. (1974): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: Knapp, R. (ed.): Sampling methods in vegetation science: p. 45-49. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2006): Der Makrophytenbestand in ausgewählten Baggerseen der Oberrheinebene. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 102: 348 S., Karlsruhe
- Melzer, A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen; dargestellt im Rahmen limnologischer Untersuchungen an den Osterseen und den Eggstädt-Hemhofer Seen (Oberbayern). Dissertationes Botanicae 34: 195 S. Cramer, Vaduz.
- Melzer, A., Harlacher, R., Held, K., Sirch, R., Vogt, E. (1986): Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. - Informationsber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 4/86: 210 S., München
- Mothes, G. (1955): Der Wert des autonomen Tauchens bei limnologischen Arbeiten. Limnologica 3: 11-16
- Prodaza, P., Brinkmann, T., Evers, P., Felde, D. von, Frost, U., Klopp, R., Knotte, H., Kühlmann, M., Kuk, M., Lipka, P., Nusch, E. A., Wessel, A., Weyer, K. van de (2007): Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. F & E-Vorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW (MUNLV), unveröff. Endbericht, Essen
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G. (2006a): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. – Stand September 2006, Bayerisches Landesamt für Umwelt, München
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, A., Foerster, J. (2006b): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. - Stand Januar 2006, Bayerisches Landesamt für Umwelt, München
- Schmedtje, U., Köpf, B., Schneider, S., Meilinger, P., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, G., Mollenhauer, D. (2001): Leitbildbezogenes Bewertungsverfahren mit Makrophyten und Phytobenthos. ATV-

DVWK Arbeitsbericht ATV-DVWK-Arbeitsgruppe GB-1.5 „Leitzönosen“: 281 S., ATV-DVWK, Hennef

- Spiess, H.-J., Bolbrinker, P. (2001): Monitoring submerser Makrophyten in nährstoffarmen Klarwasser-Seen in Mecklenburg-Vorpommerns. Artenschutzreport 11/2001: 67-71
- Succow, M., Kopp, D. (1985): Seen als Naturraumtypen. Petermanns Geogr. Mitt. 3: 161-170
- Vöge, M. (1982): Zur Durchführung vegetationskundlicher Untersuchungen in norddeutschen Seen. Tuexenia 2: 23-26, Göttingen
- Vöge, M. (1987): Technik und Ergebnisse der Hydrophyten-Vegetationsaufnahme unter Benutzung eines Tauchgeräts. Arch. Hydrobiol. 110: 125-132.
- Vöge, M. (1992). Die Entwicklung von *Potamogeton praelongus* im Grobensee bei Hamburg. Tuexenia 12: 275-284, Göttingen
- Weyer, K. van de (1999): Makrophyten. In: Friedrich, G., Tümpling, W. von (Hrsg.): Allgemeine Methoden der Biologischen Gewässeruntersuchung, Bd. 2: 198-219, G. Fischer, Jena/Stuttgart/Lübeck/Ulm
- Weyer, K. van de (2003a): Vegetationskundliche Erhebungen in Nassabgrabungen - Ergebnisse von Tauchuntersuchungen im Niederrheinischen Tiefland. Tuexenia 23: 307-314, Göttingen
- Weyer, K. van de (2003b): Kartieranleitung zur Erfassung und Bewertung der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblätter 39: 60 S., Essen
- Weyer, K. van de (2006): Klassifikation und Bewertung der Makrophytenvegetation der großen Seen in Nordrhein-Westfalen gemäß EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA-Merkblätter 52: 105 S., Essen
- Weyer, K. van de (2007): Zur aquatischen Flora und Vegetation der Talsperren in Nordrhein-Westfalen. Decheniana, im Druck
- Weyer, K. van de, Nienhaus, I., Tigges, P., Hussner, A., Hamann, U. (2007): Eine einfache und kosteneffiziente Methode zur flächenhaften Erfassung von submersen Pflanzenbeständen in Seen. Wasser und Abfall, im Druck
- Wood, R. D. (1963): Adapting scuba to aquatic plant ecology. Ecology 44: 416-418