

Zur Methodik der Makrophytenkartierung in großen Seen

PAUL JÄGER¹, KARIN PALL² UND ERICH DUMFARTH³

¹ Amt der Sbg. Landesregierung, Gewässerschutz, Postfach 725, 5010 Salzburg

² Systema, Bio- und Management Consulting GmbH., Bensasteig 8, 1140 Wien

³ ICRA, Dr.-Hans-Lechner-Straße 7, 5071 Siezenheim bei Salzburg

Abstract

Method of plotting macrophytes in large lakes

Modern instruments like DGPS and echo-sounding allow a rapid and cheap survey of wide-spread occurrences of emerse and submersed macrophytes. The basis of such a survey is an exact survey of the long-term mean-water shore zone of a lake.

From a boat and by means of echo-sounding, macrophytes and the littoral zones are surveyed systematically and simultaneously. Identification of species, delimitation of homogeneous vegetation zones and further vegetation surveys, for example transect plottings by scuba diving, follow complementary.

Gliederung:

1. Einleitung und Problemstellung
2. Die Vermessung von Seen mittels Echolot und DGPS
3. Die Vermessung der emersen und submersen Makrophytenvegetation großer Seen mit Echolot und DGPS
4. Erhebung des Artbestandes und weiterer vegetationskundlicher Aspekte der Ufervegetation großer Seen
5. Zusammenfassung
6. Literatur

1. Einleitung und Problemstellung

Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Kommission strebt langfristig einen »guten ökologischen Zustand« der Gewässer Europas an. Hierfür ist auch eine Untersuchung und Beurteilung aller Stillgewässer ab einer Größe von 50 ha gefordert. Eine der zur Bewertung des ökologischen Zustandes heranzuziehenden »Qualitätskomponenten« ist die Makrophytenvegetation. Geeignete Grundlagendaten sind jedoch nur für wenige Seen in Österreich vorhanden (Dokulil et al., 2001). Es ergab sich daher die Notwendigkeit der Entwicklung einer geeigneten Methode zur umfassenden, raschen und kostengünstigen Erhebung des Makrophytenbestandes in größeren Seen.

Um auf Basis der Makrophytenvegetation Aussagen zum Gewässerzustand ableiten zu können, ist eine gesamthafte Betrachtung unbedingt erforderlich. Die Makrophytenkartierung an Seen betrachtet daher das gesamte Litoral bis zur Vegetationsgrenze. Das Litoral wird in Zonen mit homogener Vegetationsausstattung unterteilt, innerhalb derer das jeweilige Artenspektrum nach verschiedenen Kriterien, wie mengenmäßiges Vorkommen und artspezifische Wuchshöhen, erhoben wird (Pall, 1999). Auf Basis dieses Datenmaterials kann dann eine Beurteilung des Gewässerzustandes nach ÖNORM M 6231 erfolgen (Pall & Jäger, 2001).

Die Aufnahme der Schilf-, Binsen- und Schwimmblattzone erfolgte bislang vom Boot aus, die Kartierung der Unterwasserpflanzen durch Betauchung. Die flächige Erfassung emerser Makrophytenbestände konnte über Luftaufnahmen oder optische Vermessung mit einigem Aufwand, aber doch in ausreichender Genauigkeit erfolgen. Eine genaue vermessungstechnische Erfassung der Unterwasservegetation größeren Seen war bisher mit vertretbarem Aufwand nicht möglich. Flächige Betauchungen (Melzer et al., 1986; Pall, 1996) sind vor allem in größeren Seen sehr aufwendig, kostenintensiv und trotzdem einigermaßen ungenau, da sich die Taucher nur an Tiefenstufen über den Tiefenmesser orientieren konnten und die Tiefenkarten der Seen für eine exakte Positionierung eines Tauchers über Tiefenlinien in aller Regel zu ungenau waren.

Wurden Ergebnisse von Untersuchungen der Ufervegetationen großer Seen nach der bisher angewandten Methodik für GIS-Darstellungen in herkömmlichen Seenkarten übertragen, entstand eine Scheingenauigkeit mit z. T. großen Fehlern, die einerseits bereits in der Grundkarte und andererseits in der bisher nicht möglichen genauen Positionierung des Untersuchers lagen. Ausbreitungsgrenzen und Flächenbilanzen konnten daher als Basisaufnahme oder für die Beobachtung der weiteren Entwicklung der Makrophytenbestände der Seen nur dann verwendet werden, wenn zusätzlich eine genaue Vermessung der Bestandesgrenzen an ausgewählten Transekten erfolgt ist, was den Aufwand weiter erhöhte.

Durch die Entwicklung der Technik der Echosondierung in Verbindung mit der immer größeren Positionsgenauigkeit von GPS- bzw. »Differential«-GPS-Daten konnte nunmehr eine Methode entwickelt werden, die eine rasche und kostengünstige Erhebung des Makrophytenbestandes großer Seen ermöglicht.

2. Die Vermessung von Seen mittels Echolot und DGPS

Die Vermessung von Seen bzw. des unter Wasser befindlichen Geländes fußt methodisch auf zwei Komponenten: der Bestimmung der Position mittels DGPS sowie der Bestimmung der Gewässertiefe mittels Echolotung.

2.1 Geräte

DGPS

GPS steht für Global Positioning System und ist ein satellitengestütztes Navigationssystem zur Positionsbestimmung. Dieses Navigationssystem ist mit handelsüblichen GPS-Empfängern kostenlos nutzbar. Zur Zeit können mit GPS Positionen mit einer Genauigkeit – Genauigkeit definiert als Abweichung von einem geodätisch vermessenen Punkt – von wenigen Metern bestimmt werden. Mit dem speziellen Verfahren des Differential-GPS (DGPS) wird die Genauigkeit bedeutend erhöht. Per Funk oder als Radiosignal übertragene Korrekturdaten gleichen Abweichungen aus, die durch Ephemeridenfehler (Positionsfehler der Satelliten) oder die Wirkung der Atmosphäre auf die Satellitensignale entstehen. Die Abweichungen reduzieren sich auch bei relativ preisgünstigen Systemen auf weniger als einen Meter.

Eine zusätzliche Verbesserung der Messungen wird durch Beseitigung des Multipath-Effekts (Mehrfachreflexionen an glatten Oberflächen wie dem Wasserspiegel) erzielt. GPS-Systeme für hydrographische Vermessungen sollten zur Unterdrückung derartiger Fehler mit entsprechender Technologie ausgestattet sein. Kontrollmessungen in Salzburg mit einem für hydrographische Vermessung optimierten DGPS-System erbrachten einen potentiellen Lagefehler, der bei rund zwei Drittel aller Messungen kleiner als 40 Zentimeter, bei rund 96% aller Messungen kleiner als 60 Zentimeter, stets aber unter einem Meter lag.

Echolotung

Informationsträger für die Erkundung des Raums zwischen Wasserspiegel und Gewässergrund ist die Ausbreitung einer Schallwelle, die als Schwingung durch das elastische Medium des Wassers verläuft. In der einfachsten Form wird so die Wassertiefe bestimmt. Moderne wissenschaftliche Geräte, sogenannte Echosonden, arbeiten grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip, erfüllen aber wesentlich höhere Anforderungen. Sie messen nicht nur die Wassertiefe, son-

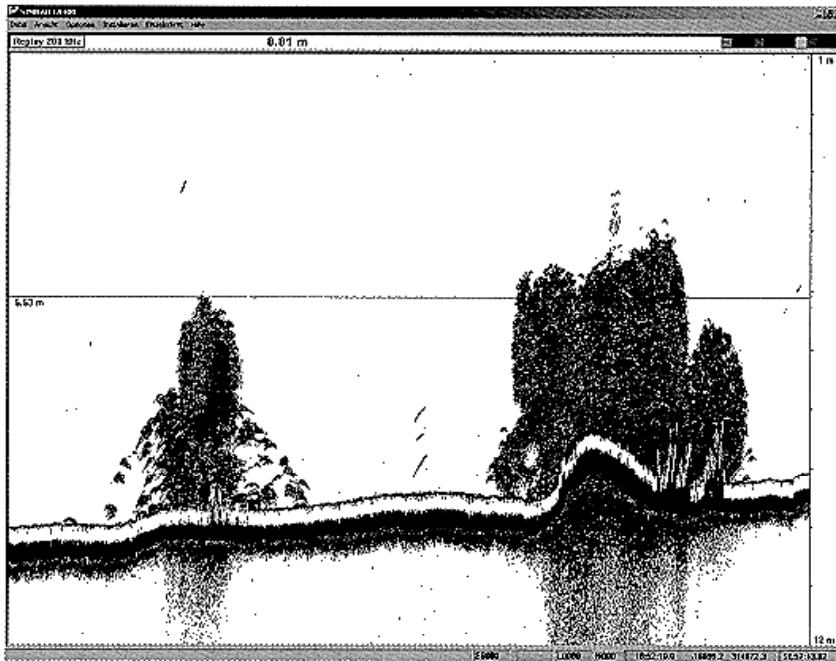


Abb. 1: Szenenbild eines digitalen Echogramms. Durch die sogenannte »White Line« wird der gemessene Grund deutlich hervorgehoben. Deutlich erkennbar der starke Bodenbewuchs, flankiert von Fischen. Trotz Irritation durch den Bewuchs wird der Seeboden von der Software korrekt erkannt.

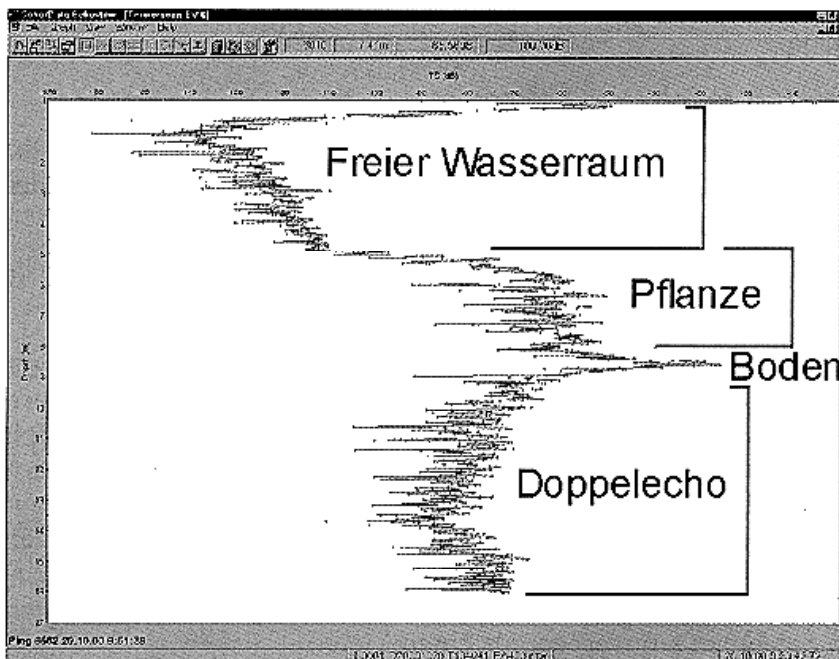


Abb. 2: Graph eines Ping. Der massive Ausschlag nach rechts (bis ca. -25 dB) in einer Tiefe von 8 Metern bezeichnet den Boden. Darüber befindliche Ausschläge (bis ca. -50 dB) werden durch die submerse Vegetation (siehe Abb. 1) verursacht. Die Ausschläge unter dem Boden, in der Abb. als »Doppelecho« bezeichnet, entstehen durch Mehrfachreflexionen zwischen Wasser Spiegel und Gewässergrund.

dern sammeln Informationen über alles, was sich zwischen Oberfläche und Gewässergrund befindet (Medwin & Clay, 1997; Urick, 1983).

Jede Echosonde besteht aus Sender und Empfänger. Der Sender produziert eine Folge hochfrequenter Geräuschimpulse, sogenannte Pings. Diese laufen als gebündelte Schwallwellen durch das Wasser. Treffen sie auf einen Gegenstand, etwa eine Pflanze oder den Gewässergrund, werden sie von dort reflektiert und vom Empfänger als Echo des ausgestrahlten Impulses registriert. Aus der Laufzeit berechnet sich die Tiefe bis zu den registrierten Objekten. Die Ergebnisse werden digital aufgezeichnet und in Form von Echogrammen graphisch dargestellt. Für die Aufzeichnung wird das Signal von der Wasseroberfläche bis hinunter zum Grund in kleine Scheiben zerlegt, die bei einer Frequenz von 200 kHz einen Zentimeter durchmessen. Jede Scheibe enthält die am Empfänger ankommenden Spannungswerte als Verhältnis von ausgesendetem zu wieder empfangenem Signal. Dieses Verhältnis wird als negativer Dezibel-Wert

(dB) mit Tiefenzuweisung gespeichert. 0 dB entsprechen einer Stahlplatte direkt unter der Sende- und Empfangseinheit, -90 dB weisen auf Schwebstoffteilchen oder Plankton im Wasser hin.

Ausgefeilte Algorithmen suchen in den Echos nach typischen »Signaturen«. Mit deren Hilfe kann die Lage des Gewässergrunds, ebenso aber auch die vertikale und horizontale Ausdehnung submerser Makrophyten mit hoher Zuverlässigkeit bestimmt werden. Zusätzliche Filter- und Selektionskriterien ermöglichen eine Klassifikation des Untergrunds nach seinem Substrat (Fels, Sand, Schlamm etc.) (Buczynski, 2002). Durch den Einsatz langwelliger Frequenzen (38 oder weniger kHz) ist es darüber hinaus auch möglich, in den Untergrund selbst einzudringen und Sedimentdicken, Schichten und Lagen im Sedimentaufbau und dergleichen zu kartieren (Medwin & Clay, 1997).

2.2 Methodik der Vermessung

Methodisch erzwungen erfolgt bei Echosondierungen die Aufnahme der Daten entlang von Profilen, also Linien. Daraus ergibt sich durch die rasche Abfolge der Pings eine extrem hohe Informationsdichte entlang dieser Linien. Sowohl der Gewässergrund als auch submerse Makrophyten sind mit hoher Genauigkeit und Detailreichtum Bestandteile dieses Schnittes durch den Gewässerkörper. Hingegen stehen zwischen den Meßprofilen keinerlei Daten zur Verfügung. Zur flächigen Beschreibung örtlicher Details ist die Datenaufnahme entsprechend zu modifizieren. Es empfiehlt sich ein systematischer Aufbau über kurze mäanderartige Profile, die eine Annäherung an eine rasterartige Datenaufnahme darstellen. Bestimmte Bereiche sind durch Verdichtung des Profilarsters besonders zu berücksichtigen. Dies bezieht sich vor allem auf Gebiete, die durch vergleichsweise hohe Reliefenergie gekennzeichnet sind: Untiefen, Bruchkanten, Steilabfälle und Unterwasserböschungen, ganz allgemein also bevorzugt ufernahen Abschnitte. Damit sind zugleich auch die für submerse Makrophyten wesentlichen Abschnitte genannt.

Besondere Bedeutung kommt der Uferlinie zu, die den Bezugsrahmen für alle anderen Datenaufnahmen darstellt. Die zur Verfügung stehenden analogen und digitalen Datenbestände weisen teils sehr markante Abweichungen zum tatsächlichen Verlauf auf. Diese Abweichungen sind einerseits durch Fehlinterpretation der Vegetation (Schilfgürtel, ufernaher Wald) in den Luftbildern bzw. Orthophotos bedingt, andererseits die Folge bewußter Generalisierung und Verdrängung der Seeflächen zu Gunsten anderer Inhalte (Straßen, Siedlungen etc.). Beim Zeller See (Salzburg/Pinzgau) verläuft aus diesen Gründen die Uferlinie nach dem hydrographischen Datenbestand des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen (BEV) stellenweise dort, wo nach der Vermessung im Herbst 2001 Gewässertiefen von 12 und mehr Meter gemessen wurden.

Aus den genannten Gründen ist eine sorgsame Kontrolle und Nachvermessung der Uferlinie in Verbindung mit der DGPS-gestützten Echosondierung unverzichtbar. Parallel zu diesen Arbeiten empfiehlt sich eine Klassifikation der Uferausbildung gemäß ÖNORM M 6231.

Im Profundal kann die Profilanlage deutlich weitmaschiger erfolgen, da hier naturgemäß keine Pflanzen anzutreffen sind und die Reliefenergie im Vergleich zu den ufernahen Bereichen deutlich abnimmt. Dies gilt insbesondere für Seen mit postglazialen Sedimentfüllungen.

2.3 Verarbeitung der Geländedaten und Ableitung von Folgeprodukten

Die Vermessungsdaten, Tiefenlotungen mit per DGPS bestimmten Positionen, stellen das Rohmaterial zur Berechnung digitaler Modelle der Seebecken mittels geostatistischen Methoden (Dumfarth, 2001a; Dumfarth, 2001b). Diese Modelle wiederum bilden die Basis für wichtige Folgeprodukte. Unter anderem können Tiefenlinien mit beliebiger Äquidistanz abgeleitet werden. Je nach Aussagezweck können sehr feine Abstufungen, 10 Zentimeter im Litoral, mit größeren im Profundal kombiniert werden. Des weiteren kann praktisch auf Knopfdruck die Berechnung von Volumen und Fläche (planimetrische und »surface« Fläche) für verschiedene Tiefenstufen erfolgen.

Ein methodisch schwierig zu lösendes Problem ist die Integration räumlich zusammenhängender digitaler Geländemodelle, wenn die zu kombinierenden Modelle unterschiedliche Genauigkeitsanforderungen repräsentieren. Bei Kombination des digitalen Modells eines Seebeckens mit dem Modell des umliegenden Geländes sind Irritationen an deren »Naht«, also im ufernahen Bereich, unvermeidbar. Dabei besitzen die Modelle der Seebecken wegen hoher Informationsdichte, die entsprechend der skizzierten Vorgangsweise gerade im Litoral in sehr befriedigender Qualität vorliegt, eine wesentlich höhere Genauigkeit. Zur »Glättung« der Naht zwischen den Modellen ist wiederum mit geostatistischen Methoden ein Gesamtmodell zu berechnen. Da aber jedes Modell stets nur die Genauigkeit der Eingangsdaten ausdrückt, ist stets bei allen Analysen und Auswertungen den Modellen der Seebecken ein ungleich höheres Maß an Zuverlässigkeit zuzusprechen.

3. Die Vermessung der emersen und submersen Makrophytenvegetation großer Seen mit Echolot und DGPS

Emerse Makrophyten und Schwimmblattpflanzenbestände

Mittels DGPS können die seeseitigen Außengrenzen von Schilf-, Binsen- und Schwimmblattpflanzenbeständen sehr rasch und mit hoher Genauigkeit vermessen werden. Limitierender Faktor der Vermessungsgenauigkeit ist dabei nicht das DGPS, sondern die begrenzte Wendigkeit des Boots. Leichte Generalisierungen im Verlauf der Bestände sind dadurch bedingt und kaum zu vermeiden. Grundsätzlich ist aber eine sehr enge Anlehnung an die tatsächlichen Vegetationsgrenzen möglich. Die Vermessungsspuren bilden Polygone, die den jeweiligen Typ und zusätzliche Information (Dichte des Bestands u. a.) enthalten. Die Qualität der Vermessung gewährleistet eine Datenbasis, an Hand derer die Entwicklung der emersen Vegetation, die räumliche Ausbreitung ihrer Bestände, über größere Zeitabstände in gleichbleibender Qualität beobachtet und dokumentiert werden kann.

Submerse Makrophyten

Wesentliche Voraussetzung für die spätere Auswertung der digitalen Echogramme ist eine dichte Anlage von Profilen. Das Echogramm der Vermessungsfahrt ist auf dem Bildschirm eines Laptops, der DGPS und Echosonde steuert, in »real time« sichtbar. Dadurch können örtliche Besonderheiten, wie beispielsweise besonders üppiges Wachstum, sofort bei der Aufnahme, etwa durch bewusste Verdichtung der Profilanlage, berücksichtigt werden. Die digitale Aufzeichnung der Rohdaten des Schwingersignals ermöglicht es, diese im Replay-Modus der Echolotsoftware einzulesen. Die Daten werden dabei dargestellt und interpretiert, als kämen sie direkt vom Schwinger. Vergleichbar einem Film läuft das Echogramm als digitale Aufzeichnung jederzeit und beliebig oft auf dem PC ab. Dadurch kann auf dem Bildschirm die Digitalisierung der in den Signalen identifizierten submersen Makrophyten überwacht, gegebenenfalls auch korrigiert werden.

Ergebnis dieser Digitalisierung ist eine aus den einzelnen Pings abgeleitete, in GIS-Softwareprodukte exportierte »Punktspur«. Diese eigentlich aus den einzelnen Pings abgeleitete »Punktspur« dokumentiert allfälligen Pflanzenbewuchs sowie, falls der Strahl der Echosonde Pflanzen erfaßte, die Höhe des Bewuchses. Daraus lassen sich Karten der flächigen Verbreitung, ebenso aber auch der Wuchshöhe ableiten.

Die Kommunikation von Echosonde und DGPS mit einer hydrographischen Vermessungssoftware erlaubt die gezielte Ansteuerung von Beprobungspunkten oder Transekten. Die Software beinhaltet eine Profil- bzw. Transektansteuerung, die eine genaue Verfolgung solcher vorgegebener Meßspuren ermöglicht. Dadurch kann entlang ausgewählter Transekte die jahreszeitliche Vegetationsentwicklung, ebenso aber auch mehrjährige Veränderungen genau dokumentiert werden.

Nach den Arbeiten von Sabol & Burczynski (1998) wird es in absehbarer Zukunft u. U. auch möglich sein, mittels entsprechender Softwarelösungen aus den digitalen Echogrammen mit einiger Sicherheit bestimmte Arten (*Myriophyllum spicatum*, *Elodea spp.*, *Potamogeton pectinatus* u. a.) zu kartieren.

Tab. 1: Flächenbilanzen Makrophyten in den Kartenausschnitten Mattsee und Obertrumer See (Abb. 3 u. 4) (alle Angaben in m² und auf die Kartenausschnitte bezogen)

	Ausschnitt Mattsee	Ausschnitt Obertrumer See
Seefläche	68.347	113.157
Schilf	1.450	20.091
Binsen	0	13.328
Schwimblattpflanzen	4.278	0
Submerse Makrophyten	21.227	43.261

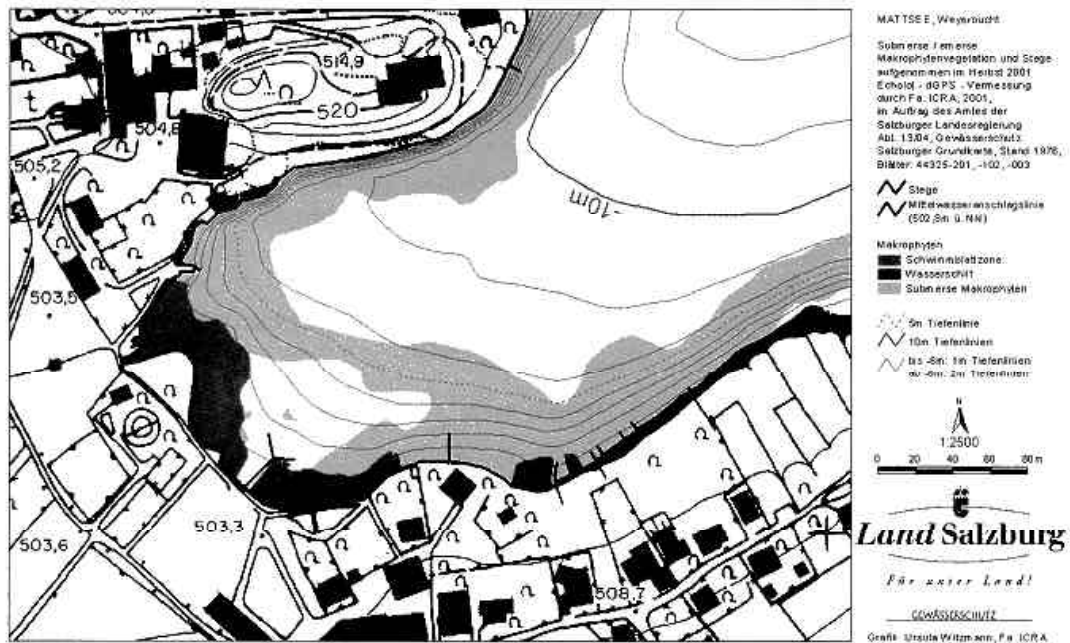


Abb. 3: Kartierung emerger und submerger Makrophyten im Mattsee, Salzburg (Ausschnitt)

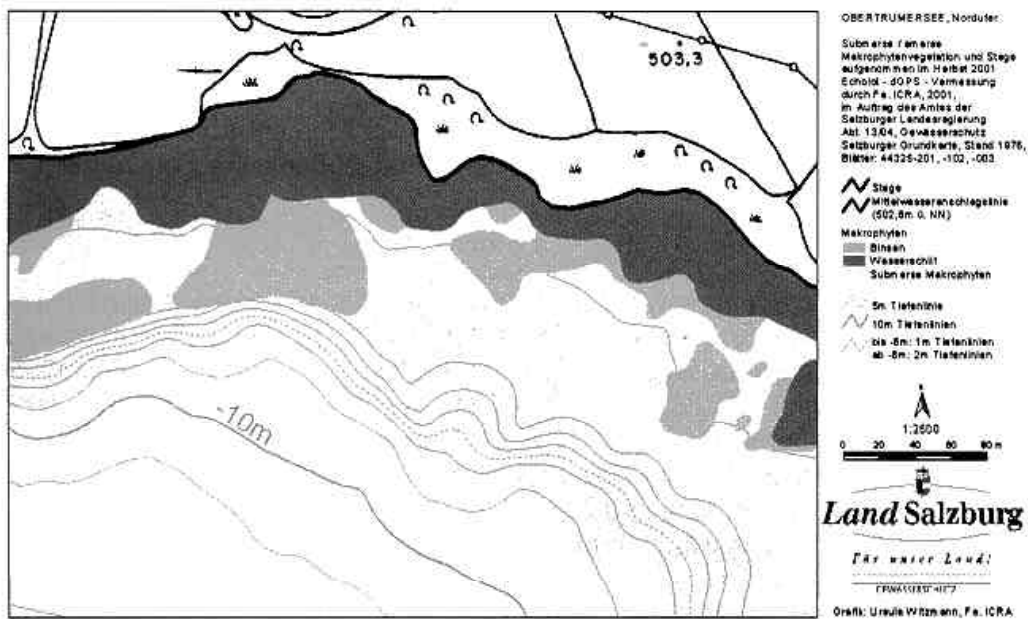


Abb. 4: Kartierung emerger und submerger Makrophyten im Obertrumer See, Salzburg (Ausschnitt)

4. Die Erhebung des Artbestandes und weiterer vegetationskundlicher Aspekte der Makrophytenvegetation großer Seen

4.1 Flächen- und tiefenmäßige Ausbreitung der Makrophytenvegetation

Für die Makrophytenkartierung an und in Gewässern wird neben der Erfassung des Artbestandes die flächige Ausdehnung von Gewässerbereichen mit homogener Vegetationsausstattung ermittelt. Die flächige Aufnahme der Makrophytenvegetation und die Abgrenzung von Gewässerbereichen mit homogener Vegetationsausstattung ist die Basis für die genauere Vegetationsaufnahme entlang von Transekten. Sie ist insbesondere für die Festlegung der Lage von Transekten wesentlich, um dem Zufallsprinzip zu entgehen.

Mittels DGPS und Echosondierung können die Vegetationseinheiten Röhricht, Schwimmblattbestände sowie submerse Vegetation exakt flächen- und tiefenmäßig erfaßt werden. Eine weitere Untergliederung der untergetauchten Vegetation aus den Echogrammen ist jedoch nur insofern möglich, als sie sich über unterschiedliche Bewuchshöhen äußert. Eine Unterscheidung nach Bewuchsdichte oder Artenausstattung ist hingegen nicht möglich. Um die für die weiteren Auswertungen im Sinne der WRRL und der ÖNORM M 6231 notwendigen Informationen zu erhalten, sind somit folgende weitere Schritte erforderlich:

- Überprüfung und gegebenenfalls weitere Untergliederung der ausgewiesenen Vegetationseinheiten (z. B. bei der untergetauchten Vegetation in Laichkrautgürtel, Characeenwiesen etc.),
- Ermittlung des Artenspektrums und der Bewuchsdichte,
- Erhebung ergänzender Informationen zum Uferbewuchs, Uferbeschaffenheit, Beschattung, Sediment bzw. Substrat etc.).

4.2 Vegetationsaufnahmen entlang von Transekten

Hierzu wird in allen laut DGPS-Vermessung bzw. Echosondierung gemäß der Vegetationsausstattung unterscheidbaren Seebereichen jeweils eine statistisch relevante Anzahl von Transekten untersucht. Die Vegetationsaufnahme erfolgt dabei von der langjährigen Mittelwasserlinie bis hin zur unteren Grenze der Vegetation auf einer Breite von 20 m. Erfasst werden Röhrichtbestände, Schwimmblattpflanzen sowie die untergetauchte Vegetation. Die Kartierung der Röhricht- und Schwimmblattbestände erfolgt durch Begehung oder Befahrung mit einem Boot, die Kartierung der untergetauchten Pflanzenbestände erfolgt durch Betauchung. Aufgenommen werden gemäß Kohler (1978) das Artenspektrum sowie das mengenmäßige Vorkommen der einzelnen Arten. Weiters werden die artspezifischen Wuchshöhen notiert, wodurch auch Aussagen zur Struktur der Pflanzenbestände abgeleitet werden können (vgl. Pall, 1999). Gerade im Zusammenhang mit fischökologischen Fragestellungen erlangt der räumliche Aspekt zunehmend an Bedeutung. Die Ermittlung der Bestandsdichten und Wuchshöhen dient als Basis für die Diskussion der Ufervegetation als strukturgebendes Element für die Fischzönose.

Die Lage der Transekte wird über DGPS eingemessen und ist damit für Folgeuntersuchungen leicht wiederauffindbar.

5. Auswertung

Die durch die Transektkartierung gewonnenen Kartierungsdaten werden statistisch ausgewertet und die Ergebnisse als repräsentativ für den jeweiligen Seebereich angesehen. Sie können somit auf definierte Flächen übertragen und letztlich für den gesamten See flächenmäßig bilanziert werden. Hiermit stehen sämtliche gemäß WRRL oder ÖNORM M 6231 geforderte Informationen zur weiteren Auswertung zur Verfügung. Auszuweisen sind im einzelnen:

- Dichte und Tiefenausbreitung der aquatischen Vegetation,
- Mengenteile, Zusammensetzung und Zonierung der typspezifischen Vegetationseinheiten,
- Artenspektrum, Pflanzenmenge und Verbreitung der einzelnen Arten (mit besonderer Berücksichtigung von Rote-Liste-Arten).

Die Vitalität der Bestände, die gebietstypischen Arten, die Wuchsformverteilung, der Sediment- und Choriotyp sowie Daten zur Ufermorphologie oder zur Dynamik der natürlichen Uferumgestaltung sind weitere vegetationskundliche Aspekte, die von den Fachleuten z. B.

nach ÖNORM M 6231 erhoben und bewertet werden (Heberling und Jäger, 2001; Pall, 1999 und 2001).

Auf Basis dieser Daten kann in weiterer Folge eine Bewertung der Makrophytenvegetation großer Seen nach ÖNORM M 6231 im Sinne der Umsetzung der WRRL vorgenommen werden.

6. Zusammenfassung

Moderne Geräte wie DGPS und Echosondierung ermöglichen bei großen Seen eine rasche und kostengünstige Aufnahme der flächigen Ausbreitung von emersen und submersen Makrophyten. Basis der Aufnahmen bildet die Kontrolle und Korrektur der Wasseranschlagslinie für den langjährigen Mittelwasserstand sowie eine Klassifikation der Uferausbildung nach ÖNORM M 6231.

Die Bestände der emersen Makrophyten werden vom Boot mit DGPS vermessen.

Die vegetationskundlichen Aufnahmen innerhalb des Röhrichts und der Schwimmblattpflanzen erfolgen entsprechend den Vorgaben der ÖNORM M 6231.

Mittels Echosondierung vom Boot aus erfolgt eine systematische Vermessung des Litorals. Dies ermöglicht eine positionsgenaue Festlegung der Ausbreitungsgrenzen der submersen Makrophyten.

Durch die Auswertung der digitalen Echogramme ist es möglich, tiefenabhängige Wachstumsgrenzen sowie eine erste Abgrenzung homogener Zonen des Bewuchses mit submersen Makrophyten vorzunehmen. Die Überprüfung dieser Zonen, die Erfassung des Artenspektrums, der Bewuchsdichte und weiterer relevanter Parameter erfolgt durch Betauchung.

Anhand dieser Daten können gezielt Transekte vom landseitigen Schilfgürtel bis zur Ausbreitungsgrenze der Unterwasservegetation für weitere Kartierungsarbeiten festgelegt und untersucht werden.

Die Ergebnisse der Transektkartierungen können auf die Vegetationszonen und in weiterer Folge auf die Makrophytenvegetation des gesamten Sees umgelegt werden.

Damit stehen sämtliche von der ÖNORM M 6231 in Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie geforderten Auswertemöglichkeiten zur Verfügung.

Mit der flächigen Erfassung der Ufervegetation großer Seen können diese Bereiche in Abhängigkeit von den Seespiegellagen auch als wesentliches strukturbildendes Element für die Fischzönozen eines Sees diskutiert und bilanziert werden.

LITERATUR

- Biosonics (2002): EcoSAV – Submerged Plant Detection and Assessment. <http://www.biosonicsinc.com/ecosav.shtml>
- Burczynski J. (2002): Bottom Classification. Technical Library Biosonics Inc.
- Dumfarth, E. (2001a): Blick in die Tiefe – Echosonden als Werkzeuge für die Fernerkundung zwischen Wasserspiegel und Gewässergrund. – In: GEOBIT, Heft 11, S. 24–26.
- Dokulil, M. T. et al. (2001): Typspezifische Referenzbedingungen für die integrierende Bewertung des ökologischen Zustandes stehender Gewässer Österreichs gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie, Projektstudie Phase 1, Abschlussbericht. – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, unveröff. Bericht.
- Dumfarth, E. (2001b): Geostatistik unter Wasser – subaquatische Geländemodelle mittels Echolot und dGPS. – In: Strobl J., T. Blaschke & G. Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 124–129.
- Heberling, O., Jäger, P. (2001): Morphologie und Schilfvegetation der Uferbereiche der Trumerseen. Reihe Gewässerschutz, # 4, Amt der Salzburger Landesregierung.
- Kohler, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. – Landschaft + Stadt 10/2: 73–85.
- Medwin, H. & Clay, C. S. (1997): Fundamentals of acoustical oceanography. Academic Press, Boston, San Diego, New York.
- Melzer, A., Harlacher, R., Held, K., Sirch, R., Vogt, E. (1986): Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. – Informationsbericht Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, 4/86, 210 pp.
- ÖNORM M 6231, 2001: Richtlinie für die ökologische Untersuchung und Bewertung von stehenden Gewässern. Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 58 pp.
- Pall, K. (1996): Die Makrophytenvegetation des Attersees und ihre Bedeutung für die Beurteilung des Gewässerzustandes. – In: Oberösterreichischer Seeuferkataster, Pilotprojekt Attersee; Studie im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung sowie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft.