

# Wissenschaft

Österreichs Fischerei

Jahrgang 58/2005

Seite 84–91

## Wissenschaftliche Echographie – eine Standardmethode für die quantitative Erhebung von Fischbeständen in Seen

HUBERT GASSNER

*Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie  
und Seenkunde, A-5310 Scharfling 18*

JOSEF WANZENBÖCK

*Institut für Limnologie, Österreichische Akademie der Wissenschaften,  
Mondseestraße 9, A-5310 Mondsee*

### Abstract

#### **Hydroacoustics – a standard method for quantitative fish stock investigations in lakes**

During recent years modern, fully digital hydroacoustic “split beam” systems matured to a level which enables their application in a standard method for the quantitative investigation of fish stocks in lakes. At present, no other method exists to obtain that much information on a fish stock in such a short time. Besides fish biomass estimates, it is possible to analyse size class distributions and to observe the spatial-temporal distribution of fish. Due to the applied technique which is based on sound waves, the fish are not disturbed and they do not have to be caught. For a reproducible application of this technology intensive training and experience of the users is absolutely necessary. The disadvantages of this technology consist of the relatively high price for the system and in the inability to determine fish species composition.

### 1. Einleitung

Moderne hydroakustische Geräte sind für fischereiwissenschaftliche Untersuchungen und für Bewirtschaftungsfragen in den letzten Jahren zu einer äußerst wichtigen und weltweit angewandten Technologie herangereift (MacLennan & Simmonds, 1992; Brandt, 1996). Mit der neueren Generation wissenschaftlicher Echolote (volldigitale Split-Beam-Technik) ist es nun möglich geworden, Fischbestände in Seen relativ rasch quantitativ abzuschätzen, Größenklassenanalysen durchzuführen sowie deren räumlich-zeitliches Verteilungsmuster *in situ* zu studieren. Außerdem erlaubt diese Technik neben der herkömmlichen vertikalen Schallung auch eine horizontale Schallung, mit der oberflächennahe Fische erfasst sowie Fischbestandsabschätzungen in größeren Fließgewässern durchgeführt werden können.

Erstmals in der österreichischen Literatur diskutiert wurden Anwendungsmöglichkeiten von Echoloten etwa um 1930 (Pözl, 1927; Lion, 1936). Nach einer längeren Pause führten Bobek & Schiemer (1987) und Bobek (1993) hydroakustische Untersuchungen kleineren Umfangs, damals noch mit einem analogen Zweistrahlergerät (dual beam), durch. Rakowicz & Zweimüller (2000) machten mit diesem analogen Zweistrahlergerät Untersuchungen zum Wanderverhalten von Fischen.

Die ersten Untersuchungen österreichischer Gewässer mittels moderner wissenschaftlicher Echographie wurden von Dr. Jan Kubecka (Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, Budweis) am Wallersee 1996 und am Neusiedler See 1997 durchgeführt. 1998 wurde am Institut für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Mondsee ein modernes Gerät (Simrad EY 500 split beam) erworben. Bis dato wurde das Gerät für Fischbiomasseabschätzungen des Traun-, Mond-, Irr-, Waller-, Hallstätter-, Grundl-, Langbath-, Zeller- und des Faaker Sees eingesetzt. Weiters wurden wissenschaftliche Studien zur Reproduzierbarkeit von Abundanz bzw. Biomasseschätzungen mit zwei Geräten des gleichen Herstellers (Simrad) und mit Geräten unterschiedlicher Hersteller (Simrad-Biosonics) durchgeführt. Darüber hinaus wurden auch Studien zur inversen Anwendung (Beschallung vom Grund zur Oberfläche) der Echographie begonnen. Diese Untersuchungen wurden zum Teil in internationaler Kooperation mit anderen Forschungsgruppen durchgeführt und fanden Eingang in einer ganzen Reihe von Veröffentlichungen (Gassner et al., 1999; Wanzenböck J. & H. Gassner, 2001; Wanzenböck et al., 2002a; Wanzenböck et al., 2002b; Wanzenböck et al., 2003; Gassner et al., 2003a; Gassner et al., 2003b; Mehner et al., 2003; Schmid et al., 2004; Schmid et al., 2005).

In jüngerer Zeit weiteten sich die österreichischen Aktivitäten auf dem Echographiesektor aus. Eine Gruppe aus Salzburg beschäftigt sich intensiv mit der Erstellung von Gewässerkarten und mit der Kartierung von Makrophytenbeständen (Dumfarth, 2001; Jäger et al., 2004), am Neusiedler See erfolgt eine jährliche Fischbiomasseabschätzung mittels Horizontallotung (Herzig & Kubecka, 2001), und die Universität Wien, Institut für Ökologie und Naturschutz, untersucht Fischwanderungen in großen Fließgewässern mittels Echographie (G. Rakowitz, pers. Mittlg.).

Mit der vorliegenden Arbeit sollten neben einer ausführlichen Darstellung der Methodik der Echographie die Möglichkeiten der wissenschaftlichen Hydrographie gezeigt, die von uns bisher in Österreich durchgeführten hydroakustischen Arbeiten zusammengefasst und diskutiert werden.

## 2. Methodik

### 2.1 Freilandaufnahmen

Die hier angeführten hydroakustischen Untersuchungen wurden mit einem EY500 Split-Beam-Echolot der Firma Simrad (Norwegen) durchgeführt. Dieses Echolot besteht aus folgenden Teilen: Elektronikelement (Transceiver), elliptischer 120-kHz-Schallgeber und -empfänger (Transducer) mit einem Schallkegel von  $4^\circ \times 10^\circ$ , Laptop-Computer zum Betreiben des Transceivers und 12-V-Stromquelle. Der Schallgeber wird zur Vertikalschallung waagrecht mit einem speziellen Haltesystem seitlich am Boot in einer Wassertiefe von 0,4 m befestigt (Abb. 1). Für die Horizontalschallung wird der Schallgeber bei gleichbleibender Befestigung derart gedreht, dass der Schallkegel die Wasseroberfläche seitlich des Bootes erfasst. Zur exakten Bestimmung der Fahrtroute und der Fahrgeschwindigkeit kamen bei unseren Aufnahmen direkt an den Transceiver ankoppelbare Satellitennavigationsysteme (Trimble, Modell Pathfinder pro XR, differenziell korrigiert, bzw. Garmin, Modell GPS 12) zum Einsatz.

Die Aufnahmen wurden derart gestaltet, dass entweder an parallelen Quertransekten mit einem maximalen Abstand von 500 m oder auf einem Zickzack-Kurs mit einer ähnlich hohen Anzahl an Transekten vertikal beschallt wurde. So wurde am Irrsee an 10, am Mondsee an 14, am Waller- und Hallstätter See an 11 Parallel-Transekten und am Zeller See an 21, am Langbathsee an 10, am Faaker See an 9 und am Grundlsee an 34 Zickzack-Transekten gelotet. Das dabei beschallte Wasservolumen betrug pro Aufnahme am Mondsee etwa 2,217, am Hallstätter See 4,06, am Wallersee 0,137 und am Irrsee 0,250 Millionen m<sup>3</sup>. Die Bootsgeschwindigkeit lag während den Aufnahmen bei etwa 6–8 km/h. Vor den Aufnahmen wurde das Echolot regelmäßig mittels einer Eichkugel kalibriert. Aufgrund der technisch-physikalischen Gegebenheiten des Gerätes können Fischechos bei vertikaler Lotung nur im Bereich zwischen 4 m Tiefe und etwa 0,3 m über Grund ausgewertet werden. Während der Aufnahme wurden die Daten

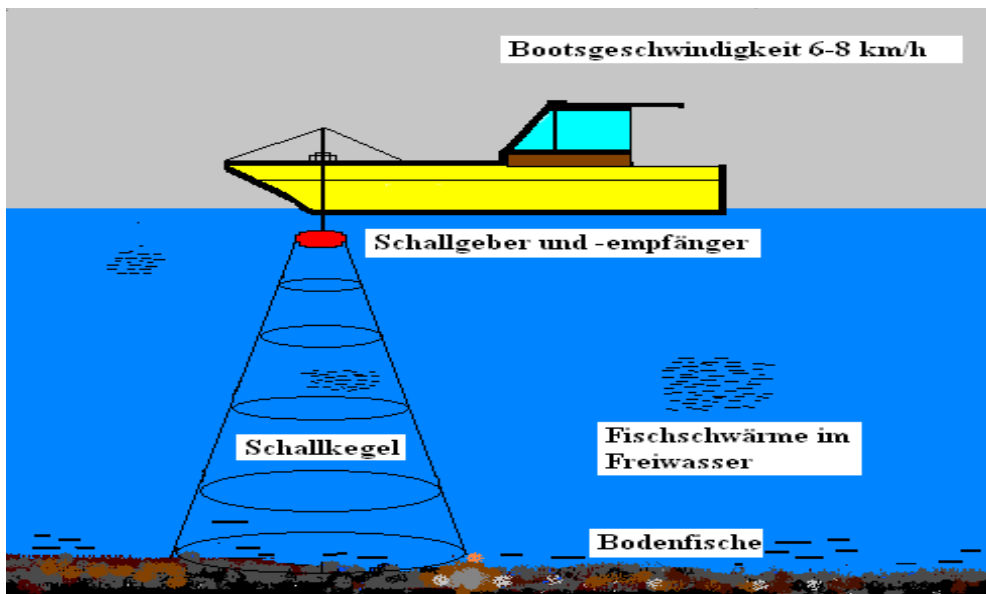


Abb. 1: Schematische Darstellung einer hydroakustischen Aufnahme

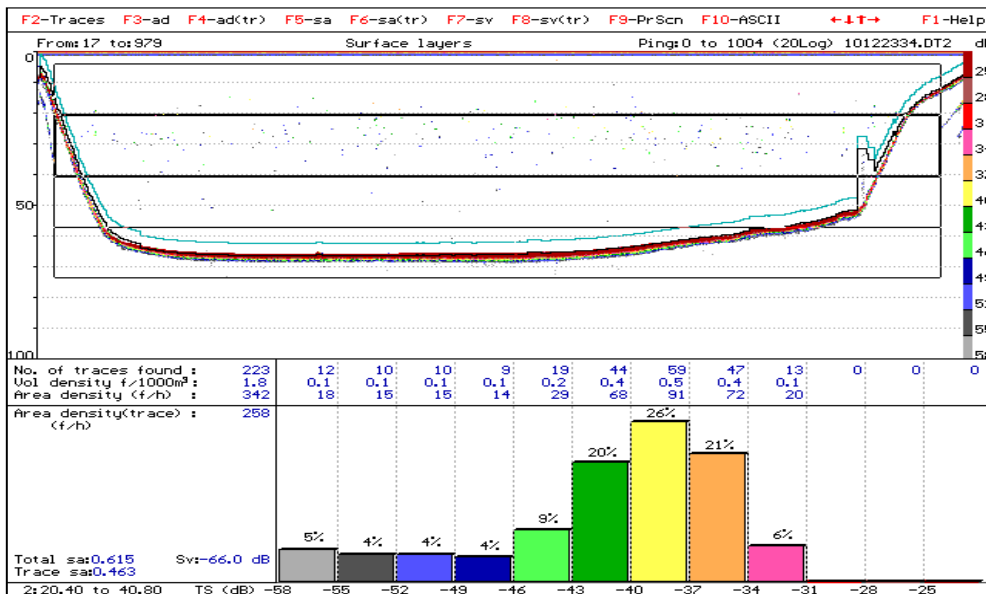


Abb. 2: Beispiel einer Echogrammauswertung vom Zeller See, Nachtaufnahme vom 12. Oktober 2001 (Die x-Achse repräsentiert die Zeitachse in gesendeten Schallimpulsen (= pings), die y-Achse (links) die Wassertiefe in Meter. Im Bereich zwischen 20 und 40 Meter Tiefe sind ausgeprägte Fischechos zu erkennen. Die Farben zeigen die Echostärken verschiedener Objekte in Dezibel, entsprechend der Skala am rechten Rand (Negativwerte). Das Histogramm zeigt die Verteilung der Echostärken innerhalb des schwarzen Rahmens. Die Kennzahlen über dem Histogramm zeigen die Häufigkeit jeder Echostärkenkategorie, aufgliedert nach Volumen, Fläche und Gesamtanzahl. Der bei dieser Aufnahme häufigste Echostärkebereich liegt zwischen -40 und -37 dB, dies entspricht einer Fischlänge von 17,7 bis 25,4 cm.

kontinuierlich auf der Festplatte des Laptops gespeichert und im Labor dann weiteren Auswertungen mittels eines speziellen Computerprogrammes (Simrad EP500-50) durchgeführt.

## 2.2 Auswertung

Für die Auswertung müssen die bei den Aufnahmen gewonnenen Rohdaten vorerst aufbereitet werden. Dazu werden die einzelnen Datensätze nochmals im Aufnahmeprogramm (Simrad EY-500) abgespielt, wobei alle für die Auswertesoftware (Simrad EP-500-50) notwendigen Einstellungen aktiviert werden (Simrad, 1996b). Bei diesem »Replay« erfolgt eine erste vorläufige Grenzwertsetzung, Störungen werden ausgefiltert und die Files werden für das Auswerteprogramm (Simrad EP-500-50) lesbar gemacht (Simrad, 1996b). Die derart aufbereiteten Files werden dann mit der Auswertesoftware komprimiert und als sogenannte Echogramme (Abb. 2) geöffnet.

Während dieses Vorganges erfolgten weitere Feineinstellungen, wobei vor allem letzte verbliebene Störungen (Wind, Luftblasen, Motorgeräusche etc.) und ungewollte Echos noch ausgefiltert werden. Bei dieser Prozedur werden auch die Grenzwerte für die Echostärken gesetzt. Zur Grenzwertsetzung wurde das Echogramm zuerst mit einem Einzelechosstärken(TS-)Grenzwert von  $-58$  dB, einem volumsbezogenen Echostärken(SV-) Grenzwert von  $-68$  dB und einer Laufzeit-Verstärkungsfunktion (TVG) von  $40 \log R$  geöffnet. In der Folge wurde bei einer Laufzeit-Verstärkungsfunktion von  $20 \log R$  der SV-Grenzwert so lange verändert, bis keine Störungen mehr am Echogramm sichtbar waren.

Letztlich wurde das  $20\text{-logR}$ -Echogramm mit dem  $40\text{-logR}$ -Echogramm verglichen; stimmten die beiden Echogramme weitgehend überein, wurde mit diesen Grenzwerten ausgewertet. Ergaben sich wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Echogrammen, so wurde der SV-Grenzwert noch bis zur weitgehenden Übereinstimmung angepasst. Die nun möglichen Auswertungen erfolgten immer über den gesamten Transekt in der Schicht zwischen 4 m Wassertiefe und dem Seegrund.

Bei der Auswertung wurden die Echos zuerst gefiltert und vom Programm automatisch in zwei Kategorien geteilt:

1. Echos, die von Einzelfischen stammen. Um in diese Kategorie zu fallen, müssen die Echos eine Mindeststärke (TS-threshold) überschreiten, z.B.  $-50$  dB, und in einen definierten Bereich von Echolängen, z.B. zwischen 0,8 und 1,5 relativer Echolänge, liegen.
2. Alle anderen Echos, die – soweit sie den Minimalgrenzwert (SV-treshold) überschreiten – Fischschwärmen zugeordnet werden.

Die Auswertesoftware berechnet dann aus der Wassertiefe und der Schallkegelgeometrie des Schwingers das beschallte Volumen und die beschallte Fläche. Die gefundenen Einzelechos werden dann pro Fläche dargestellt und in den Echogrammen als »Area density (trace)« gekennzeichnet. Die Gesamtechosstärke (in den Echogrammen als »total sa« gekennzeichnet), welche noch zusätzlich zu den Einzelechos (»trace sa«) die Echos der Kategorie 2 beinhaltet, wird folgendermaßen berechnet: Die Echostärken der Kategorie 2 werden so behandelt, als bestünden sie ebenfalls aus Einzelechos mit der gleichen Größenverteilung, die bei den Einzelechos gefunden wurden. So werden die Echostärken der Schwärme auf Zahl von Einzelechos, aus denen sie am wahrscheinlichsten bestehen, hochgerechnet und das Ergebnis als Fische pro Flächeneinheit (»Area density« f/ha) mit der dazugehörigen Echostärkeverteilung angezeigt. Für die Echostärkeverteilung werden Dezibelklassen von je 3 Dezibel zusammengefasst. Ausführliche Informationen hinsichtlich der Einstellungen bei der Aufnahme und bei der Auswertung sind den Simrad »Instruction manuals« (Simrad, 1996a, b) zu entnehmen.

## 2.3 Biomasseberechnung

Bei der Auswertung der einzelnen Transekte fallen sogenannte Echogramme (Abb. 1), welche Daten über die Fischdichte (Fische/ha) und der dazugehörigen Echostärkeverteilung beinhalten, an. Diese Verteilung ist in Klassen von jeweils 3 Dezibel zusammengefasst. Um von der Echostärkeverteilung (Dezibel, dB) auf Fischgewichtseinheiten (Kilogramm, kg) zu kommen, sind zwei Rechenschritte notwendig:

1. von Dezibel auf Fischlänge
2. von Fischlänge auf Fischgewicht.

Bedingt durch die vom Gerät vorgegebene Echostärkeverteilung in 3-dB-Schritten sowie der logarithmischen Dezibel-Skala, wurden diese Rechenschritte mit dem logarithmischen Mittel, der Echostärkeverteilung, allerdings in 1-dB-Schritten, durchgeführt.

Von Dezibel auf die Fischlänge wurde bei unserem 120-kHz-Schallgeber mit der Formel

$$\text{Echostärke} = 19,1 \cdot (\log \text{Totallänge}) - 63,85$$

nach Love (1971) umgerechnet.

Ausgehend von den derart berechneten Fischlängen, wurde das jeweilige mittlere Fischgewicht jeder 1-dB-Klasse anhand der durch Fänge ermittelten Längen-Gewichtsregressionen berechnet. Dabei wurden beispielsweise für den Mond-, Irr- und Wallersee aufgrund ihrer Fischartengemeinschaft im Freiwasser mehrere Arten, für den Hallstätter See nur Renken herangezogen.

Hallstätter See:

$$\text{Vollgewicht} = 0,0057 \cdot (\text{Totallänge})^{3,1162} \quad r^2 = 0,986$$

Renken: n = 158

Mond-, Irr- und Wallersee:

$$\text{Vollgewicht} = 0,01107 \cdot (\text{Totallänge})^{2,9649} \quad r^2 = 0,984$$

Renken: n = 146; Barsch: n = 187; Rotaugen: n = 185; Brachsen: n = 105;  
Seelauben: n = 88

Für die Biomasseberechnung wurden nun die in 3-dB-Schritten vorliegenden Abundanzen (Fische/ha) jeder 3-dB-Echostärkeklasse gedrittelt, mit den nun bekannten mittleren Fischgewichten jeder 1-dB-Klasse multipliziert und dann addiert. Dabei wurde angenommen, dass die Abundanzverteilung jeder 1-dB-Klasse innerhalb der 3-dB-Klassen gleich ist. Letztlich wurde aus den so gewonnenen Biomassewerten der einzelnen Transekte (= Teilproben) eines Sees die mittlere Fischbiomasse (kg/ha) berechnet und graphisch dargestellt. Weitere allgemeine Details über die hydroakustischen Methoden sind in MacLennan & Simmonds (1992) und Brandt (1996) angeführt.

### 3. Ausgewählte Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Grundsätzlich ist die Hydroakustik als eine äußerst zukunftsorientierte Methode (Hickley, 1996) anzusehen, mit der es möglich ist, in relativ kurzer Zeit und mit relativ geringem Kostenaufwand gute Abundanz- und in der Folge Biomassedaten von Fischbeständen in Seen zu erheben (MacLennan & Simmonds, 1992).

Moderne hydroakustische Geräte, die sogenannten Teilstrahlgeräte, erlauben, im Gegensatz zu herkömmlichen und preislich relativ günstigen Einstrahlcholoten (single beam echosounders), die wahre Echostärke und somit die Fischgröße und indirekt das Fischgewicht zu bestimmen. Bei der Teilstrahltechnik wird ein Schallimpuls kegelförmig als »Strahl« ausgesendet und die zurückgeworfenen Echos durch vier Empfänger, die ebenfalls im Schallgeber eingebaut sind und den Schallstrahl quasi »aufteilen«, aufgenommen. Die minimalen zeitlichen Verzögerungen der vier Empfänger werden benutzt, um die räumliche Herkunft des Echos zu bestimmen und daraus die wahre Echostärke abzuleiten.

Mit keiner anderen Methode ist es derzeit möglich, in so kurzer Zeit so viele Detailinformationen (Bestandsstärke, Dichte, Größenzusammensetzung und Biomasse) eines Fischbestandes zu erhalten. Dabei werden die Fische weder beeinträchtigt oder gestört, da die Technik auf einer berührungslosen, auf Schallwellen aufgebauten Messung beruht, die keinen Fang der Fische voraussetzt. Durch die Verwendung von Ultraschallfrequenzen, die sowohl für den Menschen als auch für die Fische unhörbar sind, kann auch eine Beunruhigung der Fische durch das Echolot ausgeschlossen werden. Voraussetzung für eine reproduzierbare Anwendung von Echoloten ist jedoch eine umfassende Ausbildung und auch eine gewisse Erfahrung des Anwenders (Brandt, 1996). Gerade für Bewirtschaftungsfragen ist eine Abschätzung der Fischbiomasse eines Gewässers von grundlegender Bedeutung. Die bisher in Österreich bearbeiteten

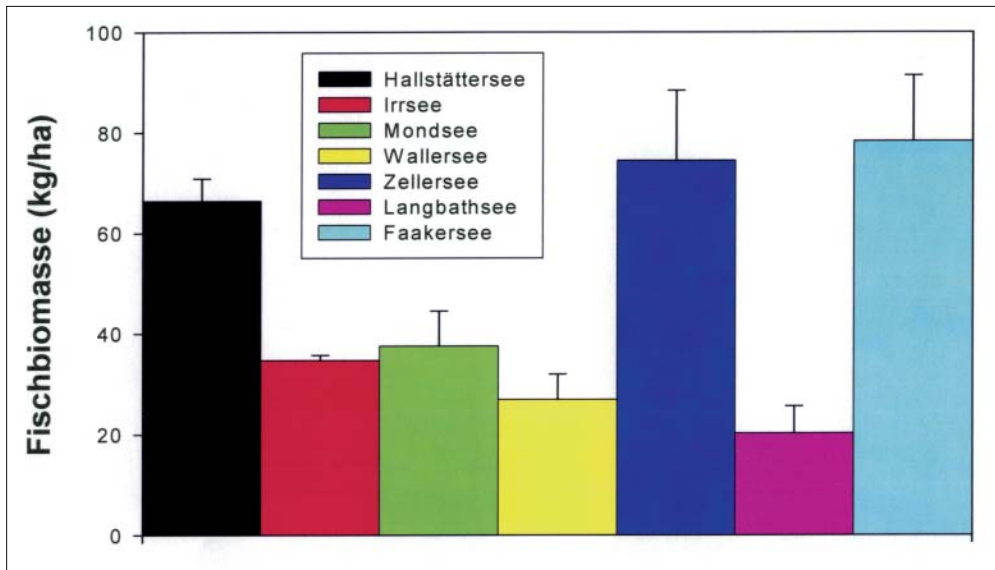


Abb. 3: Mittlere Fischbiomassen (kg/ha) österreichischer Seen

Seen schwankten in ihrer mittleren Fischbiomasse zwischen 20 kg/ha (Vorderer Langbathsee) und 78 kg/ha (Faaker See) (Abb. 3).

Sehr großen Einfluss auf die Fischbiomasse eines Sees hat die Abundanz bzw. das Vorhandensein großer Fische (> 45 cm). Fehlen diese Fischgrößen, so kann immer ein signifikanter Einbruch der Fischbiomasse beobachtet werden.

Auffallend sind die zum Teil hohen Schwankungen der Fischbiomasse zwischen den einzelnen Aufnahmen (Abb. 4). So wurden beispielsweise bei den Sommeraufnahmen am Hallstätter See (1998 und 1999) wesentlich geringere Fischbiomassen beobachtet als bei den Herbst- und Frühlingsaufnahmen. Der Hauptgrund dafür liegt in der Habitatwahl der Renken, die in diesem See im Sommer das obere Epilimnion (0 bis 5 m) besiedeln. Ein derartiges Verhalten der Renken wurde auch an einigen bayerischen Seen beobachtet (Mayr, 1998). Da aufgrund der physikalischen Gegebenheiten des Echolotes (Simrad, 1996a) sowie einer gewissen Scheuchwirkung des Bootes (Misund et al., 1996) die oberflächennahe stehenden Fische echographisch nicht erfasst werden können, führt dies zu dieser zeitweisen Unterschätzung der Fischbiomasse. Dieser Fehler kann durch eine entsprechende Terminwahl und mit einer Mindestanzahl von drei Aufnahmen pro See minimiert werden.

Aber nicht nur jahreszeitliche Unterschiede bei der Fischbiomasseschätzung wurden beobachtet, sondern auch Unterschiede zwischen Tag- und Nachtaufnahmen. Wie in Abb. 5 dargestellt, werden vor allem am Tag die Biomassen unterschätzt. Der Hauptgrund dafür liegt in der Schwarmbildung der Fische während des Tages und der daraus resultierenden schlechten Einzelfischverteilung. In der Nacht lösen sich die Schwärme auf und die Einzelfischverteilung ist wesentlich besser (Ptak & Appenzeller, 1998). Oftmals konnte aber auch beobachtet werden, dass sich während des Tages Fische unmittelbar über Grund aufhalten und erst nach Einbruch der Dunkelheit in den Freiwasserkörper aufsteigen und damit für die Echolottechnik erfassbar werden.

Als Nachteil der Methode kann der relativ hohe Preis dieser Hochtechnologiegeräte angesehen werden sowie eine relativ lange Ausbildungszeit für die Benutzung. Weiters ist für eine routinemäßige Bearbeitung nicht nur die Ausbildung, sondern auch eine möglichst umfangreiche Erfahrung im Umgang notwendig, um die für verschiedene Gewässer erforderlichen Anpassungen in der Geräteeinstellung zu gewährleisten. Auch die Auswertung der Echolotaufnah-

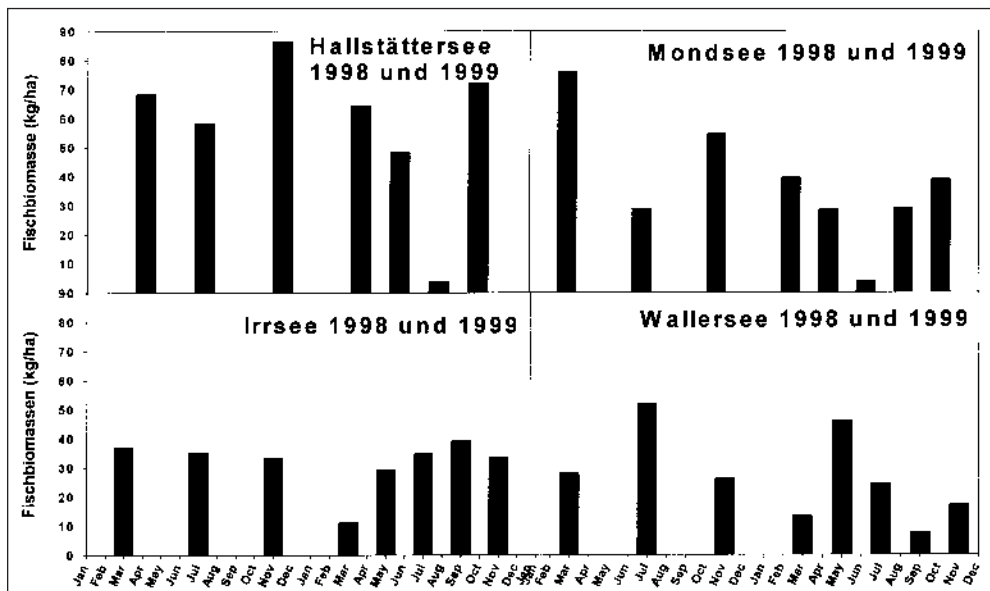


Abb. 4: Mittlere Fisch-Biomasseabschätzungen unterschiedlicher Jahreszeiten

men erfordert den Einsatz hochqualifizierten Personals mit langjähriger Erfahrung und ist daher entsprechend kostenintensiv. Mit der Echolotmethode sind grundsätzlich nur Fische im Freiwasser erfassbar. Fische die direkt am Boden aufliegen oder sich in Unterständen befinden, können nicht aufgenommen werden. Daher sollten Echoloterhebungen auf das Verhalten der Fische abgestimmt werden. Es ist auch nicht möglich, mittels Echographie direkt Informationen über die Artzugehörigkeit der Fischechos abzuleiten. Daher sind Echoloterhebungen bei derartigen Fragestellungen mit Fangmethoden zu kombinieren,

um die gewonnenen Erkenntnisse bestimmten Fischarten zuzuordnen. Seen mit ausgeprägten Flachwasserhabitaten sind nur relativ schwierig mit der herkömmlichen vertikalen Echographie zu erfassen. Durch den Bootslärm (Misund et al., 1996) und das akustische Nahfeld (Simrad, 1996a) kommt es hier zu einer Unterschätzung des Fischbestandes.

Bei der nun jüngsten Generation hydroakustischer Geräte (Simrad EK-60) ergaben sich Weiterentwicklungen der Schwingertechnologie (Composit-Schwinger mit weniger Nebenkeulen) und vor allem wesentliche Verbesserungen der Auswertesoftware.

#### 4. Literatur

- Brandt, S. B. (1996): Acoustic assessment of fish abundance and distribution. pp 385–432. In: B. R. Murphy & D.W. Willis, Editoren. Fisheries Techniques, 2<sup>nd</sup> edition, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Bobek, M. (1993): Echographie in seichten Gewässern. Österreichs Fischerei 46: 48–54.
- Bobek, M. & F. Schiemer (1987): Der Einsatz eines neuen Echolotes in der Fisch-Ökologie. Österreichs Fischerei 40: 119–127.

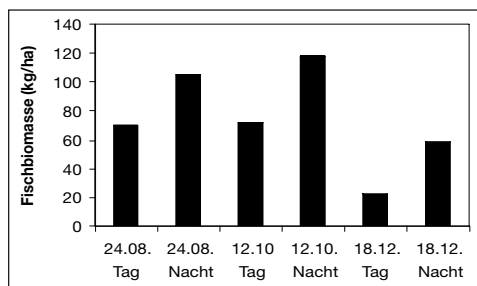


Abb. 5: Tag-Nacht-Unterschiede von hydroakustischen Biomasseabschätzungen am Beispiel des Zeller Sees

- Dumfarth, E. (2001): Blick in die Tiefe – Echosonden als Werkzeuge für die Fernerkundung zwischen Wasserspiegel und Gewässergrund. *GeoBIT* 11, 24–26.
- Gassner, H., J. Wanzenböck, R. A. Patzner & A. Jagsch, 1999: Hydroakustische Fischbestandserhebungen in vier Salzkammergutseen. *Österreichs Fischerei* 52, 122–128.
- Gassner, H., D. Zick & A. Jagsch (2003a): Fischökologische Basisuntersuchung als Grundlage für eine nachhaltige angelfischereiliche Bewirtschaftung am Beispiel des Vorderen Langbathsees. *Schriftenreihe des BAW*, Band 19, Wien, 3–19.
- Gassner, H., J. Wanzenböck & G. Tischler (2003b): Ecological integrity assessment of lakes using fish communities – suggestions of new metrics developed in two austrian prealpine lakes. *International Review of Hydrobiology* 88, 635–652.
- Herzig, A. & J. Kubecka (2001): Fish biomass distribution in Neusiedlersee (Austria): a hydroacoustic assessment of fish stock. *Verh. Internat. Verein. Limnol* 27: 3660–3665.
- Hickley, P. (1996): Fish population survey methods: a synthesis. In I. G. Cowx ed.: *Stock assessment in inland fisheries*. Fishing News Books, Oxford, p. 513.
- Jäger, P., K. Pall & E. Dumfarth (2004): A method of mapping macrophytes in large lakes with regard to the requirements of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34 140–146.
- Lion, A. (1936): Fischfang durch Ultraschallwellen. *Österreichische Fischerei-Zeitung* 33/2: 58–60.
- Love, R. G. (1971): Dorsal aspect target strength of an individual fish at any aspect. *J. Acoust. Soc. Am.* 49: 816–823.
- Mac Lennan, D. N. & E. J. Simmonds (1992): *Fisheries Acoustics*. Chapman & Hall, London, New York, Tokio, Melbourne, Madras, Fish and Fisheries Series 5, 325 pp.
- Mayr, C. (1998): Zum Einfluß von Trophie, Fischdichte und Habitatwahl auf die Nahrungs- und Wachstumsbedingungen von Renken (*Coregonus lavaretus*) in vier oberbayrischen Seen. Dissertation, Universität München, 221 Seiten.
- Mehner, T., H. Gassner, M. Schulz & J. Wanzenböck (2003): Comparative fish stock estimates in Lake Stechlin by parallel split beam echosounding with 120 kHz. *Archiv für Hydrobiologie, Spec. Issues Advanc. Limnol.* 58: 227–236.
- Misund, O. A., J. T. Øvredal & M. T. Hafsteinson (1996): Reaction of herring schools to the sound field of a survey vessel. *Aquat. Living Resour.* 9, 5–11.
- Pözl, F. (1927): Vorschlag zur Anwendung der Echolotmethode nach Brehm bei Tiefenbestimmungen in Binnengewässern. *Österreichische Fischerei-Zeitung* 24/4: 39–40.
- Ptak, J. K. & A. R. Appenzeller (1998): Size, depth and frequency of pelagic Lake Constance Whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) shoals during the seasons: a hydroacoustic study. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 50, 237–248.
- Rakowicz, G. & I. Zweimüller (2000): Influence of diurnal behaviour rhythm and water level fluctuation on the migration activities of fish in a backwater of the River Danube: a hydro acoustic study. *Aquat. Living Resour* 13, 319–326.
- Schmidt, M., H. Gassner, M. Kühlmann, M. Mattes & E. I. Meyer (2004): Hydroakustische Untersuchungen zum Fischbestand der Hennetalssperre (Sauerland). – *Fischer & Teichwirt* (1): 487–490.
- Schmidt, M., H. Gassner & E. I. Meyer (2005): Distribution and total biomass of an underfished vendace, *Coregonus albula*, population in a mesotrophic German reservoir. *Fisheries Management and Ecology* 12, 1–7.
- Simrad (1996a): Simrad EY 500 Portable Scientific Echo Sounder (Version 5.3). Instruction Manual, Simrad, Norway, p. 230.
- Simrad (1996b): Simrad EP 500 Echo Processing System (Version 5.2). Instruction Manual, Simrad, Norway, p. 70.
- Wanzenböck J. & H. Gassner (2001). Assessment of fish biomass distribution in Austrian lakes and visualization in a 3D GIS. *Proceedings of the »First International Symposium on Geographic Information systems (GIS) in Fishery Science«* (Seattle, Washington, USA; 2–4 March 1999).
- Wanzenböck, J., H. Gassner, Y. Hassan, B. Lahnsteiner & G. Hauseder (2002a): Ecology of European whitefish (*Coregonus lavaretus*) in relation to fisheries management and lake productivity. In: Cowx, I. G. (ed.): *Management and Ecology of lake and reservoir fisheries*, p. 58–69. Fishing News Books/Blackwell Science Ltd, Oxford, 401 pp.
- Wanzenböck, J., H. Gassner, B. Lahnsteiner, Y. Hassan, G. Hauseder, C. Doblender, G. Köck (2002b): Ecological integrity assessment of lakes using fish communities: An example from Lake Traunsee exposed to intensive fishing and to effluents from soda-industry. *Water, Air and Soil pollution: Focus* 2, 227–248.
- Wanzenböck, J., Mehner, T., Schulz, M., Gassner, H., and Winfield, I. J. (2003): Quality assurance of hydroacoustic surveys: Repeatability of fish abundance and biomass estimates in lakes within and between hydroacoustic systems. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 486–492.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [58](#)

Autor(en)/Author(s): Gassner Hubert, Wanzenböck Josef

Artikel/Article: [Wissenschaftliche Echographie - eine Standardmethode für die quantitative Erhebung von Fischbeständen in Seen 84-91](#)