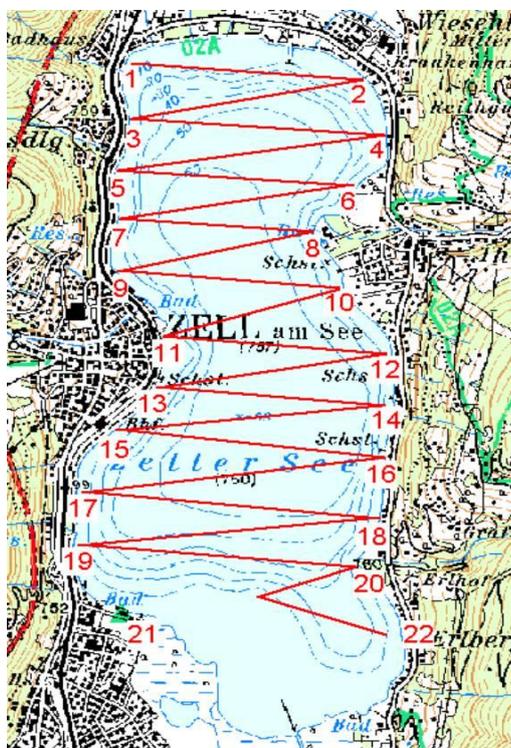


FISCHBESTANDSERHEBUNG MITTELS ECHOLOTTECHNIK AM PINZGAUER ZELLERSEE



Verfasser:

Mag. Dr. Hubert Gassner

Univ. Doz. Dr. Josef Wanzenböck

Mondsee, Juli 2002

Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Studie ist erstmals mittels Echolottechnik die Fischbiomasse des Pinzgauer Zellersees abgeschätzt worden. Dazu wurden im August, Oktober und Dezember 2001 jeweils 21 Quertransekte sowohl am Tag als auch in der Nacht vertikal beschallt. Die dabei gewonnenen Daten wurden verarbeitet und daraus die Fischbiomasse berechnet.

Die Auswertungen aller hydroakustischen Tag- und Nachtaufnahmen ergaben eine mittlere Fischbiomasse von 74,5 kg/ha bzw. ~34 Tonnen Gesamtfischbestand im Freiwasser des Zellersees. Bedingt durch das Verhalten der Fische (Ufer- und Bodennaher Aufenthalt am Tag) wurden bei den Nachtaufnahmen bei allen Terminen höhere mittlere Fischbiomassen als bei den Tagaufnahmen festgestellt. Die maximale Fischbiomasse wurde in der Nacht des Oktobertermins mit 117,9 kg/ha gemessen. Im Vergleich zu anderen Seen hat der Zellersee eine relativ hohe Fischbiomasse, wobei die höchsten Fischbiomassen bei allen drei Terminen im Längenbereich von ~40 cm Totallänge festgestellt wurden. Die Darstellung der Fischbiomassen in ihrer flächigen Verteilung zeigte hohe Fischbiomassen im Nord-Ostteil des Zellersees (Bereich Griessauerbucht), im Westteil vor Zell am See, sowie im Südteil und im Bereich der Einmündung des Erlbaches.

In den letzten drei Jahren (1999, 2000, 2001) wurden im Durchschnitt ~ 26 % der erhobenen mittleren Fischbiomasse abgeschöpft. Damit liegt der derzeitige Ausfang etwas über der Empfehlung für eine nachhaltige fischereiliche Bewirtschaftung natürlicher stehender Gewässern, welche von einem Ertrag von ~ 15 % der Fischbiomasse ausgeht.

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 1995, Brandt 1996). Mit der jüngsten 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. Das einzige derartige, moderne Gerät (SIMRAD EY 500 - split beam) Österreichs, ist seit Februar 1998 am Institut für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften ÖAW in Mondsee stationiert.

Im Gegensatz zu herkömmlichen und preislich relativ günstigen Einstrahlecholoten (single beam echosounders) können nur die sogenannten Zweistrahlecholote (dual-beam echosounders) sowie die Teilstrahlecholote (split-beam echosounders) die wahre Echostärke (und somit die Fischgröße und indirekt das Fischgewicht) bestimmen. Ausschließlich die beiden letztgenannten Echolotypen können für Erhebungen des Fischbestandes herangezogen werden. Bei der in dieser Untersuchung verwendeten Teilstrahltechnik wird ein Schallkegel (strahlenförmig) ausgesandt 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.

In österreichischen Gewässern wurden fischereiwissenschaftliche Untersuchungen mittels Echolottechnik bisher nur vereinzelt durchgeführt. Erstmals in der österreichischen Literatur diskutiert wurden Anwendungsmöglichkeiten von Echoloten allerdings schon um etwa 1930 (Pölzl 1927, Lion 1936). Nach einer längeren Pause führten Bobek & Schiemer (1987) und Bobek (1993) hydroakustische Untersuchungen kleineren Umfangs, damals noch mit einem analogen Zweistrahlgerät, durch. Dann erfolgten Fischbestandserhebungen am Wallersee 1996 und am Neusiedlersee 1997. Sie wurden von Dr. Jan Kubecka (Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, Budweis) durchgeführt (Wanzenböck, Herzig unpubliziert) wobei erstmals die volldigitale split-beam Technik eingesetzt wurde. Die jüngsten einschlägigen österreichischen Arbeiten befassten sich mit der Fischbiomasserhebung an einigen ausgewählten coregonendominierten Salzkammergutseen (Gassner et al. 1999).

Für die fischereiliche Bewirtschaftung von Gewässern stellen derartige Grundlagendaten eine wichtige Basis für die Erstellung von nachhaltigen Bewirtschaftungsplänen dar. Es können daraus auch Ableitungen hinsichtlich des möglichen Ausfanges eines Gewässers durchgeführt werden und letztendlich räumlich-zeitliche Verteilungsmuster der Fische im See sichtbar gemacht werden.

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde der Fischbestand eines weiteren coregonendominierten, österreichischen See hydroakustisch untersucht. Der Auftrag zu dieser Studie wurde von der Stadtgemeinde Zell am See erteilt. Das Hauptziel der vorliegenden Studie war es erstmalig die gesamte Fischbiomasse (kg/ha) des Zellersees abzuschätzen, eine mittlere Größenverteilung des Fischbestandes zu erheben und eine Flächenverteilung der Fische am Zellersee darzustellen.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Freilanderhebung

Die hydroakustischen Untersuchungen wurden mit einem volldigitalen 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 waagrecht mit einem speziellen Haltesystem, seitlich am Boot in einer Wassertiefe von etwa 0,4 m befestigt (Abbildung 1, 3 und 4).

Zur exakten Bestimmung der Fahrtroute und der Fahrgeschwindigkeit kam bei unseren Aufnahmen ein direkt an den Transceiver ankoppelbares und differentiell korrigiertes Satellitennavigationsystem (Firma: Trimble; Pathfinder Pro XR) zum Einsatz. Die Echolotaufnahmen wurden am 24. August am 12. Oktober und am 18. Dezember 2001 durchgeführt. Dabei wurden 21 Transekte (Abbildung 2) sowohl am Tag als auch in der Nacht vertikal beschallt.

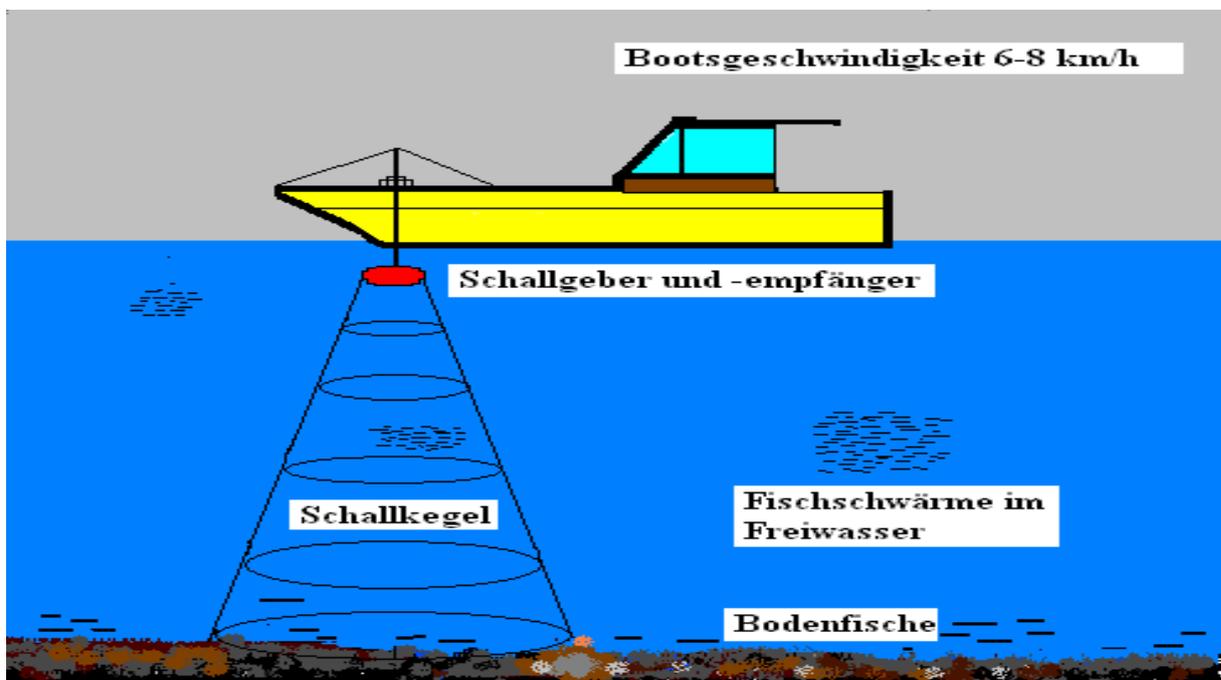


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer hydroakustischen Aufnahme

Bei der Aufnahme wurden die Daten in Form von Rohdaten kontinuierlich auf die Festplatte des Laptops gespeichert. Die Bootsgeschwindigkeit betrug während der Aufnahmen etwa 6-8 km/h. Die Pingrate (Schallimpulse/Sekunde) wurde in Abhängigkeit von der Seetiefe und der

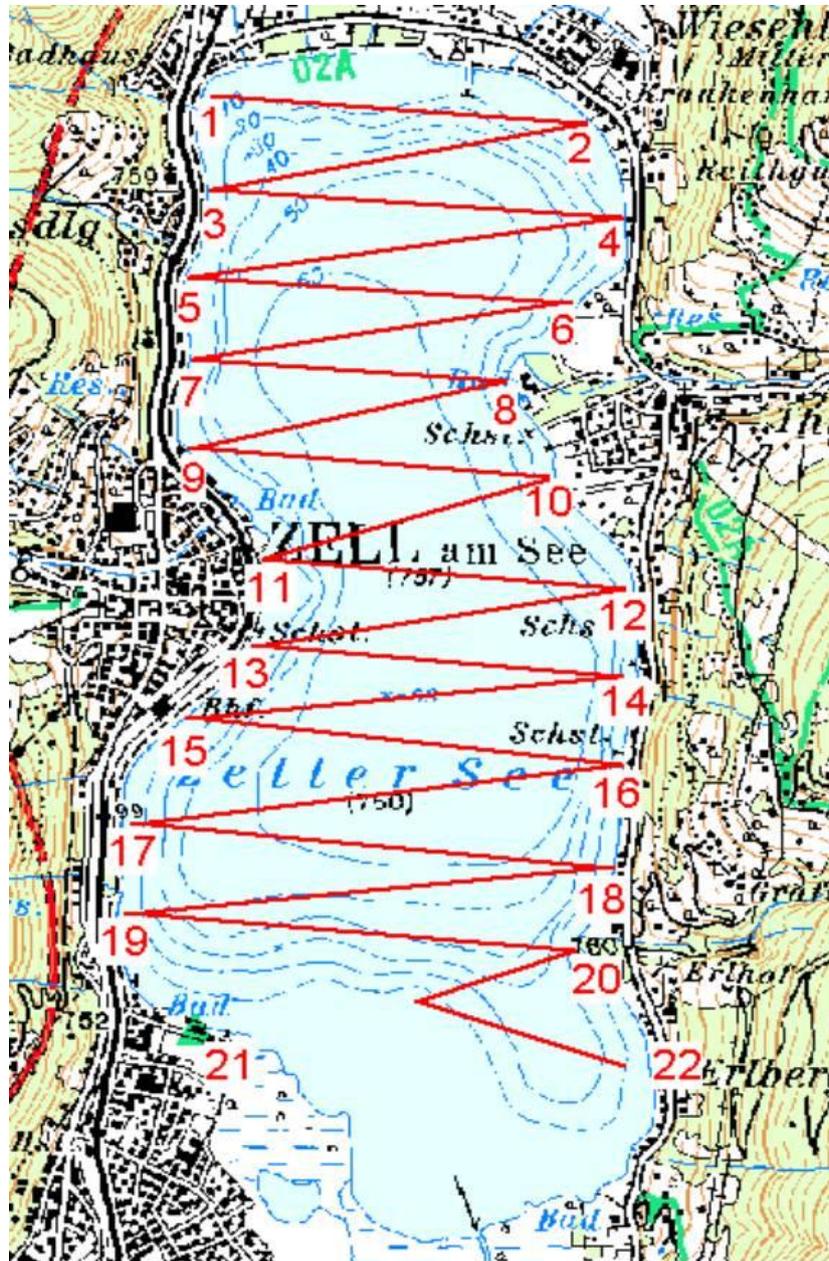


Abbildung 2: Echolottransekte am Zellersee

Temperatur eingestellt, wobei möglichst mit der höchsten Rate (automatischer Modus) gepingt wurde. In regelmäßigen Abständen (jeweils vor der Aufnahme) wurde das Echolot mit einer Standard-Eichkugel der Fa. Simrad kalibriert (Simrad 1996a). Für jede Aufnahme wurde die mittlere Temperatur über der tiefsten Stelle des Zellersees erhoben, die entsprechende Schallgeschwindigkeit berechnet und das Echolot dahingehend eingestellt. Die am Laptop

gespeicherten Rohdaten wurden nach der Aufnahme auf CD gebrannt und bis zur Auswertung aufbewahrt.



Abbildung 3: Echolotboot mit montierten Transducer (Schallgeber und -empfänger)



Abbildung 4: Echolotboot mit montierten Transducer (Schallgeber und -empfänger)

2.2. Auswertung der hydroakustischen Daten

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 (Abbildung 5 und 6) geöffnet.

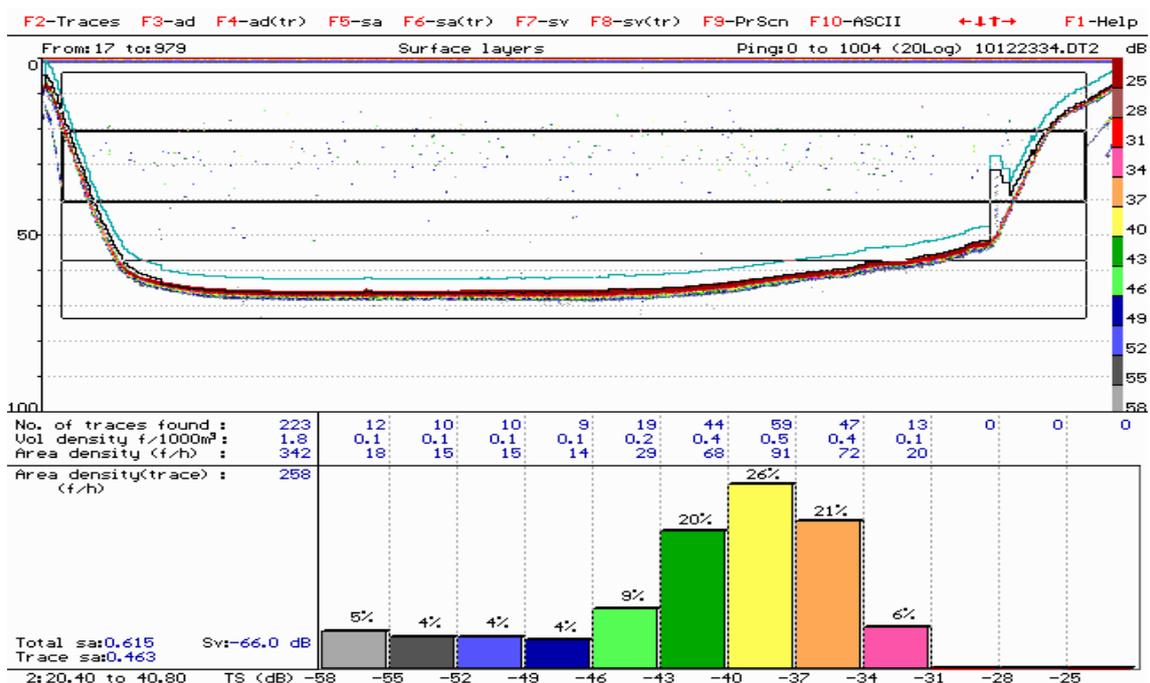


Abbildung 5: Beispiel einer Echogrammauswertung vom Zellersee, Nachtaufnahme vom 12. Oktober 2001, Quertransekt Nummer 16 (Bereich zwischen Bootsanlegestelle Schüttdorf und Mündung Erlbach). (Die x-Achse repräsentiert die Zeitachse in gesendeten Schallimpulsen (= pings), die y-Achse (links) die Wassertiefe in Meter. Im Bereich zwischen 20 und 40 Meter Tiefe sind ausgeprägte Fischschwärme zu erkennen. Die Farben zeigen die Echostärken verschiedener Objekte in Dezibel entsprechend der Skala am rechten Rand. Das Histogramm zeigt die Verteilung der Echostärken innerhalb des schwarzen Rahmens. Die Kennzahlen über dem Histogramm zeigen die Dichte jeder Echostärkenkategorie, aufgegliedert nach Volumen, Fläche und Gesamtanzahl. Der bei dieser Aufnahme häufigste Echostärkebereich liegt zwischen -40 und -37 dB und entspricht einer Fischlänge von 17,7 bis 25,4 cm).

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 Minimalgrenzwerte gesetzt.

Zur Grenzwertsetzung wurde das Echogramm zuerst mit einem Einzelechosträrken (TS)-Grenzwert von -58 dB , einem volumsbezogenen Echosträrken (SV)-Grenzwert von -68 dB und einer Laufzeit-Verstärkungsfunktion (TVG) von Motorgeräusche, etc..) und ungewollte Echos noch ausgefiltert werden. Bei dieser Prozedur werden auch die Minimalgrenzwerte gesetzt. Zur Grenzwertsetzung wurde das Echogramm zuerst mit einem Einzelechosträrken (TS)-Grenzwert von -58 dB , einem volumsbezogenen Echosträrken (SV)-Grenzwert von -68 dB und einer Laufzeit-Verstärkungsfunktion (TVG) von 40 logR geöffnet. Dann wurde bei einer zweiten Laufzeit-Verstärkungsfunktion von 20 logR der SV-Grenzwert solange erhöht bis keine Störungen mehr am Echogramm sichtbar waren.

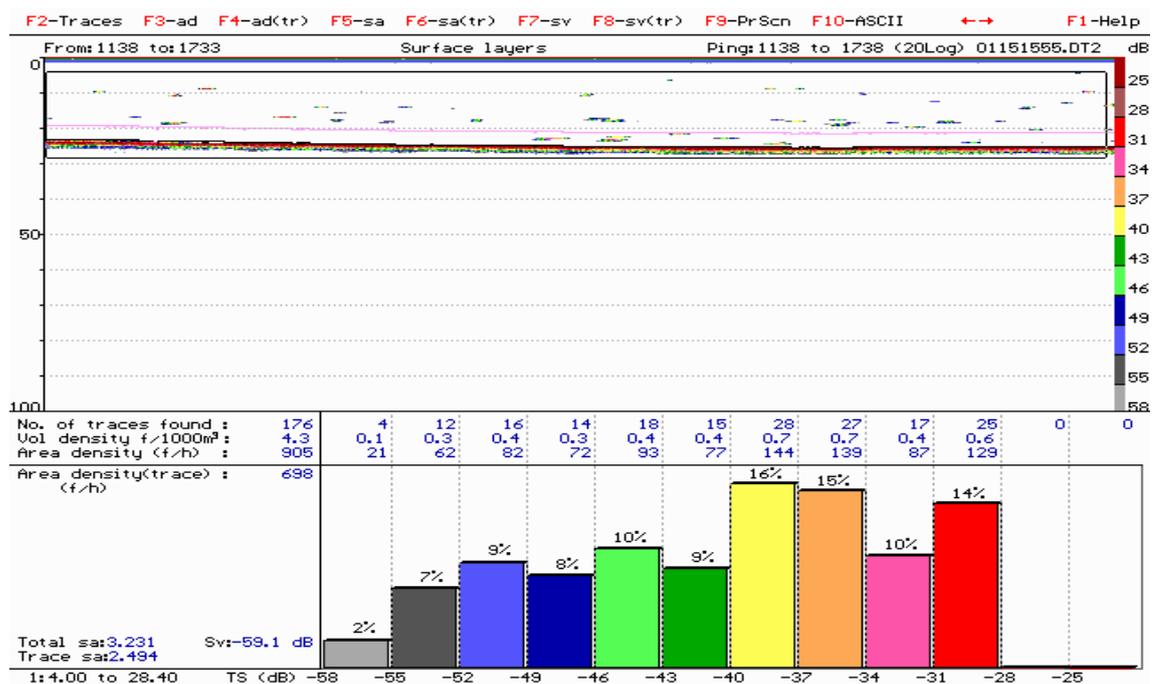


Abbildung 6: Echogramm vom Zellersee, Tagaufnahme vom 24. August 2001, Quertransekt Nummer 21 (Bereich Südufer).

Letztlich wurde das 20 logR Echogramm mit dem 40 logR Echogramm verglichen: stimmten die beiden Echogramme weitgehend überein wurde bei diesen Grenzwerten ausgewertet. Ergaben sich wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Echogrammen so wurde der SV - Grenzwert noch bis zur weitgehenden Übereinstimmung feinabgestimmt. Die nun möglichen

Auswertungen erfolgten immer über den gesamten Transekt in der Schicht zwischen 4 m Wassertiefe und Seegrund.

Bei der Auswertung werden die Echos zuerst gefiltert und 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) Allen anderen Echos, die soweit sie den Minimalgrenzwert (SV-treshold) überschreiten, werden dahingehend interpretiert, daß sie von Fischschwärmen herrühren.

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 Gesamtechostärke (in den Echogrammen als „total sa“ gekennzeichnet), welche noch zusätzlich zu den Einzelechos („trace sa“) die Echos der Kategorie 2 beinhaltet, wird aufgeschlüsselt. Die verbleibende Echostärke der Kategorie 2 wird nun so behandelt als bestünde sie ebenfalls aus Einzelechos mit der gleichen Größenverteilung die bei den Einzelechos gefunden wurde. So wird die Echostärke 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 1996 a,b) zu entnehmen.

2.3. Biomasseberechnung

Bei der Auswertung der einzelnen Transekte fallen Daten über die Fischdichte (Fische/ha) und der dazugehörigen Verteilung an, wobei diese Verteilung in Klassen von jeweils 3 Dezibel zusammengefaßt wird. Um von der Echostärkeverteilung (Dezibel, dB) auf Fischgewichtseinheiten (Kilogramm, kg) zu kommen sind zwei Rechenschritte notwendig:

1. von Dezibel auf Fischlänge und
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 von Längen-Gewichtsregressionen der Hauptfischart berechnet. Dazu wurde die Längen-, Gewichtsdaten für die Zellersee-Renken aus Gassner, (1996) verwendet

$$\text{Vollgewicht} = 0,0281 \cdot (\text{Totallänge})^{3,2643}$$

und für die weitere Biomasseberechnung herangezogen.

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) des jeweiligen Termins berechnet. Weitere allgemeine Details über die hydroakustischen Methoden sind in MacLennan D.N. & E.J. Simmonds (1992), Brandt (1996), Gassner et al. (1999), Wanzenböck & Gassner (2001) angeführt.

Für die flächenhafte Darstellung der Ergebnisse wurden die befahrenen Transekte in Teilstücke, sogenannte „elementare Probe-Einheitsstrecken (=elementary sampling distance units, ESDU)“ zerlegt. Diese waren zwischen 150 und 200 m lang. Für jede der Teilstrecken wurde nun nach der oben beschriebenen Methode die Biomasse berechnet und jenem Punkt, der jede Teilstrecke in zwei Hälften teilt, zugeordnet. Über die Seefläche kann nun ein Zellraster gelegt werden, ein sogenanntes „Grid“. Wenn in einer solchen Rasterzelle ein

Meßpunkt liegt ist der Wert dieses Meßpunktes für die Rasterzelle gültig. Werte für jene Rasterzellen in denen keine Meßpunkte liegen, werden interpoliert, und zwar je nach räumlicher Nähe von benachbarten Meßpunkten („kriging-Verfahren“).

Aus den so erhaltenen Rasterzellenkarten können dann Isolinien (Linien mit gleichen Wertausprägungen) berechnet werden und diese werden letztendlich kartographisch dargestellt.

3. ERGEBNISSE

Die Auswertungen aller hydroakustischen Aufnahmen (Tag- und Nachtaufnahmen) ergaben für den Zellersee eine mittlere Fischbiomasse von 74,5 kg/ha ($\pm 13,92$ Standardfehler; $n = 6$). Bedingt durch die relativ hohen Schwankungen zwischen den Aufnahmen ergab sich ein 95-% Konfidenzintervall von $\pm 35,787$. Damit kann die Fischbiomasse des Zellersees mit 95-% Wahrscheinlichkeit auf den Bereich zwischen 110 und 39 kg eingegrenzt werden.

Die Nachtaufnahmen brachten bei allen Terminen höhere Werte gegenüber den Tagaufnahmen. Im August ergab die Tagaufnahme eine um 33 % geringere Fischbiomasse als die Nachtaufnahme, im Oktober eine um 39 % und im Dezember eine um 61 % geringere Fischbiomasse. Daraus ergaben sich für die Nachtaufnahmen mit 93,3 kg/ha (\pm S.E.: 18,113; $n = 3$) auch wesentlich höhere mittlere Fischbiomassen als am Tag 55,0 kg/ha (\pm S.E.: 16,208; $n = 3$). Die hohen Biomasse-Schwankungen zwischen den einzelnen Aufnahmen resultierten am Zellersee auch in einem relativ hohen Variationskoeffizient ($CV \% = 45,8$). Die maximale Fischbiomasse wurde in der Nacht beim Oktobertermin mit 117,9 kg/ha gemessen. Die mittleren Fischbiomassen im Vergleich zu anderen Fischbiomasserhebungen und die Biomassewerte aller Einzelaufnahmen des Zellersees sind in den Abbildungen (7 und 8) dargestellt.

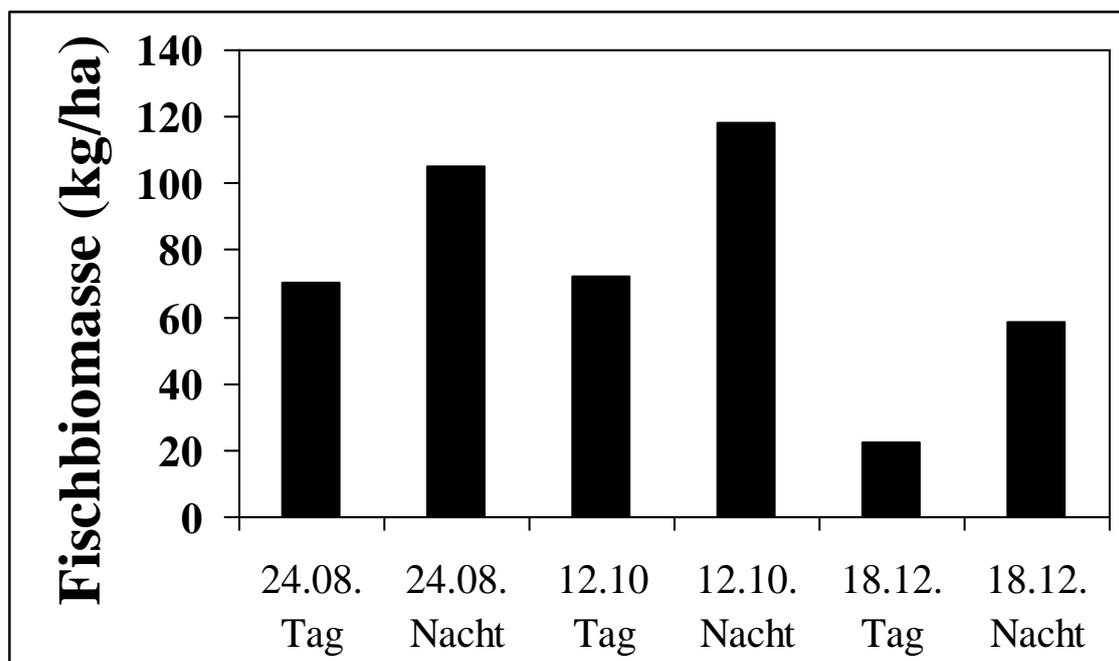


Abbildung 7: Erhobene mittlere Fischbiomassen der jeweiligen Termine.

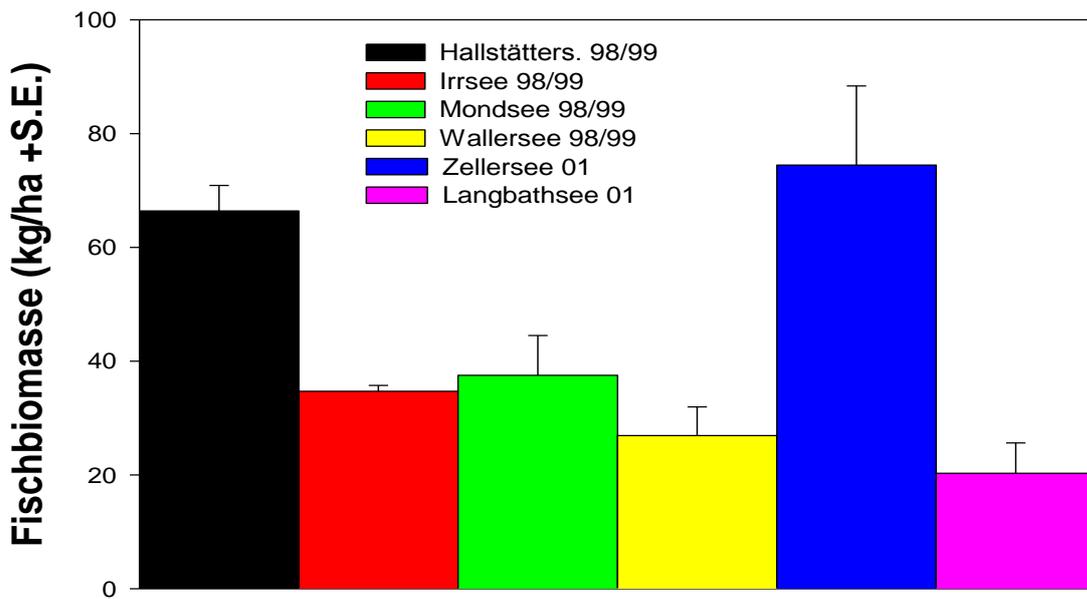


Abbildung 8: Vergleich zu mittlere Fischbiomassen anderer Seen (Hallstättersee $n = 6$, Mondsee $n = 8$, Irrsee $n = 7$, Wallersee $n = 8$; Zellersee $n = 6$, Langbathsee $n = 6$; S.E. = Standard Error)

Eine Auftrennung der mittleren Fischbiomassen der einzelnen Nachttermine nach den Totallängen (Abbildung 9) zeigte eine deutliche Abnahme der Fischbiomassen in den Längenklassen 40 bis 60 cm beim Dezembertermin gegenüber dem August- und dem Oktobertermin. Im Größenbereich unter 20 cm und über 80 cm ergaben sich zwischen den Terminen keine großen Biomassewerteunterschiede. Allerdings resultierte bei allen drei Terminen die höchste Fischbiomasse aus dem Längenbereich von 40 cm Totallänge.

Trennt man die Abundanzen (Fischdichten) der einzelnen Nachttermine nach der Totallänge auf (Abbildung 10) so ergeben sich beim Augusttermin im Vergleich zum Oktober- und Dezembertermin relativ geringe Fischdichten an Fischen < 5 cm Totallänge. Auch bei den Tagaufnahmen wurden im August die geringsten Fischdichten an Fischen < 5 cm Totallänge festgestellt. Ein Vergleich der Abundanzen zwischen den Tag- und Nachtaufnahmen (Abbildung 11) ergab für den Längenbereich 20 bis 40 cm Totallänge wesentlich höhere Dichten in der Nacht. Bei den restlichen Längenbereichen ergaben sich keine so gravierenden Abundanzunterschiede.

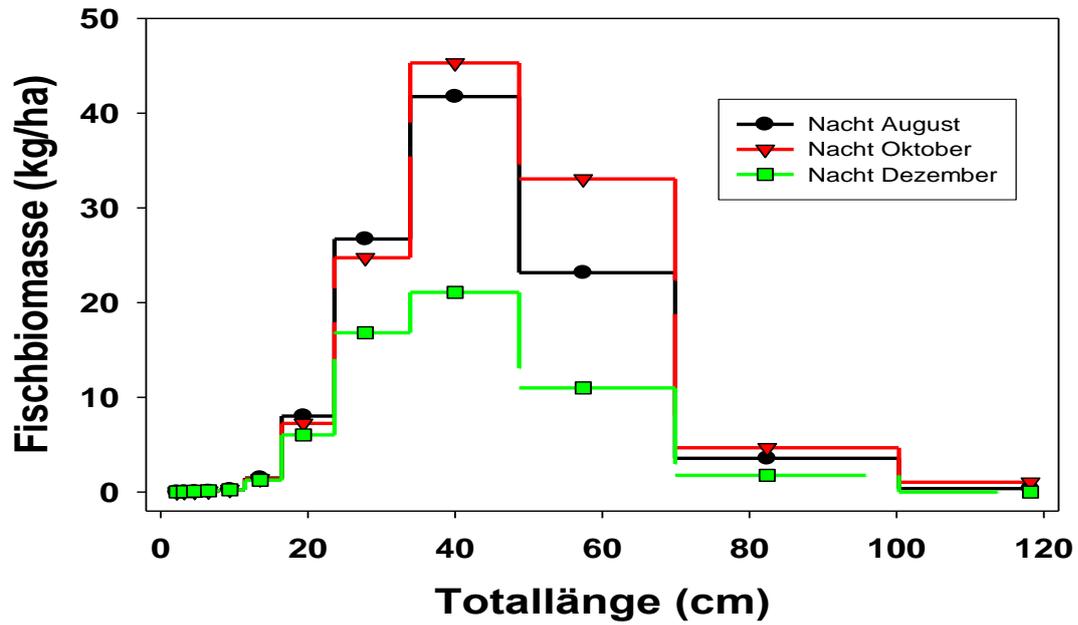


Abbildung 9: Mittlere Biomassen-Längenverteilung der jeweiligen Nachttermine

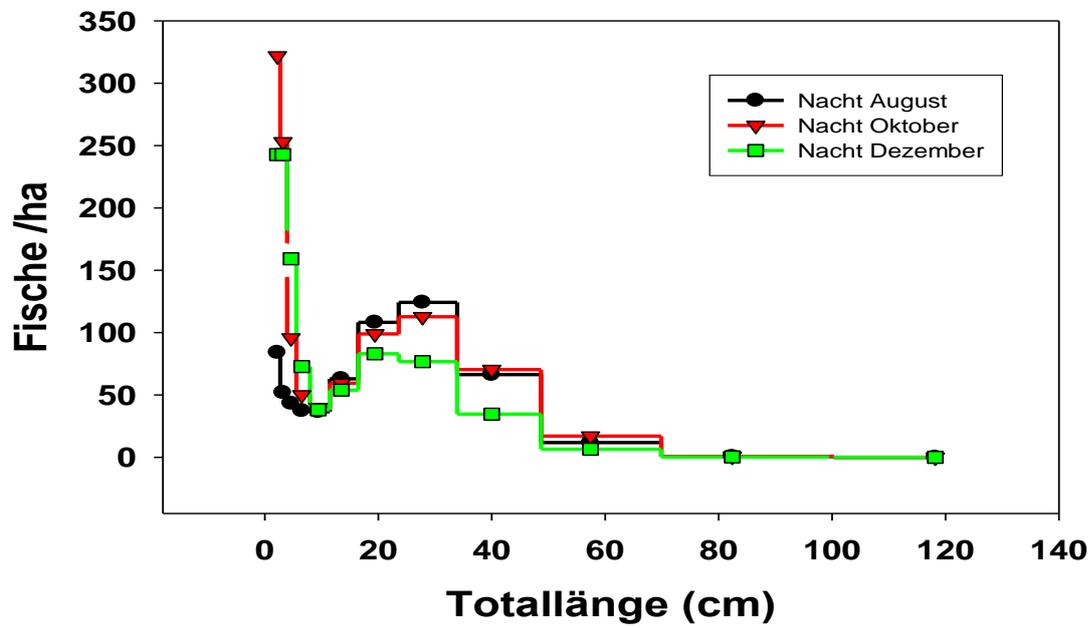


Abbildung 10: Mittlere Abundanz-Längenverteilung der jeweiligen Nachttermine

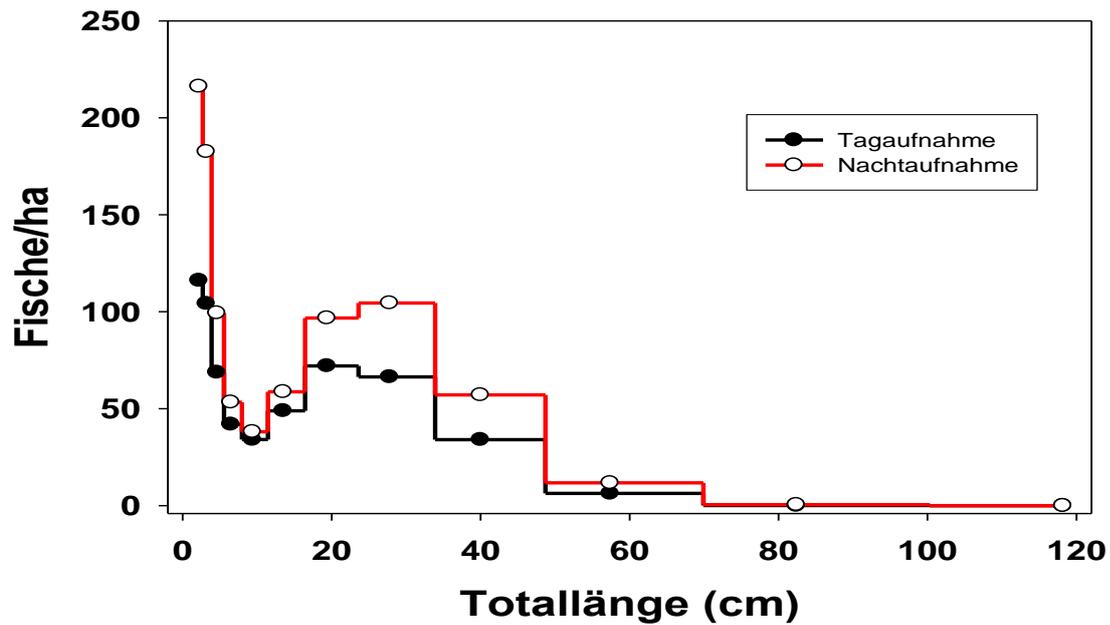


Abbildung 11: Mittlere Abundanz-Längenverteilung aller Tag- und Nachttermine

Die Darstellung der Fischbiomassen in ihrer flächigen Verteilung zeigten auffällige Übereinstimmungen zwischen dem ausgewerteten August- und Oktobertermin. Hohe Fischbiomassen wurden dabei jeweils im Nord-Ostteil des Zellersees (Bereich Griessauerbucht), im Westteil vor Zell am See und im Südteil, im Bereich der Einmündung des Erlbaches, festgestellt (Abbildung 12 und 13). Im Ostteil des Sees wurden durchwegs geringe Fischbiomassen festgestellt.

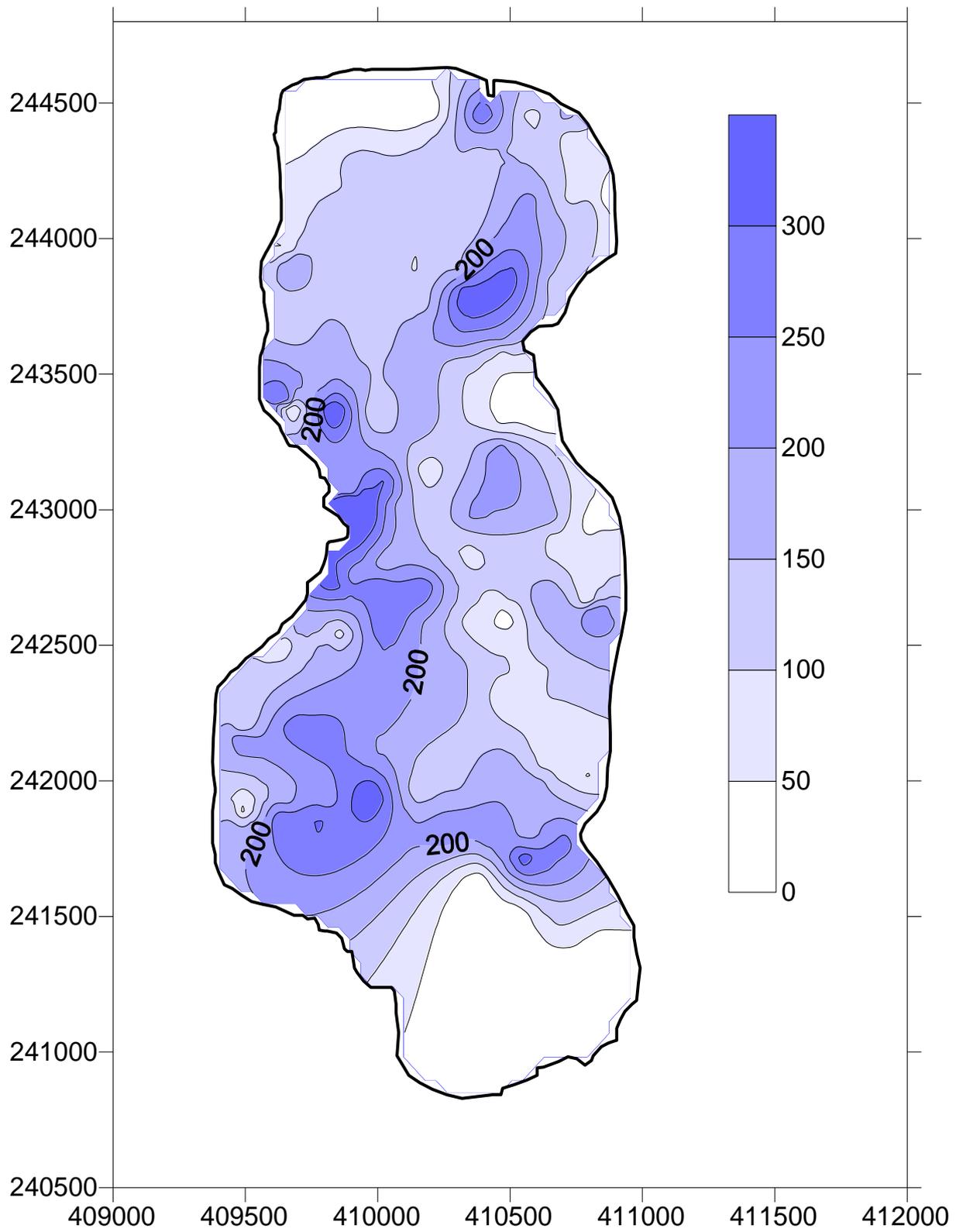


Abbildung 12: Flächenverteilung der Fischbiomassen (Farbskala in kg/ha) beim Augusttermin (Achsenbeschriftung = Kordinaten).

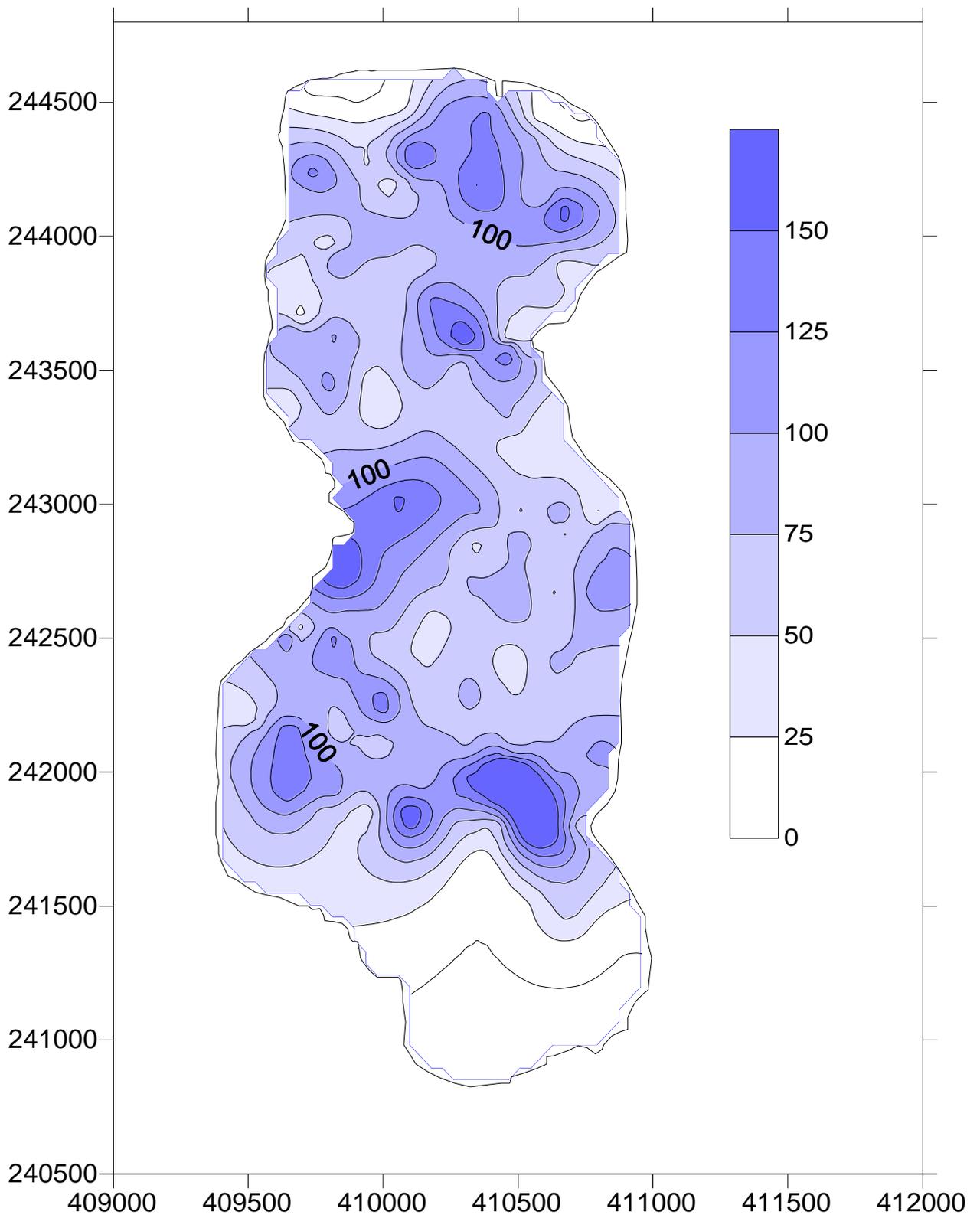


Abbildung 13: Flächenverteilung der Fischbiomassen (Farbskala in kg/ha) beim Oktobertermin. (Achsenbeschriftung = Koordinaten).

4. DISKUSSION

Grundsätzlich waren die Bedingungen am Zeller See als für die Echographie gut geeignet einzustufen, mit Ausnahme der Flachwasserbereiche im Nordwesten und Süden des Sees. Die tieferen Zonen (>10 m) in weiten Bereichen des Sees begünstigen eine Bearbeitung mittels Echolotverfahren. Durch die im Vergleich zu anderen Bearbeitungen hohe Anzahl von Transekten ergab sich eine sehr gute Flächenabdeckung und damit eine als außergewöhnlich gut einzustufende Genauigkeit bei den Ergebnissen der flächenhaften Fischverteilung.

Zugleich erhöhen die vielen Transekte auch den Stichprobenumfang und die Abschätzung der Fischdichten und der Biomassen sind daher auch als relativ genau einzustufen.

Die auffälligen Unterschiede zwischen den Tag- und Nachtaufnahmen können durch die unterschiedlichen Verteilungsmuster der Coregonen erklärt werden: Nach Ptak & Appenzeller's (1998) Beobachtungen am Bodensee schließen sich die Coregonen tagsüber zu Schwärmen zusammen und diese lösen sich während der Nachtstunden auf. Daraus ergibt sich eine verringerte Wahrscheinlichkeit die Coregonenschwärme tagsüber anzutreffen und dies schlägt sich, zusammen mit Abschattungseffekten innerhalb der Schwärme, in niedrigeren Biomassewerten nieder.

Im saisonalen Verlauf zeigten sich deutlich geringere Dichten und Biomassewerte im Dezember. Die Auftrennung nach den unterschiedlichen Größen erbrachte vor allem bei den größeren, vermutlich Mutterfischen, besonders reduzierte Werte. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß ein Teil der Mutterfische sich aufgrund der zeitlichen Nähe zur Laichzeit oberflächennahe oder im Uferbereich aufhielten und so vom Echolot schwer erfasst werden konnten.

Vom Vergleich mit den Bestandsschätzungen aus anderen Seen läßt sich ableiten, daß im Zellersee ein relativ dichter und ausgewogener Coregonenbestand anzutreffen ist der mit dem vorbildlich bewirtschafteten Bestand des Hallstättersees vergleichbar ist, bzw. diesen noch übertrifft.

Darauf basieren die nachfolgenden Überlegungen zum Fischereimanagement:

Grundsätzlich bedeutet nachhaltiger Fischfang im Rahmen einer „ökologischen Gewässerbewirtschaftung“ die Abschöpfung der natürlichen Produktion mit tierschutzgerechten Methoden. Die Fangansprüche müssen sich dabei zuerst nach den

Gegebenheiten des Gewässers und erst in zweiter Linie nach den Wünschen der Fischer richten. Das heißt, man kann nicht mehr ernten als das Gewässer hervorbringt.

Im Folgenden werden die nachhaltigen Entnahmemengen dargestellt, wobei als Basis die Arbeit von DOWNING & PLANTE (1993) herangezogen wurde, welche den nachhaltigen Ertrag natürlicher nährstoffarmer, stehender Gewässer mit ~ 15 % des Fischbestandes (Biomasse) angeben. Ausgehend von der aus 6 Aufnahmen berechneten mittleren Fischbiomasse aller Tag- und Nachtaufnahmen von 74,5 kg/ha ergibt sich ein Gesamtfischbestand von 33,9 Tonnen im Freiwasser des Zellersees. Der durchschnittliche Ertrag der Jahre 1999, 2000 und 2001 lag bei ~8800 kg pro Jahr. Dies entspricht einer jährlichen Abschöpfung von ~ 26 % der erhobenen mittleren Fischbiomasse. Aus vergleichbaren Untersuchungen an einigen Salzkammergutseen (eigene unpublizierte Daten) ergab sich eine Abschöpfung von der gesamten Fischbiomasse von ~27 % am Irrsee, von ~30 % am Wallersee, von 14 % am Mondsee und ~13 % am Hallstättersee. Grundsätzlich ist der fischereiliche Ertrag vom Nährstoffgehalt und hier wiederum vom Phosphorgehalt, sowie von der Befischungsintensität abhängig. Zwischen dem Phosphorgehalt und der Fischbiomasse eines Sees besteht ein enger Zusammenhang der sich mathematisch gut darstellen lässt (Hanson & Leggett 1982).

Aus Sicht einer nachhaltigen fischereilichen Bewirtschaftung nach Downing & Plante (1993), welche den nachhaltigen Ertrag mit ~ 15 % der Fischbiomasse ansetzen, liegt der Zellersee mit einer Abschöpfung von 26 % der Fischbiomasse doch entsprechend über dieser Vorgabe. Im Vergleich zum Irrsee und zum Wallersee, wo eine ähnliche Abschöpfung erfolgte, ist jedoch der Zellersee wesentlich nährstoffärmer. Ein bestens dokumentiertes Beispiel nachhaltiger Bewirtschaftung sind die Ausfänge am Hallstättersee. An diesem See entspricht der jährliche Ausfang über Jahre hinweg der Vorgabe von ~ 15 % der Fischbiomasse. Am Hallstättersee wird nur der jährliche Zuwachs abgeschöpft, zumal dieser Ausfang ohne jegliche Besatzmaßnahmen erzielt wird. Der Mondsee liegt zwar auch in diesem Bereich doch sind die Ertragsdaten nicht sehr gut dokumentiert.

Ein biologischer Grund für die relativ hohe Fischbiomasse und in der Folge relativ hohen Erträge könnte in den ausgedehnten Flachwasserzonen des Zellersees liegen.

Flachwasserzonen sind grundsätzlich wesentlich produktiver als das Freiwasser und ein Teil des Ertrages könnte aus diesen Zonen resultieren.

In der Literatur wird oftmals eine grobe Beziehung zwischen Zooplankton und Fischbiomasse von 10 zu 1 hergestellt, beziehungsweise 10 % von der Zooplanktonbiomasse beträgt die

Fischbiomasse (Schwörbel 1993). Die 1996 durchgeführte Zooplanktonuntersuchung am Zellersee (Gassner et al. 1996) ergab eine mittlere Zooplanktonbiomasse (Jahresmittelwert) von 157,8 g/m² was einer durchschnittlichen Zooplanktonbiomasse von 413 Tonnen entspricht. Die mittlere Fischbiomasse lag bei 33,9 Tonnen. Dies entspricht rund 8,2 % der Zooplanktonbiomasse und kommt dieser generellen Beziehung aus der Literatur sehr nahe.

Bei der fischereibiologischen Untersuchung des Zellersees im Jahr 1994/95 (Riedlsperger 1995, Gassner 1996) wurden Renken und der Barsch als die dominanten Fischarten im Freiwasser des Zellersees festgestellt. Die restlichen Fischarten wie Aal, Karpfen, Hecht, Brachsen, Aitel, Schleien und diverse Weissfischarten konnten aufgrund ihrer Lebensweise hydroakustisch nur sehr schlecht erfasst werden, dürften aber auch insgesamt im See einen nur relativ kleinen, auch mit modernsten Methoden nicht definierbaren Anteil am Gesamtfischbestand haben.

Aus den monatlichen Befischungen ergab sich eine relative zahlenmäßige Verteilung von 51 % Renken, 39 % Barsche, 7 % Rotaugen, 1,8 % Seesaiblinge, 1,3 % Lauben und 0,5 % Brachsen. Eine gewichtsmäßige Verteilung liegt nicht vor, aber ausgehend von der zahlenmäßigen Verteilung kann die gewichtsmäßige Zusammensetzung im Freiwasser des Zellersees größenordnungsmäßig mit etwa 70 % Renken, 20 % Barsch und 10 % restliche Arten abgeschätzt werden. Umgelegt auf die aktuelle Fischbiomasse ergibt sich daraus ein Renkenbestand von rund 23730 kg und ein Barschbestand von rund 7000 kg Barsche. Nachhaltig können von den Renken rund 3600 kg abgeschöpft werden. Der Ertrag der letzten drei Jahre liegt allerdings bei durchschnittlich 5100 kg und einer jährlichen Abschöpfung von 21 % des Renkenbestandes. Die Differenz zwischen der nachhaltigen und der aktuellen Entnahmemenge dürfte durch die Besatzmaßnahmen ausgeglichen werden. Die genauen Auswirkungen von Besatzmaßnahmen sind jedoch noch unzureichend erforscht um gesicherte Aussagen treffen zu können.

5. LITERATUR

- Brandt, S. B. (1996): Acoustic assessment of fish abundance and distribution. Seiten 385-432 in B. R. Murphy & D.W. Willis, Editoren. Fisheries Techniques, 2nd edition, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Bobek, M. & F. Schiemer (1987): Der Einsatz eines neuen Echolotes in der Fisch-Ökologie. Österreichs Fischerei 40: 119-127.
- Bobek, M. (1993): Echographie in seichten Gewässern. Österreichs Fischerei 46: 48-54.
- Downing, J.A. & C. Plante (1993): Production of fish populations in lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **50**, 110-120.
- Gassner, H. (1996): Die Bewirtschaftung und Populationsbiologie der Coregonen (*Coregonus lavaretus*, L.) des Irrsees im Vergleich zum Zellersee. Diplomarbeit, Universität Salzburg, p. 85.
- Gassner, H., J. Wanzenböck, R.A. Patzner & A. Jagsch (1999): Hydroakustische Fischbestandserhebungen in vier Salzkammergutseen. Österreichs Fischerei **52**, 122-128.
- Gassner, H., S. Grill-Brozek & R. Riedlsperger (1996): Das Zooplankton des Pinzgauer Zellersees. Artenzusammensetzung, Biomassen und räumlich-zeitliche Verteilung für das Jahr 1996. Projektstudie im Auftrag der Stadtgemeinde Zell am See, 54 Seiten.
- Hanson, J.M. & W.C. Legett (1982): Empirical prediction of biomass and yield. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **39**, 257-263.
- 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 S.
- Pölzl, 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.

- Riedlsperger, R. (1996): Die Coregonen (*Coregonus lavaretus*) des Zellersees (Salzburg, Pinzgau). Artbestimmung und Ernährungssituation im Vergleich zum Irrsee (Oberösterreich, Salzkammergut). Diplomarbeit, Univ. Salzburg.
- Schwörbel, J. (1993): Einführung in die Limnologie. 7. Aufl., Gustav Fischer Verlag, 7. Aufl., p. 387.
- 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, U.S.A; 2-4 March 1999).

DANKSAGUNG

Unser Dank gilt der Stadtgemeinde Zell am See für die Finanzierung des Projektes und der Bereitstellung eines Bootes. Herzlichen Dank auch an Herrn Fischereimeister Anton Fürstauer für die gute Organisation und die Mithilfe bei den Aufnahmen.

Adressen der Verfasser:

Mag. Dr. Hubert Gassner

Merianstrasse 8/21

A-5020 Salzburg

Tel.: 0662/877943

Dr. Josef Wanzenböck

Technisches Büro für Biologie (Limnologie)

St. Lorenz 331/2

5310 Mondsee

Tel.: 06232-6008