Hydroakustik zur Analyse von Fischbeständen und Fischverhalten – Fallstudien aus Österreich

Marc B. Schmidt · Martin Schletterer

Online publiziert: 9. April 2020
 © Der/die Autor(en) 2020

Zusammenfassung Hydroakustik, das heißt der Einsatz von Echoloten und Sonaren, ist in Binnengewässern eine etablierte Methode. Je nach Fragestellung kommen verschiedene System zum Einsatz: (1) Das Single-beam-Echolot ist grundsätzlich ein klassischer „Fischfinder“. (2) Das Dual-beam-Echolot kombiniert hohe und niedere Frequenzbereiche. (3) Bei Split-beam-Echoloten ist der Schallkegel energetisch in vier Sektoren unterteilt, diese Systeme ermöglichen u. a. die Erfassung von räumlichen und zeitlichen Fischverteilungen und Fischbiomasseerhebungen. (4) Multi-beam-Sonare (z. B. DIDSON und ARIS-Sonar), sogenannte hydroakustische Kameras, liefern schließlich videoähnliche Bilder und ermöglichen die Analyse von Fischverhalten in tiefen und dunklen Gewässern. Der gegenständliche Artikel zeigt Anwendungsbeispiele aus Österreich zum Einsatz hydroakustischer Methoden zur Fischdetektion (Einsatz von Single-beam-Echoloten zur Langzeiterfassung von Fischbewegungen), Fischbiomassebestimmung (mittels Split-beam-Echolot am Hintersteiner See) und zur Analyse von Fischverhalten (mittels DIDSON und ARIS am KW Kirchbichl). Hydroakustische Methoden kommen somit erfolgreich angewandt-wissenschaftlich und in der Grundlagenforschung zum Einsatz und

können auch als innovative Technologie im Monitoring eingesetzt werden.

Schlüsselwörter Hydroakustik · EK15 · EK60 · DIDSON · ARIS · Fischdetektion · Fischbiomasse · Fischverhalten · Monitoring

Hydroacoustic surveys for the analyses of fish stocks and fish behaviour – case studies from Austria

Abstract Hydroacoustics, i.e. the use of echosounders and sonars, is an established method in inland waters. Depending on the purpose, different systems are used: (1) The single-beam sonar is basically a classic “fish finder”. (2) The dual-beam echosounder combines high and low frequency ranges. (3) In the case of split-beam echosounders, the sound cone is divided into four sectors and this system is often used to record spatial and temporal fish distributions (fish biomass surveys). (4) Multi-beam sonars (e.g. DIDSON and ARIS sonar), so-called hydroacoustic cameras, ultimately provide video-like images and enable the analysis of fish behaviour in deep and dark waters. Our article exemplifies the use of hydroacoustic methods for fish detection (use of single-beam echosounders for long-term detection of fish movements), fish biomass determination (by means of split-beam echosounders) and for the analysis of fish behaviour (using DIDSON and ARIS at the HPP Kirchbichl). Hydroacoustic methods are therefore successfully used in basic research and can also be used as innovative monitoring technology.

Keywords Hydroacoustic · EK15 · EK60 · DIDSON · ARIS · Fish detection · Fish biomass · Fish behaviour · Monitoring

1 Einleitung

Der Einsatz von Echoloten und Sonaren (Hydroakustik) zur Untersuchung wissenschaftlicher und angewandter Fragestellungen ist in Binnengewässern eine etablierte Methode (Gassner und Wanzenböck 2005). In Abhängigkeit von der Fragestellung kommen verschiedene technische Gerätschaften zum Einsatz (Abb. 1).

Das Single-beam-Echolot wird typischerweise auf Seen und Fließgewässern von Fischen zum Auffinden von Fischen verwendet („Fischfinder“), diese Geräte arbeiten oft mit Frequenzbereichen um 200 kHz, d. h. kurzen Wellenlängen. In tiefen Gewässern werden daher sogenannte Dual-beam-Echolote eingesetzt, die mit zwei Frequenzbereichen arbeiten (hohe [200 kHz] sowie niedere [83 kHz, d. h. längere Wellenlängen] Frequenzen). Grundsätzlich gilt:

- *Hohe Frequenz*= geringe Reichweite ABER hohe Auflösung (target separation).
- *Niedrige Frequenz*= große Reichweite ABER niedrigere Auflösung (target separation).

Split-Beam-Echolote im mobilen Einsatz vom Boot aus ermöglichen u. a. die Erfassung von räumlichen und zeitlichen Fischverteilungen (Schmidt et al. 2004a und 2004b) und in Kombination mit herkömmlichen Fischereimethoden die Quantifizierung von Fischbeständen hinsichtlich Abundanz und Biomasse (Schmidt et al. 2005; Gassner und Wanzenböck 2005). Darüber hinaus sind auch die Untersuchung von Gewässerstrukturen (Tiefenprofile, Tiefenkarten, Erfassung von Unterwasservegetation) und die stationäre Anwendung (z. B. Fischzählungen) wichtige Einsatzgebiete. Zusätzlich sind auch die Untersuchung von Gewässerstrukturen (Tiefenprofile, Tiefenkarten) und die Erfassung submerser Vegetation (Jäger et al. 2004; Winfield et al. 2007; Spears et al. 2009) sowie die statio-

Dr. M. B. Schmidt, MSc
 LFV Hydroakustik GmbH, Sprakeler
 Straße 409, 48159 Münster,
 Deutschland

Mag. Dr. M. Schletterer (✉)
 TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG,
 Eduard-Wallnöfer-Platz 2, 6020 Innsbruck,
 Österreich
martin.schletterer@tiwag.at;
martin.schletterer@boku.ac.at

Institut für Hydrobiologie
 und Gewässermanagement,
 Universität für Bodenkultur Wien,
 Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien,
 Österreich

Hier steht eine Anzeige.

Hier steht eine Anzeige.

Abb. 1 Übersicht über verschiedene Systeme: **a** Single-beam-Echolot, **b** Dual-beam-Echolot, **c** Split-Beam-Echolot und **d** Multi-beam-Echolot (verändert nach Martignac et al. 2015)

näre Anwendung (z. B. Fischzählungen) wichtige Einsatzgebiete.

Neben dem Einsatz konventioneller Echolote bzw. Sonare ist der Verwendung sogenannter Visualisierungssonare (z. B. DIDSON- und ARIS-Sonar) eine immer größere Bedeutung zuzumessen (Hateley et al. 2006; Hateley und Gregory 2008; Martignac et al. 2015). In den

letzten Jahren sind viele wissenschaftliche Arbeiten zum Einsatz von Imaging-Sonaren in aquatischen Lebensräumen veröffentlicht worden, die sich u. a. mit der automatisierten Erfassung von Fischen an aktiven Fanggeräten (Handegard und Williams 2008), der Beobachtung in reich strukturierten Habitaten und auf Laichgründen (Langkau et al.

2016), der computergesteuerten Identifikation von Aalen (Mueller et al. 2008) sowie der Untersuchung und Quantifizierung von Wirbellosen (Han und Uye 2009) beschäftigt haben. Auch die ARIS-Sonare werden insbesondere für Verhaltensstudien an Fischen und zur Fischdetektion eingesetzt (USGS 2013; O'Connell et al. 2014; Shahrestani et al. 2017; Schmidt et al. 2018).

Der gegenständliche Artikel zeigt Anwendungsbeispiele aus Österreich zum Einsatz hydroakustischer Methoden zur Fischdetektion, Fischbiomassebestimmung und zur Analyse von Fischverhalten. Während die Fischbiomassebestimmung eine Standardmethode darstellt (Gassner und Wanzenböck 2005), werden Visualisierungssonare („hydroakustische Kameras“) maßgeblich in Forschungs- & Entwicklungsprojekten und Monitoringprogrammen eingesetzt.

2 Fischdetektion mit Single-beam-Echoloten

2.1 Methodik

Im Rahmen des FIDET-Projekts (Fischdetektion und Fischverhalten: Hydroakustische Untersuchungen zur Präsenz und zum Verhalten von Fischen im Einzugsbereich und am Rechen von Kraftwerksanlagen¹) wurden im Oberwassergraben des KW Kirchbichl mit drei parallel montierten Single-beam-Echoloten (EK15; 28°-Schwinger, 200 kHz) Langzeitdaten erhoben (Schmidt und Schletterer 2017; Schmidt et al. 2018).

Die drei Echolote bzw. Kanäle (Channel 01, 02 und 03) wurden über die EK15-Software miteinander verbunden und sequenziell angesteuert (50 Millisekunden, das entspricht ca. 7 Pings pro Sekunde pro Kanal), um gegenseitige Störungen auszuschließen. Durch drei parallele Systeme konnte ein vergleichsweise großes Datenerfassungsvolumen erreicht werden (Abb. 2). Über eine Internetverbindung wurde der Fernzugriff auf die Echolote bzw. den Steuerungs-PC realisiert, um eine kontinuierlich überwachte Datenerfassung zu ermöglichen. Die Auswertung der Echolot-Daten erfolgt mit der Post-Processing-Software Sonar 5 Pro (Details zur Aus-

Abb. 2 **a** Schematische Darstellung der 3 Echolote und des sampling volume (aus Schmidt et al. 2018); **b** polyesterbeschichteter Styrodurkörper mit Montageplatz für die Echolot-Schallgeber; **c** 3 Echolote im Oberwassergraben Kirchbichl (Blick gegen die Fließrichtung)

¹ vgl. <https://oesterreichsenergie.at/forschungsbericht2019/FIDET.html>.

wertung in Schmidt und Schletterer 2017).

2.2 Ergebnisse

Im Zeitraum Februar 2015 bis März 2016 erfolgte die Langzeitdatenerfassung im Oberwassergraben Kirchbichl (Schmidt und Schletterer 2017). Dieser Datensatz hat gezeigt, dass die meisten Fische im Frühjahr detektiert wurden (vgl. Schmidt et al. 2018). Grundsätzlich erwies sich das Setup als robust und zuverlässig, allerdings traten im Sommer Schwierigkeiten (false positive detections) auf – so kam es einerseits bei hohen Abflüssen zu einem ungünstigen Verhältnis von Signalstärke und Hintergrundrauschen und andererseits wurde Grasschnitt als Störquelle identifiziert. Die Detektion war auch in anderen Zeiträumen teilweise eingeschränkt: Im Herbst sorgte Laubfall und im Winter schwimmender Schnee (Einbringung von Räumschnee in Gewässer) für problematische Verhältnisse. Bei hohen Abflüssen muss die Datenerfassung unterbrochen und das technische Equipment geborgen werden, daher ist eine entsprechende Wartung und Betreuung (Reinigen bzw. Bergen der Schwimmkörper) vorzusehen. Im gegenständlichen Projekt konnte das Frühjahr als Zeitraum erhöhter Fischaktivität identifiziert werden, um im Nachgang dann detaillierte Untersuchungen mit akustischen Kameras durchzuführen (vgl. Kap. 4.).

3 Fischbiomassebestimmung mit Split-beam-Echoloten

3.1 Methodik

Bei Split-beam-Echoloten ist der Schallkegel energetisch in 4 Sektoren unterteilt (vgl. hierzu auch MacLennan und Simmonds 1992; Simmonds und MacLennan 2005). Neben einer laufzeitabhängigen Nachverstärkung kann gleichzeitig auch die Abweichung von der akustischen Schallachse kompensiert werden. Dabei wird innerhalb des 3-dB-Schallkegels sichergestellt, dass eine korrekte Erfassung der Echostärke auch bei einer Abweichung von der Schallkegelachse erfolgt.

Wesentliche Teile des Echolots sind der Schallgeber (Transducer) und die Recheneinheit (GPT=General Purpose Transceiver). Bestandteile der Recheneinheit sind ein Timer, Sender und Empfänger sowie ein Verstärker. Die

Abb. 3 a) Montage des Schwingers (Simrad EK60) und b) Position des Schwingers in circa 25 cm Wassertiefe

Abb. 4 Survey-Track zur hydroakustischen Datenerfassung auf dem Hintersteiner See im August 2018

Steuerung und die Visualisierung (Display) erfolgt über ein Notebook. Die Verbindung der Recheneinheit mit dem Schallgeber wird über ein Kabel zur Energieversorgung und für den Datentransfer hergestellt. Der Schallgeber ist zumeist im vorderen Bereich des Bootes oder seitlich in etwa 25 cm Wassertiefe installiert (Abb. 3).

Der Timer initiiert einen elektrischen Impuls, der den Sender aktiviert. Entsprechend der verwendeten Frequenz erzeugt der Sender einen Impuls bestimmter Länge. Die elektrische Energie dieses Impulses wird durch den Schallgeber in akustische Energie umgewandelt und als Schallimpuls ins Wasser abgestrahlt. Die vom Schallimpuls getroffenen Objekte reflektieren Echos, die zum Schallgeber zurücklaufen und durch den Empfänger wieder in elektrische Signale umgewandelt werden.

Eine Nachverstärkung (TVG) dieser elektrischen Signale erfolgt durch die Verstärkereinheit. Grundlage hierfür ist

die Zeitdifferenz zwischen abgestrahltem Schallimpuls und eintreffendem Echosignal. Anschließend erfolgt die Weiterverarbeitung und Speicherung der Signale sowie deren Visualisierung auf dem Display des Notebooks.

3.1.1 Datenerfassung

Als Echolot kam ein SIMRAD EK60 Split-Beam mit einer Frequenz von 120 kHz zum Einsatz. Das Gerät wurde gemäß Herstellerangaben vor Ort kalibriert (vgl. Simrad 2004). Die Felddatenerfassung am Hintersteiner See erfolgte am 22./23.08.2018 in der Zeit von ca. 12.30 bis 15.30 (Tagaspekt) bzw. 21.45 bis 23.45 (Nachtaspekt) auf 12 Zick-Zack-Transekten mit einer Gesamtlänge von etwa 4,9 km von Ost nach West (Abb. 4, vgl. auch EN 15910: 2014). Die Bootsgeschwindigkeit (Elektromotor) betrug 4–5 km/h. Der Survey-Track wurde mit einem an das Echolot gekoppelten GPS parallel erfasst und aufgezeichnet.

Abb. 5 Auswertung der hydroakustischen Daten mit der Software Sonar 5 Professional (Cage Eye A/S, NOR)

3.1.2 Datenauswertung

Die Datenauswertung erfolgte mit der Post-Processing-Software Sonar 5 Professional (Balk und Lindem 2014) und der integrierten Biomassenanalyse (Abb. 5). Zur Auswertung herangezogen wurden die am Tag und in der Nacht erhobenen Daten >2m Wassertiefe (Schallgeber-Nahfeld). Dabei entspricht ein Transekt einer elementaren Stichprobeneinheit (ESU=Elementary Sampling Unit). Für die Bestimmung der Abundanz und Fischbiomasse wurde das Echointegrationsverfahren angewandt (Kubečka und Wittingerova 1998; Balk und Lindem 2014; Draščík et al. 2017).

Grundlage für die Fischbiomassebestimmung durch Echointegration ist das Verhältnis von Gesamtechorückstreuung und Einzelschiddetektionen (Schwellenwert=Threshold=-58dB). Die Fischlänge in Zentimeter errechnet sich aus der akustischen Größe der Einzelechos in Dezibel (TS=Target Strength=Zielmaß), dabei wird eine empirische Formel nach Love (1971) zugrunde gelegt. Die ermittelte Anzahl von Fischen pro Flächeneinheit (ha) wird mit dem Fischgewicht der jeweiligen Größe auf Basis einer Längen-Gewichtsregression multipliziert. Da begleitende standardisierte Netz-

befischungsergebnisse für das Untersuchungsjahr 2018 nicht zur Verfügung standen, wurde zur Biomassebestimmung eine allgemeine Längen-Gewichts-Beziehung des Bundesamts für Wasserwirtschaft (BAW, Institut Scharfling, Mondsee) verwendet, die einen Querschnitt für österreichische Saiblingseen bildet. Die mittlere Fischbiomasse errechnet sich als arithmetisches Mittel der Summe der Biomassen für jeden Transekt.

3.2 Ergebnisse

Die auf Basis der hydroakustischen Datenerfassung im August 2018 errechnete Fischbiomasse des Hintersteiner Sees beträgt für die Tagbefahrung 40,6kg/ha ($\pm 25,4$) und für die Nachtbefahrung 34,9kg/ha ($\pm 19,0$). Die Fischdichte über alle Größenklassen lag für die Tagbefahrung bei 390 Ind./ha (± 141) und für die Nachtbefahrung bei 228 Ind./ha (± 115). Als Mittelwert für Tag- und Nachtbefahrung ergibt sich eine Fischbiomasse von 37,8kg/ha bei einer mittleren Fischdichte von 309 Ind./ha.

Die mittleren Längen-Biomassenverteilungen für Tag und Nacht zeigen, dass der Großteil der Fischbiomasse von Fischen zwischen 30 und 55cm Länge gestellt wird. Tagsüber wurden

anteilig mehr große Fische detektiert als in der Nacht (Abb. 6).

Die Fischbiomasse des Hintersteiner Sees beträgt auf Grundlage der aktuellen Untersuchung 40,6kg/ha (Tag) bzw. 34,9kg/ha (Nacht) mit einem Durchschnitt von knapp 38kg/ha für beide Befahrungen und ist damit etwas geringer als der durch das Bundesamt für Wasserwirtschaft im Jahr 2011 (3 Befahrungen) ermittelte Wert von 54kg/ha (Gassner et al. 2013). Während der Hauptteil der Fischbiomasse im Jahr 2018 von Fischen mit Längen zwischen 30 und 55 cm gestellt wird, geben Gassner et al. (2013) den Hauptanteil der Fischbiomasse für einen Längenbereich von 36 bis 70 cm an.

Mit knapp 90kg/ha wurde 2018 auf Transekt 11 tagsüber die höchste Fischbiomasse ermittelt, Gassner et al. geben für den westlichen Teil des Sees im Jahr 2011 eher geringe Biomassen an, weisen aber auf grundsätzliche große Schwankungen zwischen den einzelnen Transekten hin. Dieses Ergebnis ist auch für 2018 feststellbar und wird durch die vergleichsweise hohen Standardabweichungen verdeutlicht.

Bei der Untersuchung von vier Seen im österreichischen Salzkammergut ermittelten Gassner et al. (1999) die Fischbiomasse des Hallstätter Sees sowie des Mond-, Irr- und Wallersees. Die

Abb. 6 **a** Transekt 5 mit Fischschwarm nahe dem Gewässergrund in ca. 30 m Wassertiefe (Tag-Befahrung) und ein Detail dieses Schwarms sowie Fischbiomasse (Balken) und Abundanz (Punkte) auf den Transekten 1 bis 12 samt Mittelwert **b** am Tag und **c** in der Nacht (22.08.2018)

Fischbiomassen der vier Gewässer, die zu jeweils drei verschiedenen Zeitpunkten des Jahres 1998 befahren wurden, liegen im Mittel im Bereich von 49 bis 87 kg/ha. Dabei sind für die einzelnen Seen in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitpunkt z.T. erhebliche Unterschiede festzustellen. Für den Achensee geben Gassner & Achleitner (2006) eine Fischbiomasse von 44,3 kg/ha an. Untersuchungen am Starnberger See aus dem Jahr 2017 weisen eine Fischbiomasse von 40 kg/ha aus (Schmidt und Schubert 2018). Die vor mehr als 20 Jahren durchgeführten Untersuchungen von Appenzeller (1997) an bayerischen Voralpenseen weisen für den Ammersee eine Fischbiomasse von 76 kg/ha (1995) aus; der niedrigste Wert mit 10 kg/ha (1995) wurde für den Chiemsee ermittelt. Im Vergleich ist die Fischbiomasse des Hintersteiner Sees auf Basis der vorliegenden Daten und unter Berücksichtigung der nährstoffarmen Verhältnisse sowie hohen Sichttiefen als verhältnismäßig einzustufen. Obwohl keine Horizontalakustik

durchgeführt wurde (Kubečka und Wittingerova 1998) und bodennahe Fische sowie Fische im Litoral methodisch nicht erfasst wurden, so gelten diese Voraussetzungen auch für die hydroakustische Untersuchung aus dem Jahr 2011 (Gassner et al. 2013). Dabei ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass die Fischverteilung und damit auch die Fischbiomasse saisonal und tageszeitlich stark schwanken kann (Mehner und Schulz 2002; Draštký et al. 2009). Um diese Variabilität zu minimieren wird empfohlen, 3 Datenerfassungen pro Jahr und Gewässer durchzuführen (Gassner und Wanzenböck 2005).

4 Analyse von Fischverhalten mit hydroakustischen Kameras (DIDSON und ARIS)

4.1 Methodik

Das Dual-Frequency Identification Sonar (DIDSON) sowie das Adaptive Resolution Identification Sonar (ARIS Explorer) wurden ursprünglich für die Obser-

vation technischer Gerätschaften und Bauteile sowie für militärische Zwecke entwickelt. Dabei ist das ARIS als eigenständige Produktlinie das Nachfolgegerät des Dual-Frequency Identification Sonars.

Die Möglichkeiten zur Bearbeitung angewandter fischereibiologischer Fragestellungen mittels Imaging-Technologie wurden frühzeitig erkannt. DIDSON und ARIS arbeiten nach dem Prinzip der akustischen Linsen je nach Ausföhrung im Frequenzbereich von 0,7 bis 3,0 MHz. Der Schallkegel setzt sich abhängig von Gerät und Frequenz aus 48 bis 128 einzelnen Schallkegeln zusammen (Multi-beam-Sonar) und der Abstrahlwinkel beträgt etwa 14° (vertikal) und 29° (horizontal). Bedingt durch die vertikale Anordnung der einzelnen Schallkegel ist die räumliche Erfassung von Objekten durch die Entfernung vom Sonar (Range) sowie durch den Winkel bzw. Abstand zur akustischen Achse definiert (zweidimensionale Erfassung von Fischen oder anderen Objekten). In Abhängigkeit von der

Anwendung und den definierten Aufnahmeparametern werden durch das Sonar bis zu 16 Bilder pro Sekunde erfasst und so die Aufzeichnung von videogleichen Bildsequenzen ermöglicht. Die Reichweiten zur Datenerfassung sind geräte- und frequenzabhängig und reichen bis zu 30 m, bei sogenannten „Long-Range-Systemen“ bis 60 m. Die Standard-Reichweiten liegen im Bereich von 5 bis 15 m.

Die DIDSON- und ARIS-Sonare stellen den Stand der Technik der sogenannten Visualisierungs-Sonare dar und erzeugen videogleiche Bildsequenzen unabhängig von Lichtverhältnissen und extremer Wassertrübung (Schmidt 2008). Damit ist diese Technik mobil und stationär überall dort einsetzbar, wo optische Sensoren und Kameras aufgrund schwieriger Bedingungen versagen. Die Einsatzmöglichkeiten sind sehr vielfältig und ermöglichen u.a. die Erfassung und Untersuchung von Fischwanderungen, Fischverhalten an Wasserkraftanlagen und Bypass-Systemen, Wehren und Wanderbarrieren, Fischlauf und -abstiegsanlagen, natürlichen und künstlichen Strukturen sowie passiven und aktiven Fanggeräten.

4.2 Ergebnisse

Am Kraftwerk Kirchbühl wurden im Rahmen des FIDET-Projekts zwei Didson-Sonare (Didson 300 mit 1,8 MHz) jeweils am linken und rechten Ufer kurz vor dem Rechen (mittels einer Laufschienenmontage zur Tiefenverstellung) eingesetzt (horizontales Survey). Das ARIS (ARIS 3000 mit 1,8 MHz) wurde auf dem Rechenreiniger bzw. -ausleger montiert und konnte somit an sechs Positionen entlang des Rechens (vertikales Survey) eingesetzt werden (Abb. 7; vgl. Schmidt et al. 2018).

Das Setup kam zweimal zum Einsatz, wobei jeweils circa 180 h Sonardaten generiert wurden (vgl. Schmidt et al. 2017, 2018): im Herbst (06.–10.09.2016) konnten allerdings keine Fischkontakte ausgemacht werden, während im Frühjahr (04.–08.04.2017) Detektionen erfolgten. Dies deckt sich mit der im Vorfeld durchgeführten Untersuchung mit Single-beam-Echoloten, die eine erhöhte Fischpräsenz im Frühjahr ergab (vgl. Abschn. 2.2.). In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass ein Fischkontakt dem Aufenthaltszeitraum eines Fisches im Schallkegel entspricht (vom Einschwimmen bis zum Verlassen), sodass es im Beobachtungszeit-

Abb. 7 a Übersicht über das Setup am KW Kirchbühl (aus: Schmidt et al. 2018); b DIDSON (höhenverstellbar über einen Schlitten); c ein DIDSON-Bild (range 10 m) samt Detailausschnitt (horizontaler Setup mit Blick schräg Richtung Rechen); d ARIS (am Rechenreiniger montiert) sowie e ein ARIS-Bild (range 11 m) samt Detailausschnitt (vertikaler Setup mit Blick entlang des Rechens zum Boden). In den Detailausschnitten unter c und e sind Fische mit einem weißen Kreis markiert

raum zu mehrfachen Kontakten derselben Fische kommt (vgl. Schmidt et al. 2017). Damit ist eine absolute Quantifizierung nicht möglich, allerdings liefert die Beobachtung klare Muster zu Aufenthaltswahrscheinlichkeiten und Informationen zum Fischverhalten.

Die orographisch rechts bzw. links installierten DIDSON-Systeme lieferten Daten aus verschiedenen Tiefenhorizonten, wobei insgesamt 851 Fischkontakte registriert wurden, davon 191 am rechten Ufer und 660 am linken Ufer. Ein auffallendes Ergebnis war, dass in allen Horizonten die kumulierten Kontaktzahlen links signifikant höher als rechts waren. Im 1-m-Horizont wurden

110 Fischkontakte rechts und 266 links registriert und im 3-m-Horizont 36 bzw. 249 Kontakte (vgl. Schmidt et al. 2017). Die meisten Fischkontakte wurden im Grenzbereich zwischen Rechenanströmung und dem orographisch linken Ruhig- bzw. Kehrwasserbereich registriert, was eine wesentliche Information für die Planung eines Fischabstiegskorridors lieferte (vgl. Schmidt et al. 2018).

5 Schlussfolgerung

Der Einsatz von Echoloten und Sonaren (Hydroakustik) zur Untersuchung wissenschaftlicher und angewandter Fragestellungen ist in Binnengewäs-

sern grundsätzlich verbreitet. Dieser Artikel zeigt anhand von Fallbeispielen in Österreich das Potenzial verschiedener Methoden für die Anwendung in Fließgewässern auf. Mit einfachen Single-Beam-Echoloten kann die Langzeiterfassung von Fischwanderbewegungen durchgeführt werden. Split-beam-Echolote werden für die Biomassebestimmung verwendet, die in der Zwischenzeit eine etablierte Methode darstellt. Schließlich können Imaging-Sonare Fische und deren Verhalten unter Realbedingungen erfassen und ermöglichen so Studien zum Individualverhalten unter Berücksichtigung lokaler Strömungs- und Druckverhältnisse. Die Sonartechnik kommt somit erfolgreich in der Grundlagenforschung und angewandten Wissenschaft zum

Einsatz, kann aber auch als innovative Technologie im Monitoring eingesetzt werden.

Funding Open access funding provided by University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU).

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Appenzeller, A.R. (1997): Ist der Fischbestand im Ammersee zu hoch? Akustische Fischbestandsaufnahmen in bayerischen Voralpenseen, *Fischer und Teichwirt* 5: 200–206.
- Balk, H. and T. Lindem (2014): Sonar4 and Sonar5 post processing systems, Operator manual version 6.0.3, Lindem Data Acquisition, Oslo. 464 pp.
- Dražtík, V., M. Godlewska, H. Balk, P. Claburn, J. Kubečka, M. Morrissey, J. Hateley, I.J. Winfield, T. Mrkvička and J. Guillard (2017): Fish hydroacoustic survey standardization: A step forward based on comparisons of methods and systems from vertical surveys of a large deep lake, *Limnology and Oceanography: Methods* 15 (10): 836–846.
- Dražtík, V., J. Kubečka, M. Čech, J. Frouzová, M. Říha, T. Juza, M. Tušer, O. Jarolím, M. Prchalová, J. Peterka, M. Vašek, M. Kratochvíl, J. Matěna and T. Mrkvička (2009): Hydroacoustic estimates of fish stocks in temperate reservoirs: day or night surveys?, *Aquat. Living Resour.* 22, 69–77.
- EN 15910:2014 (2014): Water quality—Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods (English version). CEN-CENELEC Management Centre, Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 45 pp.
- Gassner, H., und J. Wanzenböck (2005): Wissenschaftliche Echographie – eine Standardmethode für die quantitative Erhebung von Fischbeständen in Seen, *Österreichs Fischerei*, 58: 84–91.
- Gassner, H., und D. Achleitner (2006): Fischbestandserhebung des Achensees, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Scharfling am Mondsee, 26 pp.
- Gassner, H., D. Achleitner und M. Luger (2013): Hintersteinersee (2011): Standardisierte Fischbestandserhebung und Bewertung des fischökologischen Zustandes gemäß EU-WRRRL, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Scharfling am Mondsee, 25 pp.
- Gassner, H., J. Wanzenböck, R.A. Patzner und A. Jagsch (1999): Hydroakustische Fischbestandserhebungen in vier Salzkammergutseen, *Österreichs Fischerei* 52: 122–128.
- Han, C.-H. and S.-I. Uye (2009): Quantification of the abundance and distribution of the common jellyfish *Aurelia aurita* s.l. with a Dual-frequency Identification Sonar (DIDSON), *Journal of Plankton Research* 31: 805–814.
- Handegard, N.O. and K. Williams (2008): Automated tracking of fish in trawls using the DIDSON (Dual-frequency Identification Sonar), *ICES Journal of Marine Science* 65: 636–644.
- Hateley, J. and J. Gregory (2008): Evaluation of a multi-beam imaging sonar system (DIDSON) as Fisheries Monitoring Tool: Exploiting the Acoustic Advantage, Technical Report, Environment Agency, U.K.
- Hateley, J., J. Gregory and A. Ingleby (2006): Evaluation of a multi-beam imaging sonar system (DIDSON) as a Fisheries Monitoring Tool—Project Record, National Fisheries Technical Team, Environment Agency, U.K., Warrington.
- Jäger, P., K. Pall, and 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.
- Kubečka, J. and M. Wittingerova (1998): Horizontal beaming as a crucial component of acoustic fish stock assessment in freshwater reservoirs, *Fisheries Research* 35: 99–106.
- Langkau, M.C., D. Clavé, M.B. Schmidt and J. Borchert (2016): Spawning behaviour of Allis shad *Alosa alosa*: new insights based on imaging sonar data, *Journal of Fish Biology* 88: 2263–2274.
- Love, R.G. (1971): Dorsal aspect target strength of an individual fish at any aspect, *J. Acoust. Soc. Am.* 49: 816–823.
- MacLennan, D.N. and E.J. Simmonds (1992): Fisheries acoustics, Chapman & Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. 403 pp.
- Martignac, F., A. Daroux, J.-L. Baglinière, D. Ombedane, and J. Guillard (2015): The use of acoustic cameras in shallow waters: New hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology, *Fish and Fisheries* 16: 486–510.
- Mehner, T. and M. Schulz (2002): Monthly variability of hydroacoustic fish stock estimates in a deep lake and its correlation to gillnet catches, *Journal of Fish Biology* 61: 1109–1121.
- Mueller, A.M., T. Mulligan and P.K. Withler (2008): Classifying Sonar Images: Can a Computer-Driven Process Identify Eels?, *North American Journal of Fisheries Management* 28: 1876–1886.
- O'Connell, C.P., S.-Y. Hyun, C.B. Rillahan and P. He (2014): Bull shark (*Carcharhinus leucas*) exclusion properties of the sharksafe barrier and behavioral validation using the ARIS technology, *Global Ecology and Conservation* 2: 300–314.
- Schmidt, M.B. (2008): Echolote und Sonare in der Binnenfischerei – Möglichkeiten und Perspektiven, VDSF-Schriftenreihe Fischerei und Gewässerschutz 3: 35–37.
- Schmidt, M. und M. Schletterer (2017): Fischdetektion an großen Flusskraftwerken – Fallbeispiel Kirchbühl, *WasserWirtschaft* 2–3: 65–70.
- Schmidt, M. und M. Schubert (2018): Momentaufnahme am Starnberger See: Hydroakustische Erfassung des Fischbestandes im November 2017, *Fischer und Teichwirt* 69 (09/2018): 327–329.
- Schmidt, M., H. Gassner, M. Köhlmann, H. Matthes und E.I. Meyer (2004b): Hydroakustische Untersuchungen zum Fischbestand der Hennetalssperre (Sauerland), *Fischer & Teichwirt* 55 (01/2004): 487–490.
- Schmidt, M., M. Köhlmann, H. Gassner und E.I. Meyer (2004a): Hydroakustische Untersuchungen zum Fischbestand der Hennetalssperre, Veröffentlichungen des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V., Münster, Band 3, 48 pp.
- M.B. Schmidt, H. Gassner, E.I. Meyer (2005): Distribution and biomass of an underfished vendace, *Coregonus albula*, population in a mesotrophic German reservoir. *Fisheries Management and Ecology* 12 (3): 169–175.
- Schmidt, M., M. Langkau, M. Zeyer und M. Schletterer (2017): Fischdetektion an Rechen großer Wasserkraftanlagen mittels akustischer Kameras, *WasserWirtschaft* 12: 39–44.
- Schmidt, M.B., J.A. Tuhtan and M. Schletterer (2018): Hydroacoustic and Pressure Turbulence Analysis for the Assessment of Fish Presence and Behavior Upstream of a Vertical Trash Rack at a Run-of-River Hydropower Plant, *Applied Sciences* 8, <https://doi.org/10.3390/app8101723>.
- Shahrestani, S., H. Bi, V. Lyubchicha and K.M. Boswell (2017): Detecting a nearshore fish parade using the adaptive resolution imaging sonar (ARIS): An automated procedure for data analysis, *Fisheries Research* 191: 190–199.
- Simmonds, E.J. and D.N. MacLennan (2005): Fisheries acoustics, 2nd Edition. Blackwell Science, Oxford. 437 pp.

Simrad (2004): SIMRAD ER 60 Scientific Echo Sounder Application (Version 5.3), Operator Manual, SIMRAD AS, Horten Norway. 172 pp.

Spears, B.M., I.D.M. Gunn, L. Carvalho, I.J. Winfield, B. Dudley, K. Murphy and L. May (2009): An evaluation of methods for sampling macrophyte maximum colonization depth in Loch Leven, Scotland, *Aquatic Botany* 91: 75–81.

US Geological Survey (2013): An Evaluation of Fish Behavior Upstream of the Water Tem-

perature Control Tower at Cougar Dam, Oregon, Using Acoustic Cameras, Open-File Report 2015–1124, 62 pp.

Winfield, I.J., C. Onoufriou, M.J. O'Connell, M. Godlewska, R.M. Ward, A.F. Brown and M.L. Yallop (2007): Assessment in two shallow lakes of a hydroacoustic system for surveying aquatic macrophytes, *Hydrobiologia* 584: 111–119.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.