

FISCHEREITECHNIK

Einfluss des Tag-Nacht-Verhaltens von Fischen auf das Ergebnis hydroakustischer Messungen

Eckard Bethke, Institut für Fischereitechnik

Die Echointegration als hydroakustisches Messverfahren wird seit langem zur Bestandserkundung und Bestandsabschätzung verwendet. Die ermittelten Zahlen sind zwar nur eine der Grundlagen für die Bewirtschaftung, aber trotzdem von großem ökonomischen Einfluss. Es handelt sich dabei um ein Verfahren, das speziell auf die zu beobachtende Fischart zugeschnitten wird. Wie jedes Messverfahren, sind auch hydroakustische Verfahren nicht fehlerfrei. Da aber außerdem die Genauigkeit der ermittelten Bestandsbiomassen direkten Einfluss auf die Bewirtschaftung der Bestände hat, bemühen sich Fachleute, Fehlerquellen aufzuspüren und die Leistungsfähigkeit hydroakustischer Messmethoden ständig zu verbessern. Eine große Rolle spielt insbesondere der Einfluss des Tag-Nacht-Verhaltens der Fische auf das Ergebnis hydroakustischer Messungen. Dies wurde in der Norwegischen See bei den jährlich durchgeführten internationalen hydroakustischen Surveys näher untersucht.

Der Survey fand im April und Mai 2000 statt; die Zielarten dieser Reise waren der atlanto-skandinavische Hering und der Blaue Wittling, die Hauptarten in diesem Gebiet. Anhand eines einfachen Verfahrens wird gezeigt, wie Tag-Nacht-Effekte, die zu fehlerhaften Abschätzungen führen können, aufzuspüren sind. Dies kann Grundlage für eine Änderung der Messstrategie sein, um entsprechende Effekte für die betrachteten Fischarten zu eliminieren. Anhand der so gemessenen Daten wurden für beide Arten Bestandszahlen berechnet.

Material und Methoden

Hydroakustische Bestandsaufnahmen sind mit geschichteten Probennahmen vergleichbar. Mit Hilfe eines wissenschaftlichen Echolotes werden akustische Messwerte, die s_A -Werte der vorkommenden Fischarten, ermittelt. Der s_A -Wert ist ein Maß für die Rückstreufläche der Biomasse in der Wassersäule, normiert auf eine Nautische Quadratmeile (NM^2). Die gemessenen Werte werden entsprechend der Artenverteilung im Messgebiet bewertet und damit eine Schätzung der Biomasse für jede beteiligte Art ermittelt. Voraussetzung hierfür ist, dass für alle beteiligten Arten die Zielmaße bekannt sind. Dies kann anhand der Artenverteilung im Fang geschehen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die aufgezeichneten Echogramme anhand der auftretenden Schwarmformen klassifiziert werden. Dies ist natürlich nur möglich, wenn die zu untersuchenden Fisch-

arten typische Schwarmformen ausbilden. In dem untersuchten Gebiet ist dies der Fall. Neben der biologi-

Influence of the day-night behaviour of fish on hydroacoustic measurements

Echo integration is an established method for stock estimation. However, this method is not free of errors like every other measuring method. Especially the variation between day and night behaviour of fish may lead to large measuring errors. A new method is represented detecting such systematic errors, exemplified by investigations during the international hydroacoustic survey on the spring spawning herring in the Norwegian Sea. For this method all measured s_A -values are sorted by starting time of the measuring unit distance. In order to reduce random influences a moving average over five time intervals is computed. When displaying these values in a diagram makes it is very easy to detect systematic errors based on the differences in day-night behaviour. For both species, herring and blue whiting, stock estimations are calculated based on the measured s_A -values and the results of the analysed trawl catches. The influence of the different day and night behaviour of herring on the results of its biomass estimation is rather low. For blue whiting the measured values were about three times higher during day time than during night time. The result of this investigation should initiate a change of the evaluation procedure for stock estimation based on hydroacoustic measurements.

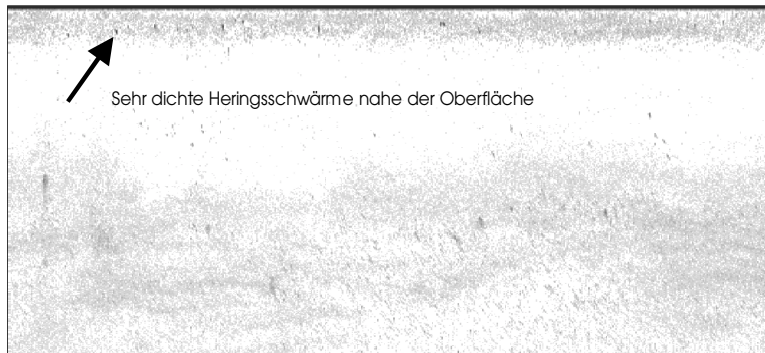


Abbildung 1: Hering-Spots in einer Wassertiefe bis zu 50 m

Herring spots in a water depth up to 50 m

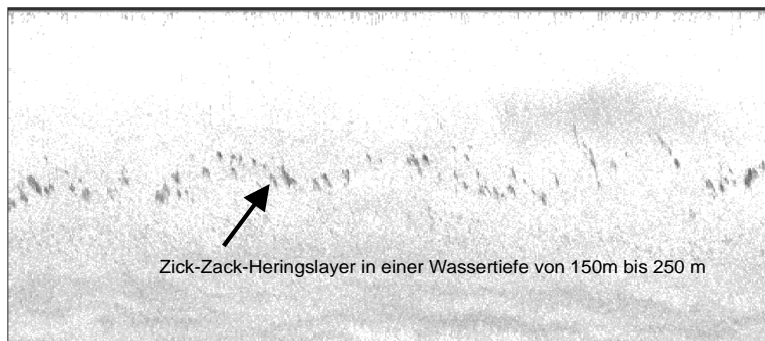


Abbildung 2: Hering im strukturierten Zick-Zack-Layer, hier in einem Wassertiefenbereich von 150 bis 250 m

Herring in a structured zig-zag layer in a depth range of 150 to 250m

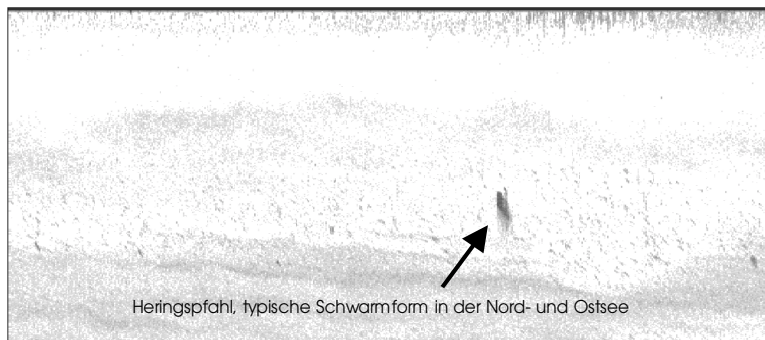


Abbildung 3: Typischer „Heringspfahl“ in 250 bis 300 m Tiefe.

Herring "pole" in a water depth of 250 to 300 m.

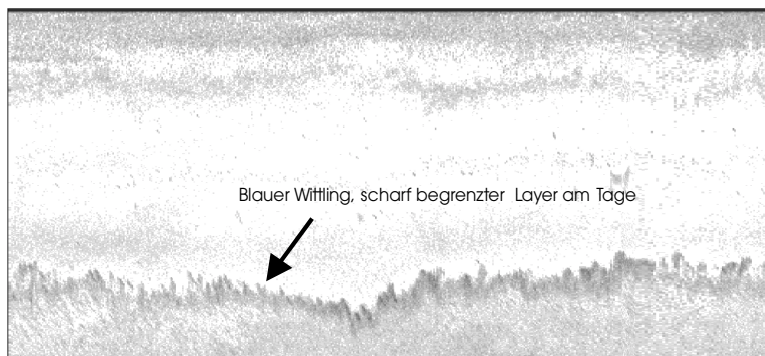


Abbildung 4: Scharf strukturierte Schwärme des Blauen Wittlings am Tage.

Sharply structured blue whiting schools at day time.

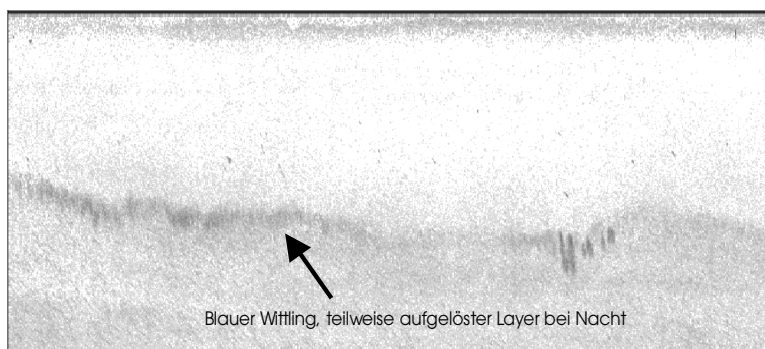


Abbildung 5: Diffuse Schwärme des Blauen Wittlings in der Nacht.

Diffuse blue whiting schools at night time.

schen Beprobung, werden unbekannte oder unklare Schwarmformen parallel zu den hydroakustischen Messungen durch Fischereihols identifiziert. Von den gefangenen Fischen werden durch Längenmessung und Altersbestimmung Schätzwerte für die Längen- und Altersverteilung des Bestandes im überdeckten Gebiet gewonnen. Die Zielmaße der Fische sind längenabhängig. Deshalb haben insbesondere die gewonnenen Schätzwerte für die Längenverteilung der Zielarten Einfluss auf die Bestandszahlen. Da die auszumessenden Gebiete sehr groß sind, sind häufig mehrere Schiffe während eines Surveys im Einsatz. Die Daten werden auf allen beteiligten Schiffen nach einer vorher abgestimmten Strategie einheitlichen ausgewertet. In diesem Jahr wurden die Messungen von Seiten der EU mit dem holländischen Fischereiforschungsschiff „Tridens“ durchgeführt.

Akustische Messungen

Während der Messungen wurden vier Typen von Heringsschwärmen identifiziert. In den oberen 50 m der Wassersäule traten häufig sehr kleine aber äußerst dichte Schwärme auf, oft versteckt im Plankton (Abbildung 1). Weiterhin gab es Zick-Zack-Bänder mit großer Fischdichte im Bereich 50 m bis 250 m. Diese waren meist auch strukturiert und bestanden dann aus einzelnen Schwärmen (Abbildung 2). Die aus der Nord- und Ostsee bekannten „Heringspfähle“ traten seltener auf und waren dann in einem Tiefenbereich von 150 m bis 400 m zu finden (Abbildung 3). Unterhalb dieser Tiefe trat kein Hering auf.

Die zweite Zielart, Blauer Wittling, trat typischerweise in Schichten (Layern) unterhalb 300 m auf. Während die Heringsschwärme sich in dem untersuchten Gebiet in der Nacht nicht auflösten, zeigten die Schwarmformationen des Blauen Wittlings hier deutliche Auflösungserscheinungen. Am Tage bildeten die Schwärme des Blauen Wittlings insbesondere in Richtung Oberfläche scharfe Grenzen aus (Abbildung 4). In der Nacht lösten sie sich aber teilweise auf.

Dann verteilten sie sich nahezu gleichmäßig über die Wassersäule. Häufiger war jedoch zu beobachten, dass der Blaue Wittling sich nachts im unteren Tiefenbereich aufhielt und dabei diffusere Formationen bildete (Abbildung 5).

Auswertung der akustischen Messungen

Das während der Messung empfangene Echo besteht immer aus einem Nutzanteil, unterlegt mit Störschall. Der Störschall kann durch Schiffsgeräusche erzeugt sein, besteht in dem bei der Echointegration verwendeten Frequenzbereich aber hauptsächlich aus Umgebungsrau-

schen, hervorgerufen durch Wellenbewegungen des Wassers oder Regen, aber auch thermischem Rauschen. Der ausgesendete Schall wird bei der Übertragung durch das Wasser gedämpft. Der Echopegel der Ziele nimmt mit der Entfernung ab (MacLennan und Simmonds 1992). Die auftretende Dämpfung wird durch eine zeitabhängige Verstärkung der Signale ausgeglichen, wodurch der Echopegel der Fische wieder entfernungsunabhängig wird. Gleichzeitig mit dem Nutzschallpegel wird der konstante Störschall mit verstärkt. Für sehr weit entfernte Ziele verschwindet dann das Nutzsignal in den Störgeräuschen. Die Sendeleistung des Echolotes muss deshalb so ausgelegt sein, dass im interessierenden Bereich die empfangenen Nutzsignale deutlich über dem Rauschpegel liegen. Bei der Echointegration wird üblicherweise ein Schwellenwert für den Integrationsprozess festgelegt. Damit ist es zum Beispiel möglich, den Umgebungsrauschteppich auszublenden. Nur die Schalleistungsanteile, die den eingestellten Schwellenwert übersteigen, werden integriert. Darunter liegende unerwünschte Schalleistungsanteile bleiben bei der Integration unberücksichtigt.

Durch die Variation des Schwellenwertes (SIMRAD 1993, 1997) lassen sich einerseits unerwünschte Anteile des Nutzsignals wie Plankton ausblenden (Abbildung 6), andererseits lassen sich durch die Variation der Integrationschwelle lassen sich jedoch auch häufig die Zielarten voneinander trennen. Voraussetzung dazu ist, dass sich die Echoamplituden der Schwärme der einzelnen Zielarten deutlich voneinander unterscheiden. Dies ist bei Hering und Blauem Wittling der Fall. Der Hering erzeugt, bedingt durch sein größeres Zielmaß und einer dichteren Konzentration der Schwärme, deutlich höhere Echoamplituden als die wesentlich kleineren Blauen Wittlinge, die meist auch in einem anderen Tiefenbereich auftreten. Treten sie im gleichen Tiefenbereich auf, so lassen sie sich darüber hinaus auch anhand der Schwarmformen leicht unterscheiden.

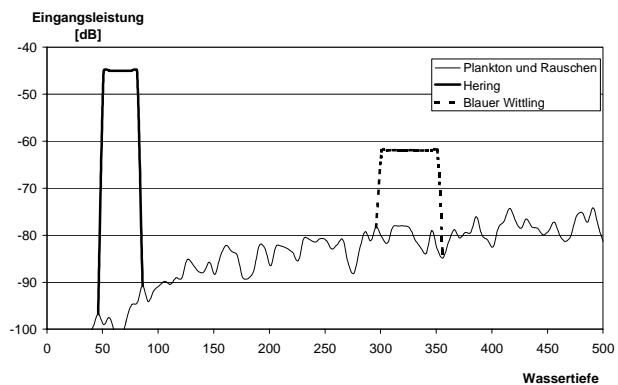


Abbildung 6: Prinzip der Artentrennung mit dem Schwellenwertverfahren

Principle of species separation with the threshold method

Für die Klassifizierung wurde folgendes Verfahren angewandt. Heringsschwärme in den oberen 50 m wurden mit einer Schwelle von -60 dB bis -54 dB bewertet. Es zeigte sich bei der Auswertung, dass der s_A -Wert der Heringskonzentrationen bis zu diesem Wert kaum von der gewählten Schwelle abhängig war. Alle anderen Integrationswerte in diesem Tiefenbereich oberhalb der Integrationsschwelle von -85 dB wurden dem Plankton zugerechnet.

Für die Messwerte unterhalb dieser Tiefe wurde die gleiche Schwelle für die Heringskonzentrationen verwendet. Danach wurde über die Variation der Schwelle der Integrationswert für den Blauen Wittling ermittelt. Hierfür wurde die Schwelle so eingestellt, dass das Plankton verschwand. Dies war in Abhängigkeit von der Planktonkonzentration in der Regel bei einer Schwelle von -69 dB bis -66 dB der Fall. Bei einer Schwelle von -85 dB wurden dann alle übrigen Integrationswerte, abzüglich der vorher ermittelten Werte für Hering und Blauen Wittling zu 75 % den mesopelagischen Fischarten und zu 25 % dem Plankton zugewiesen. Dies ist eine ausgesprochen grobe Klassifizierung für die Nichtzielarten. Eine genauere Quantifizierung hätte aber einen erheblich größeren Beprobungsaufwand erfordert.

Biologische Probennahme

Für die Beprobung und zur Identifikation der Zielarten Hering und Blauer Wittling wurden insgesamt 13 Fischereihols durchgeführt. Die Fangmengen waren stark vom jeweiligen Gebiet abhängig. Während bei einigen Hols mehrere Tonnen Fisch gefangen wurden, gab es auch Fänge, bei denen nur einzelne Fische im Netz waren. Die Alterslesungen und die weitere statistische Bearbeitung der Fischproben erfolgt im RIVO, dem holländischen Partnerinstitut in IJmuiden.

Auswerteprozedur und Untersuchungsgebiet

Der Kurs des Forschungsschiffes kann vor einer Forschungsreise nur grob geplant werden. Insbesondere bei der Hydroakustik werden Fischereihols zur Aufklärung von unklaren Schwarmformen nach aktuellem Bedarf durchgeführt. Deshalb kann man getrost davon ausgehen, dass der Tag-Nacht-Rhythmus der Forschungstätigkeit des Schiffes nicht im Voraus mit dem Auftreten bestimmter Schwarmformationen synchronisiert ist. Gebiete mit hohen oder niedrigen Fischdichten erreicht man zufällig – zu statistisch etwa gleich verteilten Zeitpunkten – während des Tages.

Mittelt man die gemessenen Werte eines bestimmten Zeitbereiches, dürfte sich dieser mittlere Messwert von

denen der anderen Zeitbereiche nicht unterscheiden. Dabei wird davon ausgegangen, dass über einen unendlich langen Zeitraum gemessen wird und Gebiete mit großen und kleinen Fischdichten etwa gleich verteilt sind. Forschungsreisen finden jedoch über einen endlichen Zeitraum statt. Deshalb muss je nach Zeitdauer der Reise mit zufälligen Abweichungen gerechnet werden. Treten aber zyklische Abweichungen vom s_A -Mittelwert auf, so deutet dies auf systematische Fehler hin. Auf die s_A -Werte, die während der Forschungsreise auf atlanto-skandischen Hering in der Norwegischen See gewonnen wurden, ist dieses Verfahren angewandt worden. Alle gemessenen 5-Meilenabschnitte (Abbildung 7) wurden nach der Startzeit der Messung sortiert und anschließend gemittelt. Um die Tag-Nacht-Abweichungen noch deutlicher zu machen, wurde von den zeitabhängigen Mittelwerten ein gleitender Mittelwert über fünf aufeinanderfolgende Zeitwerte errechnet. Der zufällige Anteil des Kurvenverlaufs wird damit weiter verringert und die zyklischen Abweichungen werden deutlicher. Die Berechnungen basieren auf 444 Messabschnitten von 14 Messtagen.

Ergebnisse und Diskussion

Die während der hydroakustischen Aufnahme gemessenen Werte zeigen für den Hering nur eine geringe

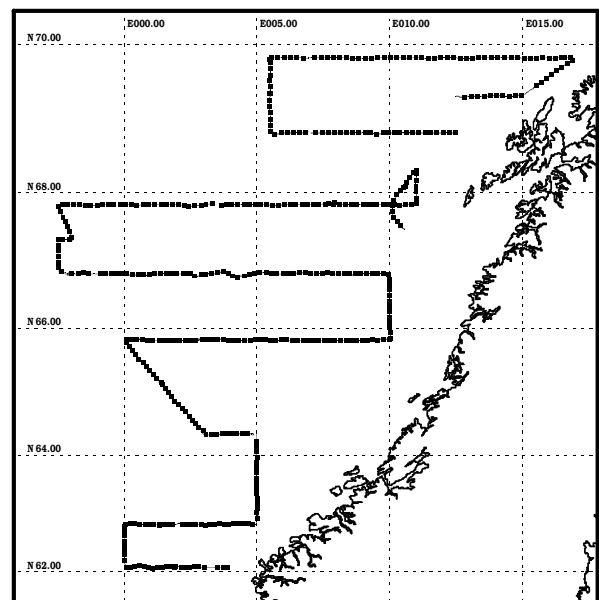


Abbildung 7: Meßkurs des holländischen Fischereiforschungsschiffes "Tridens" während der hydroakustischen Aufnahme des Atlanto-Scandischen Herings und Blauen Wittlings in der Norwegischen See. Eine Markierung auf dem Messkurs symbolisiert einen 5-Meilenabschnitt.

Course of the Dutch fishery research vessel "Tridens" during the hydroacoustic survey on the Atlanto-Scandian spring spawning herring and Blue Whiting in the Norwegian Sea. Each dot represents one 5-mile section.

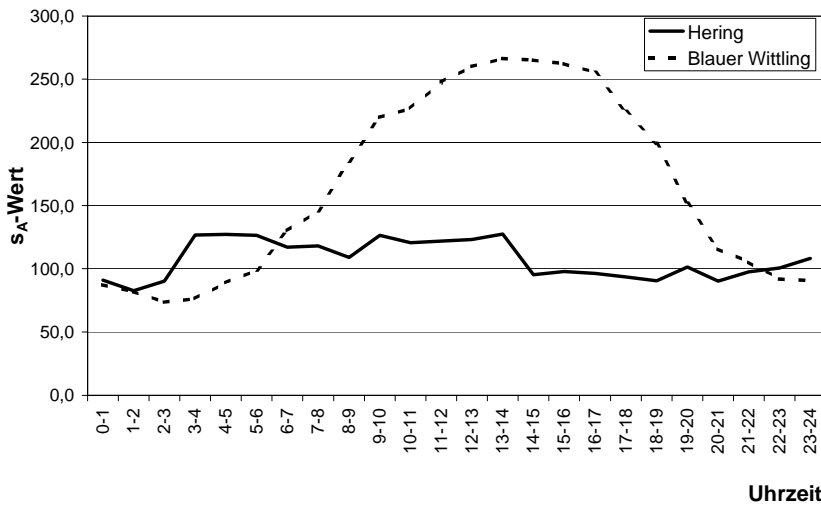


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte von nach Aufnahmezeit sortierten s_A -Werten
Mean s_A -values sorted by time of reception in dependence of time

Tag-Nacht-Abhängigkeit. Beim Blauen Wittling ist diese jedoch sehr viel höher. Abbildung 8 zeigt den mittleren zeitlichen Verlauf der Mittelwerte. Die am Nachmittag gemessenen Werte für Blauen Wittling übersteigen die in der Nacht gemessenen Werte etwa um das Dreifache.

Die Abweichungen kommen sehr wahrscheinlich durch die nächtliche Auflösung der Schwärme des Blauen Wittlings zustande. Die Fischdichte wird in einzelnen Tiefenhorizonten so gering, dass die Einzelfischechos im Rauschen oder den Planktonechos verschwinden und durch die eingestellte Schwelle ausgeblendet werden.

Die Heringschwärme lösen sich hingegen während der Nachtzeit nicht auf und sind daher in der Lage, immer eine Echoamplitude zu erzeugen, die sehr deutlich über dem Plankton- und Rauschpegel liegt. Dem Verschwinden der Einzelfischeziele im Rauschen kann nur durch eine höhere Sendeenergie entgegengewirkt werden (Unbehauen 1980). Dies ist jedoch nicht möglich, wenn Einzelfischechos von Planktonechos maskiert werden. Bei einer Erhöhung der Sendeenergie ändert sich mit der Einzelfischechoamplitude auch die des Planktons, so dass das Verhältnis von Nutzsignal zu Störschallpegel konstant bleibt.

Schlussfolgerungen

Während die ermittelten Werte für Hering als zuverlässig und frei von tageszeitlichen Effekten gelten können, muss die Messmethodik für die zweite Zielart, den Blauen Wittling, überarbeitet werden. Hier bieten sich prinzipiell zwei Wege an. Man kann davon ausgehen, dass die am Tage gemessenen s_A -Werte beim Blauen Wittling die zuverlässigeren sind. Die Fische bilden kompakte Schwärme, deren Echoamplitude deutlich über dem Planktonpegel liegt. Die nahe-liegende Schlussfolgerung ist, die Nachtwerte nicht für die Berechnung der Biomassenschätzung des Blauen Wittlings heranzuziehen.

Der Schätzfehler durch die entstehenden Datenlücken in der Nacht ist mit Sicherheit geringer als bei Nichtbeachtung des systematischen Fehlers infolge des Fischverhaltens. Eine weitere Möglichkeit bietet sich durch die Verwendung einer Korrekturfunktion, die aus Abbildung 8 abgeleitet werden kann. Die Fehler der in der Nacht gemessenen s_A -Werte könnten hierdurch berichtigt werden. Ein Vorteil dabei ist, dass dann die Nachtwerte verwendbar sind und keine Datenlücken entstehen.

Die Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des EU-Projektes ASH III durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden bei der gemeinsamen Auswertung der Surveydaten aller Teilnehmerländer vorgestellt und diskutiert.

Zitierte Literatur

MacLennan, D. N.; Simmonds E. J.: Fisheries Acoustics. London: Chapman & Hall, 325 S., 1992.
 SIMRAD: Simrad BI500, Post-processing system – Instruction Manual, 1993.
 SIMRAD: Simrad EK500, Scientific Echo Sounder – Operator Manual, 1997.
 Unbehauen, R.: Systemtheorie, eine Darstellung für Ingenieure. Berlin: Akademie-Verlag, 381 S., 1980.