

FISCHEREITECHNIK

Klassifizierung von Echogrammanzeigen

Eberhard Götze, Institut für Fischereitechnik, Hamburg

Bei der Auswertung hydroakustischer Bestandsuntersuchungen wurde der Informationsgehalt des Echosignals von marinen Streuobjekten bisher nur teilweise zur Interpretation der Bestandszusammensetzung genutzt. Nach neuen Untersuchungen enthält dieses Signal auch Informationen über die biologischen Eigenschaften der Objekte. Im folgenden Artikel werden Möglichkeiten beschrieben, diese Eigenschaften aus der Struktur des Echosignals abzuschätzen.

Die akustischen Meßergebnisse bei hydroakustischen Bestandsuntersuchungen wurden bisher ausschließlich für die quantitative Bewertung von Schwarmanzeigen verwendet. Alle qualitativen Parameter, wie Artenzusammensetzung oder die Altersstruktur, wurden aus den Ergebnissen von Fischereihols gewonnen. Die Anzahl an Fischereihols ist jedoch aus Zeitgründen sehr beschränkt. Das bedeutet, daß man regelmäßig zu wenig Hols hat, um die Artenzusammensetzung und die Längen- und Altersverteilung der Fische im Untersuchungsgebiet mit der nötigen Sicherheit abzuschätzen.

Mehr Information im Echosignal

Es ist deshalb sehr wünschenswert, zusätzliche qualitative Informationen aus dem Echosignal abzuleiten. Bisher wurde bei dem üblichen Verfahren der Echointegration nur ein Merkmal des Echosignals benutzt, die mittlere Echoenergie. Das Echosignal besitzt aber einen wesentlich höheren Informationsgehalt. Ein erfahrener Beobachter ist häufig in der Lage, Fischart und auch die Größe dieser Fische aus dem Echogramm abzuschätzen. Es sind also offensichtlich ausreichende Informationen im Echosignal enthalten, um eine qualitative Beurteilung der Zielobjekte zu erreichen. Die biologisch relevanten Merkmale müssen aus dem Echosignal extrahiert werden. Dafür sind eine Reihe verschie-

dener Verfahren denkbar. Einige sind mit mehr oder weniger Erfolg auch in der hydroakustischen Untersuchungspraxis angewendet worden.

Es kann hier keine umfassende Beschreibung aller bekannten Verfahren zur Echoklassifizierung gegeben werden. Daran versucht sich zur Zeit die Study Group on Echo Trace Classification des ICES (Anon. 1997). Sie wird im nächsten Jahr hoffentlich eine solche vollständige Zusammenfassung dieser Problematik vorlegen. Es soll hier nur an einigen Beispielen die Möglichkeiten solcher Verfahren erläutert und ihr Anwendungsbereich diskutiert werden.

Bildverarbeitung von Echogrammen

Unter den bekannten Verfahren zur Echoklassifizierung scheint die Bildverarbeitung des Echogramms besonders erfolgversprechend zu sein. Das hat zwei wesentliche Gründe. Methoden der Bildverarbeitung sind relativ einfach zugänglich. Es werden keine speziellen apparativen Ausrüstungen benötigt. Es reicht ein Rechner und ein geeignetes Bildverarbeitungsprogramm, das über eine Kopplungselektronik an das Echolot angeschlossen wird. Außerdem entspricht diese Art der Signalverarbeitung der intuitiven Interpretation des erfahrenen Beobachters. So kann ein vorhandener Erfahrungsschatz für die Auswahl geeigneter Regeln verwendet werden.

Das Echogramm ist eine zweidimensionale Matrix der Echopegel. Zur Analyse dieser Datenfelder wurden spezielle Programme entwickelt. Ein Beispiel ist das Softwaresystem MOVIES (MODule pour la Visualisation, l'Intégration des Echos et leur Stockage), das am IFREMER (Französisches Institut für die Erforschung und Nutzung des Meeres) entwickelt wurde (Weill *et al.* 1993). Es kann über eine zugehörige Koppel-elektronik an ein Echolot angeschlossen werden und

Echo trace classification

The information in the echosignal of marine scattering objects is only partially used up to now. This signal contains also informations on the biological properties of the objects. Some possibilities are described to estimate these properties from the echosignal.

liefert neben der üblichen Echartegration auch eine Aufstellung der gefundenen Schwärme, einschließlich einer ganzen Reihe von Deskriptoren dieser Schwärme.

Zur Auswertung sind aber nicht unbedingt speziell entwickelte Programme notwendig. Zweidimensionalen Dichtematrizen lassen sich gut mit handelsüblichen Bildverarbeitungsprogrammen analysieren. Auch hier wird meist versucht, die Eigenschaften von schwarmförmigen

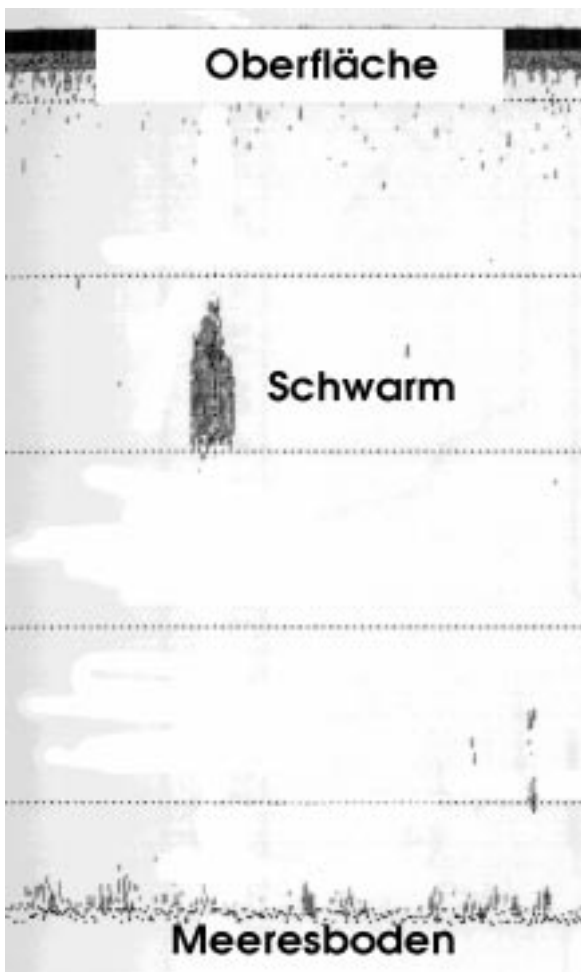


Abb. 1: Echogramm eines typischen Heringsschwarms
Echotrace of a typical herring shoal

Fischkonzentrationen zu bestimmen. Die besondere Vorliebe für die Analyse von Schwarmbildern liegt daran, daß viele der akustisch untersuchten Fischarten charakteristische Schwärme bilden (Abb. 1). Diese Tatsache wird auch schon lange bei der subjektiven Zuordnung dieser Schwärme verwendet. Dabei ist es nicht einfach, einen akustischen Schwarm in einem Echogramm abzugrenzen. Im allgemeinen existiert keine scharfe Grenze, die das Konzentrationsgebiet sicher von der umgebenden fischfreien Fläche trennt (Abb. 2). Es ist deshalb zuerst erforderlich, eine definierte

Grenze des Schwarms zu erzeugen. Dafür gibt es eine Reihe von Werkzeugen der Bildverarbeitung. Durch geeignete Filter werden die Fläche des Schwarms ausgeglichen und die Kanten versteilt. Durch einen Schwellpegel kann dann die Grenze des Schwarmes festgelegt werden. Diese Operationen verändern allerdings auch den Inhalt des Schwarmes. Die Grenze sollte deshalb als Maske verwendet werden, die den ursprünglichen Schwarm eingrenzt. Auch bei der Filterung sollte vorsichtig vorgegangen werden, denn die Filter können die eigentlichen Grenzen erheblich verändern. Bei zu starker räumlicher Mittelung wird z.B. die kräftige starke Einbuchtung des Schwarmrandes in Abb. 2 einfach „eingemeindet“. So können wichtige Informationen verloren gehen, die in der Randstruktur der Konzentration liegen.

Sind die Grenzen der Schwärme definiert, man nennt diesen Vorgang auch Segmentierung, können die spezifischen Eigenschaften oder Deskriptoren des Schwarms bestimmt werden. Diese können in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Lagedeskriptoren
- Morphologische Deskriptoren
- Energetische Deskriptoren



Abb. 2: Rand eines Schwarmes in hoher Auflösung
Border of a shoal in high resolution

Lagedeskriptoren beschreiben die Position des Schwarms. Das ist die z.B. die Tiefe unter der Oberfläche, der Abstand zum Boden oder auch die geographische Position. Die **Morphologischen Deskriptoren** beschreiben Größe, Umfang und Fläche aber auch die Struktur der Umrandung. Dafür existieren geeignete Parameter wie fraktale Dimension oder die Elongation. Die **Energetischen Deskriptoren** berücksichtigen zusätzlich die unterschiedlichen Echopegel innerhalb des Schwarmes. Hier ist die Gesamtenergie und die Varia-

bilität der Echopegel von Interesse. Als Ergebnis erhält man für jeden erkannten Schwarm einen umfangreichen Satz von Deskriptoren.

Klassifizierung und Fischarten

Die Bestimmung der Deskriptoren ist an sich schon ein brauchbares Ergebnis, reicht aber zur eigentlichen Identifizierung der Schwärme nicht aus. Es muß vielmehr ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Kombination bestimmter Schwarmdeskriptoren und den gesuchten biologischen Eigenschaften hergestellt werden. Die wichtigste biologische Eigenschaft ist dabei sicher die Fischart. Um geeignete Echoparameter für die Klassifizierung aufzufinden, sind Echogramme von Schwär-

tern kann die Erfahrung sehr hilfreich sein. So ist bekannt, daß Hering häufig große „pfahlartige“ Exchoanzeigen mit sehr großer Echoenergie liefert. Schwarmhöhe und die Gesamtenergie des Echos sind damit relevante Merkmale und können als Auswahlkriterium herangezogen werden.

Man muß sich nun nicht mit aufwendigen manuellen Versuchen abmühen, um geeignete Regeln zu finden. Für die Klassifizierung von Objekten durch einen Satz von Eigenschaften stehen erprobte mathematische Verfahren bereit, die hier nicht im einzelnen aufgezählt und auf ihre spezielle Eignung untersucht werden sollen. Nur als Beispiel soll erwähnt werden, daß neuronale Netze bei der Klassifizierung von Echoanzeigen erfolgreich eingesetzt wurden (Haralabous 1996). Neuronale Netze sind Rechenprogramme, die Objekte durch ihre speziellen Eigenschaften erkennen können. Dazu werden in einer Lernphase intern sehr viele Kombinationen der Eigenschaften durchgespielt, bis sich die sicherste Aussage über die Objektklasse ergibt. Dieser Lernvorgang erfolgt an einem bekannten Testsatz. Mit dieser „erlernten“ optimalen Schaltung können dann Entscheidungen über unbekannte Objekte getroffen werden.

Eigene Arbeiten

Methoden zur Signalverarbeitung werden auch am Institut für Fischereitechnik erprobt, um Echoanzeigen zu klassifizieren. Als Werkzeug wird dabei das Softwaresystem „Khoros“ genutzt, eine eigenständige Entwicklungsumgebung für Software zur Signalverarbeitung und Datenvisualisierung, die auf Rechnern mit dem Betriebssystem Unix läuft. Khoros wurde 1987 an der University of New Mexico entwickelt und wird seitdem ständig verbessert und erweitert. Es enthält eine große Sammlung von Programmodulen, die einzelne Aufgaben der Signalverarbeitung, Konvertierung und Visualisierung erledigen. Diese Module sind beliebig kombinierbar, um auch sehr komplexe Aufgaben der Signalverarbeitung lösen zu können. Dafür wurde die graphische Programmiersprache „Cantata“ implementiert, die den Aufbau mehrstufiger Verarbeitungsalgorithmen sehr erleichtert. Die benötigten Module, hier Glyphen genannt, werden auf der Programmieroberfläche geeignet plaziert und in der Reihenfolge des geplanten Signalflusses miteinander verbunden (Abb. 3).

Nachdem man diese Zusammenstellung gestartet hat, wird das Ergebnis nach einer akzeptablen Verarbeitungszeit bereitgestellt. Durch Veränderung von Parametern der Glyphen kann dann die optimale Version der Signalverarbeitung ermittelt werden. Man ist aber nicht auf die vorhandenen Glyphen beschränkt, sondern kann

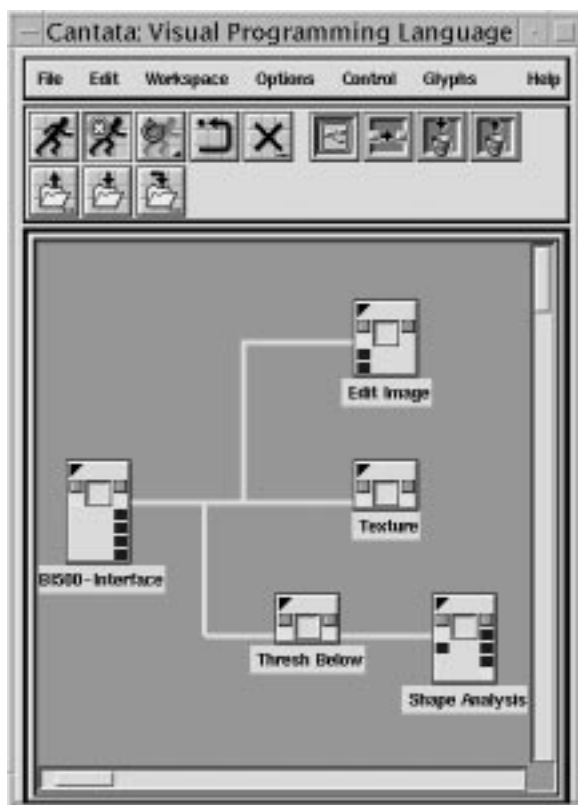


Abb. 3: Die graphische Programmiersprache „Cantata“
The visual programme language "Cantata"

men mit bekannten biologischen Eigenschaften erforderlich. Dies ist bei Echogrammen der Fall, die bei Fischereihols aufgenommen wurden. Man benötigt eine möglichst große Zahl von bekannten Testschwärmen, um optimale Kombinationen von Schwarmdeskriptoren aufzufinden. Die Güte der Deskriptoren für eine Klassifizierung ist recht unterschiedlich. Einige reagieren sehr empfindlich auf die unterschiedlichen Fischarten, andere sind für diese Klassifizierungsaufgabe fast unbrauchbar. Bei der Auswahl von geeigneten Parame-

eigene an die aktuelle Problematik angepaßte Glyphen in das System einbinden. Dafür werden sehr komfortable Werkzeuge zur Verfügung gestellt, die eine eigene Programmentwicklung unterstützen. Im Institut für Fischereitechnik werden Glyphen entwickelt, die für den Zugriff auf die Daten und zu Editierzwecken benötigt werden. Bei hydroakustischen Untersuchungen wird das vorverarbeitete Echosignal mit dem Bergen-Integrator BI500 online gespeichert, wobei ein spezielles Format benutzt wird, das von Khoros nicht gelesen werden kann. Deshalb wurde ein Glyph entwickelt, der als Interface für die Kopplung mit dem BI500 dient. Er liefert vollen Zugriff auf die Datensätze, die bei Routineaufnahmen standardmäßig aufgezeichnet werden. Weiterhin wurde ein Modul entwickelt, das störende Echoteile (Sendeimpuls, Bodenecho) ausblendet. Dabei wird auf Informationen in den BI500 Datenfiles zurückgegriffen.

Nachdem mit diesem Softwarepaket die Voraussetzungen geschaffen worden sind, um die vorhandenen Datensätze der hydroakustischen Bestandsuntersuchungen der vergangenen Jahre zu analysieren werden nun geeignete Deskriptoren für unsere Untersuchungsbedingungen definiert.

Anwendungsmöglichkeiten

Fischschwärme bestehen aus lebenden Objekten. Sie sind deshalb keine festen Aggregationen mit stabilen Eigenschaften. Die Eigenschaften sind vom Verhalten der Fische abhängig und damit stark variabel. Das Verhalten ist tages- und jahreszeitlich unterschiedlich und dazu noch vom Seegebiet abhängig. Eine Klassifizierung anhand von Schwarmparametern ist nur im kleins-

kaligen Bereich vernünftig anwendbar. Nützlich ist sie jedoch bei der Extrapolation der Ergebnisse von Trawlhols. Diese Ergebnisse lassen sich auf weitere Gebiete ausdehnen, solange die akustischen Parameter der Schwärme gleich bleiben. Zeigen sich erhebliche Änderungen dieser Parameter, muß durch ein neues Fischereihol die biologische Situation neu bestimmt werden.

Eine weitere Anwendung ergibt sich aus der möglichen Trennung der Zielobjekte von störenden Echos, wie sie von Plankton und Nichtzielarten hervorgerufen werden. Gut geeignet ist dieses Verfahren zur Trennung von typischen Heringsschwärmen aus dem umgebenden Echogemisch.

Die Möglichkeiten der Klassifizierung von Echoanzeigen sind also auf bestimmte Anwendungsgebiete begrenzt. Es ist auf keinen Fall zu erwarten, daß sich damit die Anzahl der für die Identifizierung notwendigen Fischereihols verringern läßt oder daß Fischereihols in Zukunft überflüssig werden. Dagegen verbessern die zusätzlichen Informationen, die Sicherheit und Aussagefähigkeit der Ergebnisse von hydroakustischen Bestandsuntersuchungen.

Zitierte Literatur

Anon.: Report of the Study Group on Echo Trace Classification. ICES CM 1997/B:4

Weill, A.; Scalabrin, C.; Diner, N.: MOVIES-B: an acoustic detection description software. Application to shoal species' classification. *Aquat. Living Resour.* 6: 255-267, 1993

Haralabous, J.; Georgakarakos, S.: Artificial neural networks as a tool for species identification of fish schools. *ICES J. Mar. Science* 53(2): 173-180, 1996