

Methodik und Ergebnisse der Erforschung des Schwarmverhaltens von Fischen mit der Tauchmethode

W. FISCHER

*Institut für Meereskunde an der Universität Kiel;
Kiel, Bundesrepublik Deutschland*

ABSTRACT: Methods and results of studies on the schooling behaviour of fishes using the diving method. Knowledge of schooling behaviour is becoming increasingly important in deep-sea fishery. Observations and experiments were conducted to elucidate standard responses of some schooling fishes in situ and in net aquaria using diving apparatus, cine and photo-cameras. The 5 species of sea-water schooling fishes studied show mainly uniform behaviour. Using 4 measurable criteria it was possible to examine and time the pattern of behaviour within the school. The way a response spreads within a school differs, and 3 basic types can be differentiated. Of 6 freshwater fish species studied, *Alburnus alburnus* is the only obligatory school fish; it is the only one which shows values within the range recorded for the sea-water school fishes studied. The other freshwater fishes examined are obligatory school fishes only in their juvenile phases. With increasing age they conform with the other 4 types of social behaviour differentiated in the study. The recorded reaction times of schools and the responses to nets of varying mesh size (meshes up to 1 m length were avoided by schools) are important for fishery. Qualitative intensification gains in importance by the frequently observed unification of different schools. The freshwater-living *Alburnus alburnus* is a suitable model fish for studies on the conformity of school behaviour, as well as for experiments with new fishing gear and methods.

EINLEITUNG

Von den etwa 4000 schwarmbildenden Fischarten ist ein Großteil von wirtschaftlicher Bedeutung. Das Verhalten dieser sozialen Fische ist heute mehr denn je von wissenschaftlichem Interesse; durch Ausweitung der Fischereigrenzen in zahlreichen wichtigen Fanggebieten und Überfischungserscheinungen wurde die Fischerei zur Entwicklung effektiverer Fangmethoden gezwungen. Unter diesem Aspekt wurden die nachstehend vorgetragenen Arbeiten zur Klärung einer Reihe von Gesetzmäßigkeiten des Verhaltens innerhalb sozialer Fischgruppierungen durchgeführt.

Aufgabe der Untersuchungen war es, Kenntnisse zum Ablauf von Reaktionen innerhalb einer sozialen Fischgruppierung zu gewinnen. Besonders wurde auf die Reaktionszeiten innerhalb der bei Fischen auftretenden verschiedenen Gruppierungsformen sowie den Ablauf der Reaktion innerhalb der Gruppierung und deren Ausbreitungsart geachtet. Gleichzeitig wurde durch Vergleich der gemessenen Leistungen der untersuchten Fische des Meerwassers und des Süßwassers die Frage nach der Eig-

nung von Süßwasserfischen als Modellfisch für Versuche, deren Ergebnisse auch Gültigkeit für marine Schwarmfische besitzen, untersucht. Da Experimente mit gut hälterungsfähigen Süßwasserfischen bekanntlich ohne den kostspieligen Aufwand, der bei Arbeiten mit marinen Fischen im Becken oder unter natürlichen Verhältnissen getrieben werden muß, möglich sind, war diese Problematik von besonderem Interesse.

METHODIK

Zur Beantwortung der genannten Fragen und für die Klärung einer Reihe anderer Probleme wurden Arbeiten ausschließlich unter natürlichen Verhältnissen durchgeführt. Es ging zunächst um die Bestandsaufnahme natürlicher Verhaltensweisen bei sozialen Fischgruppierungen verschiedener Art.

Es wurden in der Ostsee und angrenzenden brackigen Gewässern sowie im Schwarzen Meer die Arten *Clupea harengus*, *Sprattus sprattus*, *Belone belone*, *Amodytes tobianus*, *Hyperoplus lanceolatus*, *Mugil cephalus* und in oligotrophen oder leicht eutrophierten Binnenseen die Arten *Perca fluviatilis*, *Rutilus rutilus*, *Alburnus alburnus*, *Blicca bjökna*, *Abramis brama* und *Scardinius erythrophthalmus* untersucht.

Da bei den Arbeiten der Einfluß abiotischer Faktoren soweit wie möglich ausgeschaltet werden sollte, wurde auf Untersuchungen in Aquarien verzichtet und nur im Freiwasser, d. h. unter natürlichen Verhältnissen gearbeitet. Da sich bereits bei Untersuchungen anderer Autoren gezeigt hatte, daß der Taucher bei einem entsprechenden Abstand von den zu untersuchenden Tieren nicht als Störfaktor wirkt, wurde für die Untersuchungen und Beobachtungen die leichte Tauchmethode gewählt. Es wurde mit dem Kälteschutzanzug, dem Preßlufttauchgerät und zeitweise mit der einfachen Taucherausrüstung gearbeitet. Im Verlauf von fünf Jahren wurden umfangreiche Tauchuntersuchungen in den Monaten März bis Oktober kontinuierlich in den gleichen Gewässern durchgeführt. Kontrolluntersuchungen wurden auch im Winter in den Monaten Dezember und Februar vorgenommen. Überwiegend wurde während der hellen Tageszeit gearbeitet. Nachteinstiege wurden weit seltener lediglich in den Sommermonaten durchgeführt. Um ein möglichst abgerundetes Bild der Verhaltensweisen zu erhalten, wurde zu allen Tageszeiten und bei allen möglichen Wetterlagen, soweit diese das Tauchen noch zuließen, gearbeitet. Vorwiegend wurde im Tiefenbereich von 0 bis 8 m gearbeitet; maximale Tauchtiefen lagen bei 27 m.

Die verschiedenen Fischgruppierungen wurden in ihrer natürlichen Umgebung beobachtet oder in großen Netzgehegen gehältert. Eine Hälterung der Fische machte sich besonders bei sehr scheuen Arten und bei der Durchführung von Experimenten notwendig.

Im Verlauf der Beobachtungen und Experimente wurden bereits unter Wasser wesentliche Merkmale auf einer Kunststofftafel registriert. Nach dem Auftauchen wurden ergänzende Angaben auf ein im Arbeitsboot stationiertes Tonbandgerät aufgenommen. Nach Abschluß der täglichen Untersuchungen wurden die gewonnenen Daten in eine Schlitzlochkartei eingegeben. Durch die Verwendung einer Schlitzlochkartei bestand die Möglichkeit, verschiedene Merkmale in Kombination mit anderen

Faktoren zu selektieren. Diese Methode hat sich ausgezeichnet bewährt. Besonders wichtig scheint es nach eigenen Erfahrungen zu sein, die gewonnenen Daten so schnell wie möglich zu registrieren. Der Informationsverlust durch Vergessen ist bei Unterwasserarbeiten besonders groß. Als Ideallösung bietet sich bei solchen Arbeiten eine drahtlose Verbindung des Tauchers über Sprechfunk zur Oberfläche sowie die Verwendung eines TV-Recorders an. Dabei kann die akustische Information des Tauchers und die entsprechende optische Information synchron mitgeschnitten werden. Ein derartiges Verfahren würde die nachfolgende Auswertung wesentlich erleichtern und präzisieren. Eine Registrierung durch Film und Fotografie ergänzt die gewonnenen Daten und erweitert ebenfalls die Genauigkeit der Resultate.

Bei vorliegenden Untersuchungen wurde zur optischen Registrierung der Verhaltensweisen eine 16-mm-Filmkamera verwendet. Außerdem waren zwei Kleinbildkameras eingesetzt. Auf die Verwendung einer künstlichen Lichtquelle wurde bei den Filmaufnahmen verzichtet, da künstliches Dauerlicht das Verhalten verfälscht hätte. Die Fotokameras waren mit Elektronenblitzgeräten mit Leistungen von 250 bis 1000 μ F ausgerüstet. Eine Beeinflussung der Verhaltensweisen der Fische durch das Aufleuchten des Elektronenblitzes konnte nicht festgestellt werden. Eine der Kleinbildkameras besaß zwei an Auslegern befestigte Blitzlampen, deren Leistung unabhängig voneinander geregelt werden konnte. Durch diese Maßnahme konnte teilweise die Reflexion des Lichtblitzes vermindert werden, so daß nur noch wenige Fische eines Schwarmes überstrahlt und demzufolge auf dem Bild gut erkennbar waren. Auch in unsichtigem Wasser konnte mit dieser Lampenanordnung eine teilweise Verbesserung der Bildqualität erreicht werden. Beide Kameras waren mit Weitwinkeloptik ausgerüstet.

Bei der Registrierung der Verhaltensweisen der Fische mit der Filmkamera mußte darauf geachtet werden, daß die Kamera bei den Aufnahmen nicht ihren Standort wechselte oder nur in einer Ebene mit dem Schwarm „mitgezogen“ wurde. Dabei war ein feststehender Bezugspunkt nützlich, der bei der späteren Auswertung der Kinofilme die Feststellung der Ortsveränderung der Fische ermöglichte.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden etwa 1000 m Film und 700 Fotografien ausgewertet. Die Filme wurden über ein spezielles Projektionsgerät in Form einer Einzelbildauswertung bearbeitet. Jedes Einzelbild wurde auf einer durchsichtigen Folie nachgezeichnet. Durch Übereinanderlegen der nachgezeichneten Einzelbilder konnte der Reaktionsablauf innerhalb einer Fischgruppierung genau verfolgt und in Millisekunden (msec) gemessen werden, da die zeitlichen Abstände der Einzelbilder zueinander genau bekannt sind. Die Verwendung hoher Aufnahmegeschwindigkeiten erlaubte die genaue Vermessung und Feststellung der Reaktionsarten innerhalb einer sozialen Fischgruppierung. Die Fotografien wurden teilweise bereits als Negativ durch Projektion oder als Vergrößerung im Format 18 \times 24 cm ausgewertet. Dabei wurden wie auch bei der Auswertung der Filme u. a. folgende Faktoren berücksichtigt: Abstände der Individuen, Fische in der Schwarmspitze und ihre Verweildauer, Schwarmform, Abmessungen des Schwarmes, Individuenzahl, Beginn der Reaktion, Ausbreitungsart der sog. Reaktionswelle, Artenzusammensetzung des Schwarmes, Zugehörigkeit zu verschiedenen Gruppierungsformen, Verstärkerwirkung.

Bei einer Reihe von Experimenten in Netzaquarien machte es sich notwendig, die

Fische zu markieren. Dabei wurden die Individuen verschiedener Schwärme mit verschiedenfarbigen Kunststoffmarken versehen, die in die Rückenmuskulatur der Fische eingestochen wurden. Die Fische zeigten nach dieser Prozedur etwa 3 Tage lang normales Verhalten. Nach Ablauf dieser Zeit wirkte sich die Markierung auf die Gesundheit der Fische negativ aus, so daß neue Individuen markiert werden mußten. Die Markierungsexperimente galten besonders der Klärung der Frage nach der Vereinigungstendenz verschiedener Schwärme.

Die verschiedenen beobachteten sozialen Gruppierungsformen bei Fischen wurden in folgende vier mögliche Sozietäten eingeordnet: echter Schwarm, Verband, Gruppe und stationäre Aggregation.

Zur Charakterisierung der genannten Reaktionen innerhalb der verschiedenen möglichen Sozietätsformen wurden folgende Meßwerte registriert: Reizaufnahme, Reaktionszeit, Verstärkerzeit, Reaktionsablauf. Auf eine Definition der genannten Termini sei verzichtet, um nicht den Rahmen dieser kurzen Übersicht zu sprengen. In den Netzgehegen wurden den dort gehälterten Fischen bewegte oder ruhende Netztuche verschiedener Maschenweite angeboten und die Reaktionsdistanz bzw. die Maschenpassage registriert. Außerdem wurde die Reaktion verschiedener sozialer Fischarten auf die unterschiedlichsten stehenden Fanggeräte registriert.

ERGEBNISSE

Marine Fische

Die marinen Schwarmfische unterscheiden sich zwar in einigen Merkmalen wie Schwarmform, Individuenabstand und Ernährungsart, doch lassen sich die Gesetzmäßigkeiten des Reaktionsablaufs innerhalb eines Schwarmes bei den untersuchten Arten allgemein finden. Nachfolgend sei ein kurzer Überblick über die wichtigsten festgestellten Gesetzmäßigkeiten innerhalb von Fischsozietäten, die der Definition eines Schwarmes entsprechen, gegeben.

Alle der untersuchten marinen Schwarmfische wurden während der hellen Tageszeit ausschließlich in Form eines echten Schwarmes angetroffen. Lediglich bei der Nahrungsaufnahme wurde besonders beim Hering und dem Hornhecht eine Auflösung der Schwarmformation beobachtet. Die Auflösung der Schwarmformation bei der Nahrungsaufnahme ist aber keinesfalls die Regel. Bei besonders hoher Nahrungsdichte wird der Schwarmverband nicht aufgelöst. (Wie bei anderer Gelegenheit beobachtet werden konnte, lösen z. B. *Trachurus*-Jungfische und Individuen von *Engraulis encrasicolus* den Schwarmverband bei der Nahrungsaufnahme nie auf.) Die zur Nahrungsaufnahme aufgelösten Schwärme besaßen jedoch eine relativ hohe Individuendichte, so daß nicht alle Individuen in der Lage waren, um ihre eigene Achse zu schwingen, ohne den Nachbarn zu berühren. Bei der geringsten Störung wurde innerhalb von 125–500 msec die ursprüngliche Schwarmform wieder eingenommen. Eine Auflösung der Schwarmformation in der Nacht wurde in allen Fällen beobachtet, wobei die Anmerkung gemacht werden muß, daß Beobachtungen nur in dunklen Nächten ohne hellen Mondschein durchgeführt werden konnten. Eine Reaktion auf Störungen fand jedoch kaum statt.

Bezüglich der sogenannten „Schwarmgeometrie“ unterschieden sich die untersuchten Arten etwas. Während beim Hering und Sprott die Tropfenform des Schwarmes vorherrschte, bei Tobiasfisch und Sandaal Sichel- und langgestreckte Formen zu beobachten waren, trat die Meeräsche vorwiegend als langgestreckter Schwarm auf.

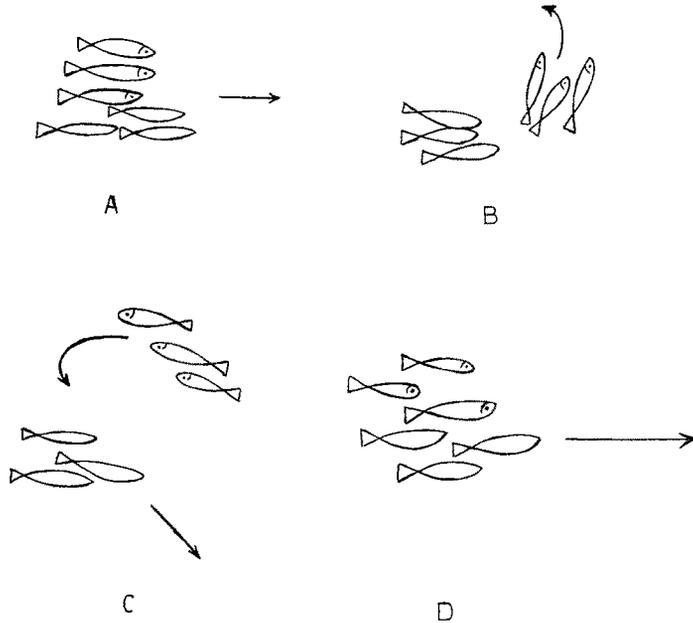


Abb. 1: Teilung und erneute Vereinigung eines Heringsschwarmes. (Vereinfacht nach Einzelbilddauswertung)

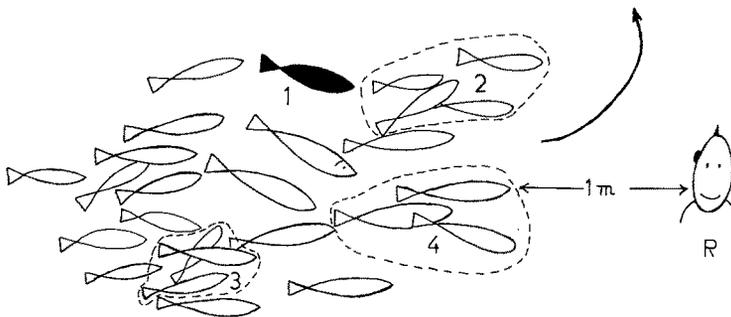


Abb. 2: Reaktion der Schwarmspitze eines Heringsschwarmes auf einen Räuber. (Vereinfacht nach Einzelbilddauswertung). R = Räuber; 1 = Reihenfolge der Reaktion

Besonders der Hornhecht variierte seine Schwarmform sehr stark. Die Abmessungen der Schwärme waren je nach Jahreszeit und physiologischem Status sehr unterschiedlich. Gewöhnlich wurden Schwärme nicht über 10 m Länge und 5 m Breite angetroffen. Die größte Ansammlung wurde bei *Sprattus sprattus* beobachtet. Die Gruppie-

zung hatte den Charakter einer stationären Aggregation und eine Ausdehnung von etwa 1 km im Durchmesser. Für den Schwarm typische Reaktionsabläufe hatten in dieser riesigen Ansammlung nur lokalen Charakter und vererbten sehr schnell.

Bei der Reaktion auf verschiedene Reize kam es bei zahlreichen Beobachtungen zu einer Teilung des eine Reaktion ausführenden Schwarmes. In allen Fällen wurde eine Wiedervereinigung des ursprünglichen Schwarmes angestrebt, wobei meist die Regel befolgt wurde, daß sich der kleinere Schwarmteil an den größeren von der Seite her anschloß. Eine Vereinigung von gespaltenen Schwärmen durch frontales Verschmelzen oder Anschluß an das Schwarmende wurde weit seltener beobachtet. Abgespaltene Einzelfische versuchten ebenfalls sofort wieder Kontakt zu dem Mutterchwarm zu bekommen. Wurden sie im Experiment daran gehindert, schlossen sie sich

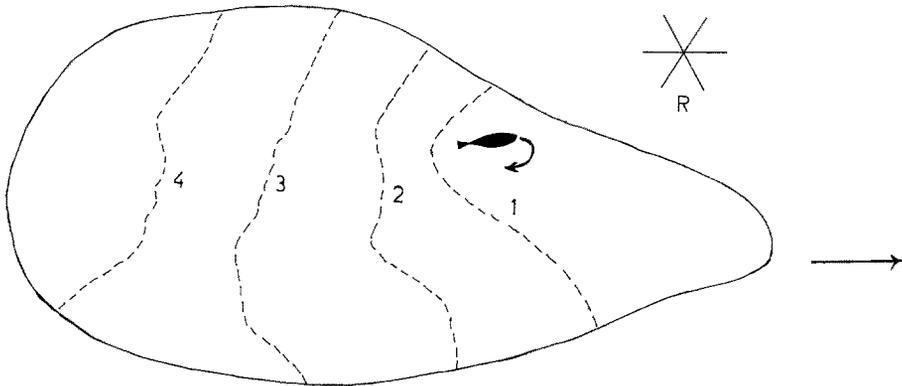


Abb. 3: Wellenförmige Ausbreitung einer Reaktion innerhalb eines Schwarmes. (Nach Einzeldatenauswertung)

an einen anderen Schwarm an. Dabei scheint aber von Bedeutung zu sein, daß die Individuen des Schwarmes, an den sich abgespaltene Individuen oder Schwarmteile anschließen, annähernd die gleiche Individuenlänge besitzen. Bei Längendifferenzen von über 5 cm erfolgte kein Anschluß mehr. Bei ungenügenden Wahlmöglichkeiten kommt es vor, daß sich auch wesentlich größere Fische an einen Schwarm kleinerer anschließen. Kleinere Fische schließen sich an einen Schwarm größerer nicht an, da sie diesen wesentlich schnelleren Tieren nicht folgen können. Die nicht in der Größe zu einem Schwarm passenden Fische schließen sich bei der nächsten Gelegenheit an einen Schwarm gleichgroßer Tiere an.

Zwei im Experiment verschiedenfarbig markierte Schwärme wurden in ein Netzaquarium eingesetzt und vereinigten sich erst am nächsten Tag nach der nächtlichen Auflösung beider Schwärme. Die Schwärme setzten sich aus Individuen gleicher Größe zusammen. Es deutet vieles darauf hin, daß besonders als Folge der nächtlichen Auflösung der Schwärme täglich eine gewisse Neuformierung nach Größe erfolgt. Die Häufigkeit einer solchen Neuformierung ist naturgemäß von der Zahl der Schwärme abhängig, die sich in einem bestimmten Gebiet aufhalten. In einigen Fällen konnte auch am Tage ein Verschmelzen der Schwärme mit erneuter nachfolgender Teilung beobachtet werden (vgl. Abb. 1).

Die Reaktion auf einen Reiz innerhalb eines Schwarmes erfolgte von einem bis zu zehn Fischen gleichzeitig. Dabei war es nicht entscheidend, daß sich die Fische in unmittelbarer Nähe des Reizes befanden (Abb. 2). Es reagieren offensichtlich immer

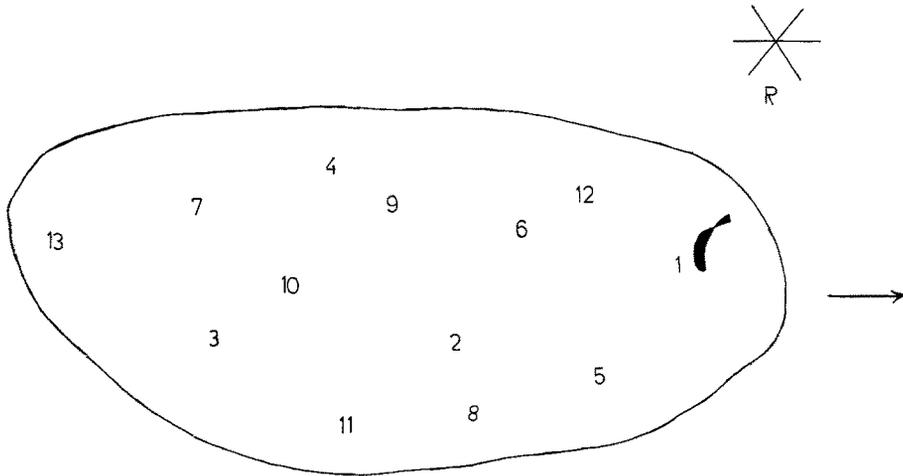


Abb. 4: Diffuse Ausbreitung einer Reaktion innerhalb eines Schwarmes. (Die Zahlen kennzeichnen die Reihenfolge der reagierenden Fische)

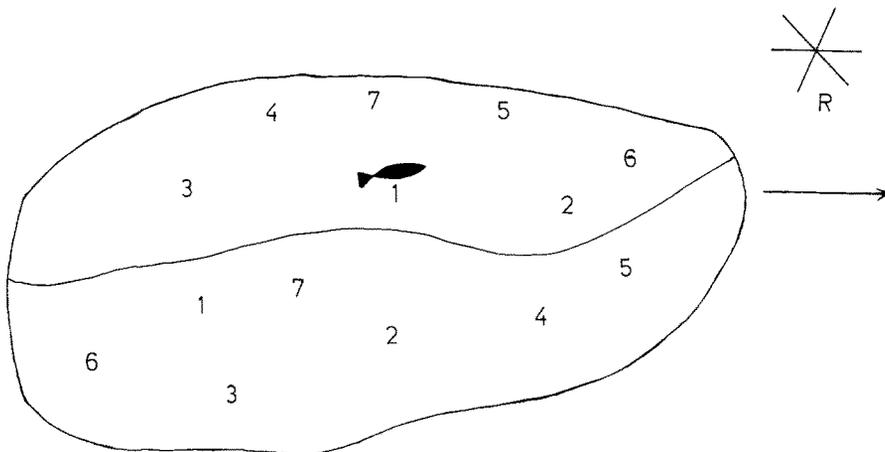


Abb. 5: Reaktion eines Schwarmes in zwei Schichten. (Die Zahlen kennzeichnen die Reihenfolge der reagierenden Fische)

diejenigen Fische, die auf Grund der Leistung ihrer Rezeptoren dazu befähigt waren, den Reiz zuerst wahrzunehmen. Bei diesem Vorgang (in der vorliegenden Arbeit auch Reizaufnahme genannt) kann ein gewisser Lerneffekt bestimmter Tiere nicht ausgeschlossen werden.

Wie die Auswertungen ergaben, muß bei der Reaktionsausbreitung innerhalb eines Schwarmes zwischen drei Möglichkeiten unterschieden werden:

(1) Die häufigste Form der Ausbreitung einer Reaktion ist die wellenförmige Fortpflanzung der Reaktion vom Ort der Reizaufnahme über den Gesamtschwarm (Abb. 3). Mit jeder Welle werden bei dieser Art der Reaktionsausbreitung immer mehr Fische erfaßt, die Wellenlänge wird also immer größer. Wie Messungen ergaben, garantiert diese Art der Reaktion die schnellste Ausbreitung. Als Reaktionsablauf für den Gesamtschwarm wurden Zeiten von 600 bis 1500 msec gemessen.

(2) Als zweite Art der Reaktionsausbreitung innerhalb eines Schwarmes wurde die diffuse Ausbreitung einer Reaktion beobachtet (Abb. 4). Dabei breitet sich die Reaktion regellos, ohne erkennbare Gesetzmäßigkeit über den Schwarm aus. Diese Art der Reaktionsausbreitung erfaßt den Schwarm etwas langsamer als vorstehend beschriebene wellenförmige Ausbreitung. Es wurden Reaktionszeiten bis zu 3000 msec gemessen.

(3) Weit seltener konnte eine Reaktion des Schwarmes in zwei Schichten beobachtet werden. Dabei reagierte zuerst die obere oder untere Schwarmhälfte und erst nach vollständigem Abschluß der Reaktion dieser Schwarmhälfte begann der übrige Teil des Schwarmes mit der Reaktion. Die Reaktionszeiten lagen im Bereich der wellenförmigen Reaktionsausbreitung (Abb. 5).

Bei allen der drei beobachteten Reaktionsarten konnte das Verebben einer einmal begonnenen Reaktion auftreten. Bei Umdrehreaktionen reagierte beispielsweise der dem Reiz nächstliegende Schwarmteil. An einer bestimmten Stelle war aber der Einfluß des weiterhin vorwärtsdrängenden Schwarmteiles derart stark, daß die bereits umgedrehten Fische erneut wendeten und der Schwarm in der alten Richtung weiter schwamm. Derartige Vorgänge führten oft auch zu einer Spaltung des Schwarmes.

Der Definition eines Schwarmes entsprechende Fischsozietäten schwammen nie durch Netztuche mit einer Maschenweite von 50 cm bis zu einem Meter, solange die Fische sich bewegten. Bei der Nahrungsaufnahme kam Maschenpassage vor, wenn es sich um einen aufgelösten Schwarm handelte. Es wurden Maschen knapp über der Körpergröße der Fische durchschwommen. Selbst frei im Wasser aufgespannte Leinen wurden von einem Schwarm in größerem Abstand umschwommen.

Bei den soeben erwähnten Verhaltensweisen handelt es sich um die Reaktion auf stehende Fanggeräte bzw. Netztuche. Bewegte Netztuche verschiedener Maschenweiten wurden in der bereits beschriebenen Art gemieden. Die Reaktionsdistanz gegenüber bewegten Netztuchen ist in der Regel größer. Während sich z. B. der Hering stehenden Netzen bis auf 30 cm nähert, hält er gegenüber bewegten Netzen einen Abstand von etwa 1 m ein. Die Reaktionsdistanz scheint auch von der Fischgröße abhängig zu sein. Sprottschwärme näherten sich stehenden und bewegten Netzen auf wesentlich geringere Distanzen, während der Hornhecht von 50–70 cm Länge sich etwa 1,5 m von den Netzen entfernt hält.

Eine besondere Erscheinung scheint noch der Mitteilung wert. Einige Arten (*Amodytes tobianus*, *Mugil cephalus*) zeigten bei der Auflösung zur Nahrungsaufnahme eine besondere Verhaltensweise. Die Fische schwammen in geschlossenen Schwarmformationen die Wasseroberfläche in einem schrägen Winkel an, um dann daran zu „zerschellen“ und in lockerer Form zur Nahrungsaufnahme überzugehen.

Süßwasserfische

Die Ergebnisse der Arbeiten an Süßwasserfischen seien in diesem Rahmen nur kurz und unter Berücksichtigung der wesentlichen Ergebnisse gestreift.

Unter den untersuchten Arten des Süßwassers war lediglich *Alburnus alburnus* ein obligatorischer Schwarmbildner. Diese Fischart war es, die auch in ihren Meßwerten mit den gemessenen Zeiten der marinen Schwarmfische genau übereinstimmte. Da auch andere Verhaltensweisen ebenso wie die Schwarmgeometrie denen der Salzwasserfische entsprechen, scheint die Frage nach der Tauglichkeit dieser Fischart für Modellversuche entschieden zu sein. Auch die gute Hälterungsfähigkeit dieser Art macht diese Fischart als Modellfisch für Untersuchungen der Reaktion der wirtschaftlich wichtigen Schwarmfische auf verschiedene Reize und Reizkombinationen geeignet.

Die übrigen untersuchten Fische des Süßwassers zeigen meist nur in der Jugendphase in einem Alter bis zu drei Sommern obligatorisches Schwarmverhalten (z. B. der Barsch). Mit zunehmendem Alter werden die Sozietätsformen des Verbandes, der Gruppe und der stationären Aggregation bevorzugt bzw. die Fische treten solitär auf.

DISKUSSION

Von besonderem fischereilichen Wert scheint die den Fischen eines Schwarmes eigene Verstärkerwirkung, besonders die qualitative Verstärkerwirkung zu sein. Die qualitative Verstärkerwirkung tritt dann auf, wenn innerhalb eines Schwarmes auf einen Reiz nur die Individuen mit den dafür besonders ausgeprägt empfindlichen Sinnesorganen reagieren können. Dazu wäre auch die durch eine Positiv- bzw. Negativdressur bedingte Reaktion auf einen Reiz zu rechnen. Da bei vorliegenden Untersuchungen gezeigt werden konnte, daß vom Schwarm getrennte Individuen auf Grund des ihnen eigenen Schwarmverhaltens Kontakte zu anderen Schwärmen mit gleichgroßen Individuen suchen, wäre es durchaus möglich, positiv dressierte Fische auszusetzen, die eine Schwarmreaktion auf das Fanggerät hin auslösen könnten.

Die bei den Untersuchungen gemessenen Reaktionszeiten der Schwärme wären unter Berücksichtigung der Schwimmgeschwindigkeiten der Fische, die zum Teil bereits bekannt sind, von der Fischereitaktik und -Technik zu berücksichtigen. Daß die Reaktion innerhalb eines Schwarmes von jeder beliebigen Stelle des Schwarmes aus begonnen werden kann, sollte bei der Schleppnetzfisherei Berücksichtigung finden.

Da sich, wie gezeigt werden konnte, Schwärme häufig auflösen und wieder vereinigen, scheint die Frage einer Informationsübertragung durch Fische mit „Fanggeräteeinfahrung“ auch auf andere Schwärme einer näheren Untersuchung wert zu sein.

Zahlreiche Fischereinationen beschäftigen sich bereits mit der Erforschung des Verhaltens der wirtschaftlich bedeutenden Fische. Die Analyse eines derart komplexen Problems, wie der Gesetzmäßigkeiten des Verhaltens von Fischen und deren praktische Nutzung erfordert jedoch noch umfangreiche Untersuchungen und Experimente.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die marinen Schwarmfische kommen ausschließlich als echter Schwarmverband vor, solange sie sich im pelagischen Raum aufhalten. Bei der Nahrungsaufnahme und in der Nacht wird der Schwarmverband aufgelöst.
2. Die Reaktionen innerhalb eines Schwarmes breiten sich nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten aus und sind zeitlich meßbar.
3. Eine Reaktion innerhalb eines Schwarmes kann von verschiedenen Stellen aus ausgelöst werden.
4. Leitfische im Schwarm existieren nicht.
5. Die echten Schwarmfische des Süßwassers entsprechen in ihren Reaktionen den Schwarmfischen des Meerwassers. Im Süßwasser treten außerdem noch andere Sozietätsformen auf.
6. Die Süßwasserart *Alburnus alburnus* eignet sich als Modellfisch für Untersuchungen der Reaktionen von Schwärmen auf Fanggeräte und für die weitere Erforschung der Schwarmgesetzmäßigkeiten.

Anschrift des Autors: Dr. W. FISCHER
Institut für Meereskunde
Universität Kiel
23 Kiel
Düsternbrooker Weg 20
Bundesrepublik Deutschland