

mene größere Jungfischeinsätze an Bach-, Regenbogen- und See-forellen sowie Seesaiblingen gescheitert sein. Wegen der schlechten Sauerstoffbilanz des Sees verbietet sich auch eine Gewässerdüngung.

Summary

The Prebersee (Salzburg) in an elevation of 1500 m (5.5 ha and 10 m deep) is poor in nutrition and has brown water (humous particles). The content of lime is low. In June of 1960 (time of investigation) the open water had an oxygen contents, adequate for fishlife. Only in a lower level (profundal) this is not the case as in a depth of 7.5 m only 0.5 mg O₂ were present.

Nevertheless fish with high oxygendemands as trout, "Saiblinge" and "Elritzen" live and propagate in this lake. Their nutrition is adequate. The inimical surroundings such as long-lasting covering by ice and snow in winter with its darkening, poor offerings of nutrition and the lack of oxygen in deeper levels, hinder a greater crop of fish. This may be the reason for the failure in stocking the lake with young brook-, rainbow- and lake-trout, as well as lake "Saiblinge". Bad oxygen-conditions forbid a fertilizing of the water.

Fische „sehen“ mit Ultraschall Teilergebnisse der Roten-Meer-Filmexpedition 1964

von

WALTER GROSS und ALFRED VOGELSBERGER

(Unterwasser-Arbeitsgemeinschaft Salzburg)

Mit 1 Abb. im Text und 3 Fotos

Wenige Monate nach der vom April bis Juli 1964 von der Unterwasser-Arbeitsgemeinschaft Salzburg unternommenen Film- und Forschungs-expedition an das Rote Meer, wurde im Haus der Natur in Salzburg eine auf den aufsehenerregenden Ergebnissen der Expedition basierende Neuerung installiert. Es handelt sich dabei um eine Tonapparatur, die den Beschauern eines Dioramas, das einem Korallenriff des Roten Meeres nachgebildet wurde, auch die zu dieser Landschaft dazu gehörende Tonkulisse vermittelt. Unzählige Besucher konnten sich bereits davon überzeugen, daß die Unterwasserwelt keinesfalls eine Welt des ewigen Schweigens ist, wie man lange Zeit annahm, sondern daß

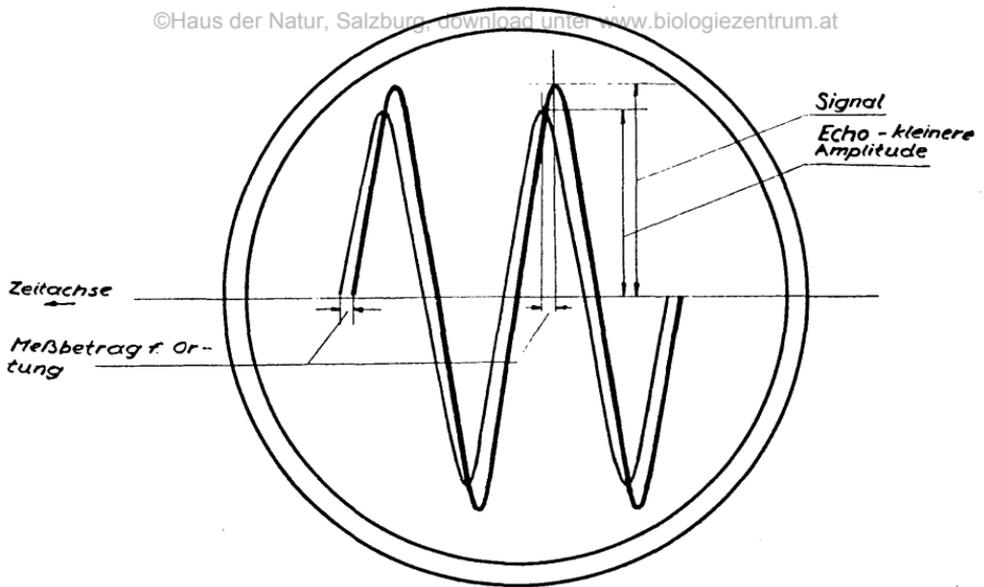
auch hier wahrhaft ein Gewirr von Lauten und Tönen zu vernehmen ist.

Die Grundlagen zu dieser Apparatur bildeten die Originaltonbänder, die von dem Elektroniker des Institutes, Ing. Walter GROSS im Verlauf der Expedition aufgenommen wurden. Allerdings liegen diese Geräusche im Ultraschallbereich, also außerhalb des menschlichen Hörvermögens. Erst durch die von Ing. GROSS entwickelten Geräte konnte der Ultraschall in hörbare Schwingungen transponiert werden, und dadurch auch für den Menschen vernehmbar.

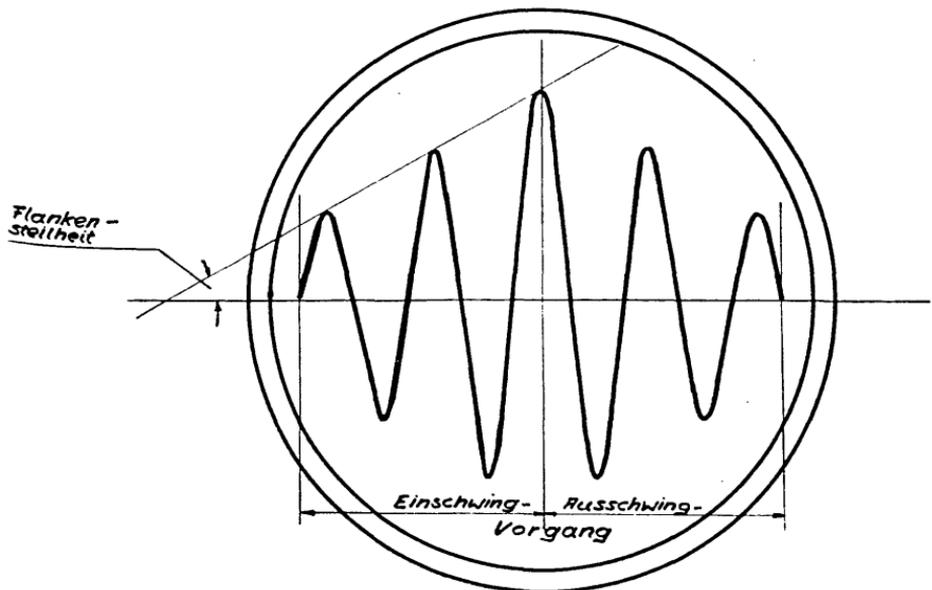
War es bisher nicht möglich, die so verschiedenartigen Fischstimmen nach Herkunft und Zweck auch nur annähernd zu bestimmen, so führte die Auswertung der Tonbänder mit elektronischen Geräten zu einem Ergebnis, das im Rahmen der Meeresforschung einen enormen Schritt nach vorne bedeuten kann. Bei dem Versuch, aus der Fülle der Stimmen einzelne Töne oder Laute auf ihre Charakteristik hin zu prüfen, stellte sich heraus, daß fast jede der Tonfrequenzen andere parallel überlagert hatte, und zwar dergestalt, daß die Überlagerungsfrequenz genau gleich der Grundfrequenz war, aber um einen geringfügigen Betrag versetzt. Mit anderen Worten, der Ton, der eine reine Sinusschwingung darstellt, besaß ein ein- bzw. mehrfaches Echo; das von irgendwoher zurückgeworfen wurde. (Abstrahlung einer Schwingung beliebiger Frequenz und Empfang der Frequenz nach deren Reflexion).

Mit Hilfe eines Kathodenstrahl-Oszillografen war es nun möglich, die definierten Schwingungen am Leuchtschirm sichtbar zu machen und auch unter erheblichen technischen Schwierigkeiten zu fotografieren. Man bedenke, daß es sich um die Dauer der Impulse von nur einigen Bruchteilen von Sekunden handelte! Nach Dehnung der Zeitbasis am Oszillografen trat nicht nur die Grundschiwingung deutlich zu Tage, sondern in vielen Fällen wurde ein vielfältiges Echo registriert, nachweisbar bis zur siebenfachen Reflexion der Grundschiwingung in einigen Fällen.

Ein Blick auf das auf *Abb. 12* wiedergegebene Oszillogramm des oben beschriebenen Tones sagt dem Physiker, der mit diesen Dingen vertraut ist: Das Schultafelbeispiel einer Sinusschwingung mit kurz darauffolgendem, mehrfachem Echo (am Bild von rechts ausgehend). Gleiche Frequenzen, die nur um den Meßbetrag, der die exakte Umrechnung in die Entfernung ermöglicht, versetzt sind. Eine Kurve einer Ultraschallecholotung ähnlich jenen der amerikanischen Forschung und Entwicklung im zweiten Weltkrieg zum Orten von U-Booten. Ferner entspricht das Oszillogramm der Abstrahlung einer Schwingung in einem verhältnismäßig kleinen, von reflexionsfähigen Flächen umgebenen Raum. Tatsächlich wurden die Schwingungen, die zu obigem Oszillogramm führten, in einem von Korallenriffmauern abgeschlos-



Erläuterung zweier charakteristischer Fischsignale auf Grund der oszillograph. Auswertung



senen Raum direkt am Rande der großen Saumriffe des Roten Meeres aufgenommen. Die Zurückrechnung der Echos ergab die ungefähren Dimensionen des Raumes.

Greift man aus der Fülle der Oszillogramme ein weiteres charakteristisches heraus (*Abb. 11*), so zeigt dieses die Kurve eines Hochfrequenz-Impulses, wie er in den modernen Echolotgeräten zu Entfernungsmessung verwendet wird. Das Bild zeigt eine exakte Bündelung einer Frequenz und hohe Flankensteilheit beim Ein- und Ausschwingvorgang. Das heißt, daß der Ton nicht langsam an Stärke zunimmt (das entspräche einer niedrigen Flankensteilheit), sondern binnen kürzester Zeit einen Höchstwert erreicht, um dann sofort wieder abzufallen. Derartige Impulse erreichen natürlich wesentlich größere Entfernungen unter Wasser als solche mit niedrigerer Steilheit. In der Transponierung durch die Ultraschallempfänger hört sich das Geräusch auch wie ein harter, fast metallischer Schlag an. Dieser Ton, der zu letzterem Oszillogramm führte, wurde im freien Meer aufgenommen und daher fehlt auch infolge der großen Richtwirkung der Unterwasser-Mikrofone, das Echo aus der unmittelbaren Umgebung (Riff im Hintergrund des Mikrofones). Die Mikrofone waren dabei auf das offene Meer hinausgerichtet. Da aber andere, in gleicher Position registrierte Schwingungen ein Echo nach „großem Zeitlauf“ zeigten, ist erwiesen, daß die Fische in der Lage sind, Frequenzen abzustrahlen, die womöglich kilometerweite Entfernungen überbrücken können. Der Küste in größerer Entfernung vorgelagert befand sich ein gewaltiges Korallenriff!!!

Ob nun diese Erscheinungen auf diese großen Distanzen vom Fisch bewußt ausgelöst, bzw. registriert werden, oder ob es sich dabei nur um eine Begleiterscheinung handelt, bleibt vorläufig noch dahingestellt. Fest steht jedenfalls, daß Impulse von derart enormer Stärke ohne weiteres für diesen Zweck verwendet werden können, und daß auch die Fische in der Lage sind sie zu erzeugen.

Die frappierende Ähnlichkeit der Fischstimmen mit den Signalen moderner Echolotungsgeräte darf wohl zu dem Schluß herangezogen werden, daß sich die Fische keineswegs nur nach dem Sehvermögen orientieren (im trüben Wasser ist die Sicht ohnehin gleich Null, außerdem sind die Fischaugen bestenfalls auf die nähere Umgebung eingestellt). Ferner wurde bis jetzt vermutet, daß bei den Fischen ein eigenartiges System von Sinnesorganen, das Seitenliniensystem dem Fernsinn diene, indem es die von Hindernissen zurückgeworfenen Druckwellen wahrnehmen soll. Tatsächlich sieht die Sache aber nach den neuesten Erkenntnissen mit den Ultraschallgeräten so aus, daß sich der Fisch durch Ultraschallwellen eine Art Schallfeld um sich herum schafft. Mit Hilfe des zurückgeworfenen, verschiedenartigsten Echos ist es ihm ohne weiteres möglich, die Art und Form der Umgebung



Abb. 10: Tonstudio an der Küste des Roten Meeres

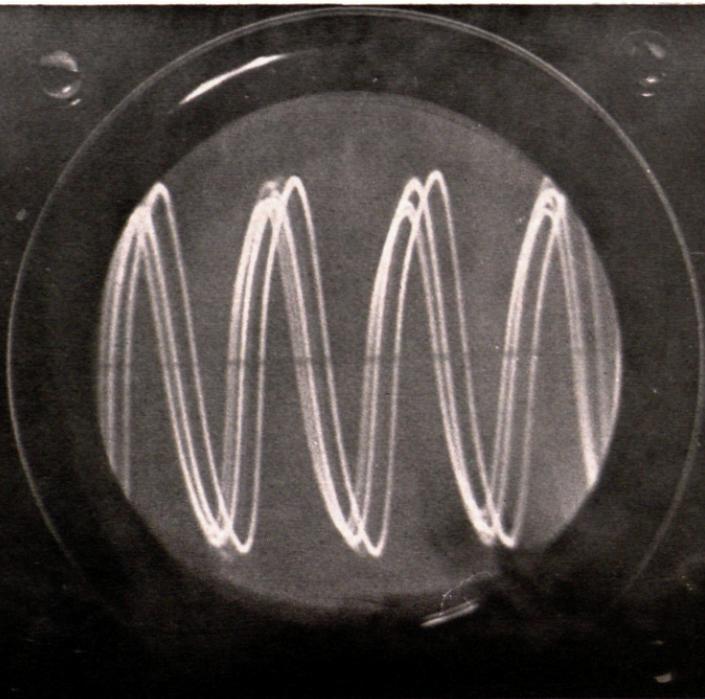
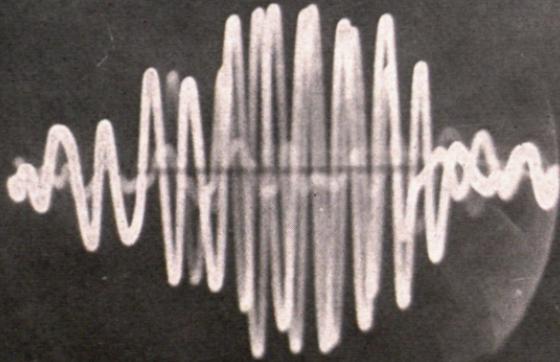


Abb. 11 und 12: Oszillogramme zu „Fische sehen mit Ultraschall“

plastisch wahrzunehmen. Wie anders wäre es auch möglich, finden doch Raubfische noch in den trübsten Gewässern ihre Beute. Auch Haie können mit geradezu unheimlicher Sicherheit von Tauchern harpunierte oder sonst irgendwie kranke oder angeschlagene Fische aus großer Distanz wahrnehmen, die weit über das Sehvermögen hinausgeht. Der angeschossene oder sterbende Fisch hat eben eine andere Aussendung als der gesunde, und darauf reagieren prompt die Räuber. Zahlreiche Versuche während der vergangenen Expedition haben dies bewiesen.

Es liegt die Frage nahe, womit erzeugt nun der Fisch diese leistungsstarken Ultraschallimpulse. Es ist bereits bekannt, daß viele Fische lautbegabt sind, obwohl sie über kein nur der Lauterzeugung dienendes Organ wie die höheren Wirbeltiere besitzen. Manche erzeugen mit der Schwimmblase klopfende und trommelnde Töne, andere wiederum machen kratzende Geräusche dergestalt, daß scharfe Kanten, wie Zähne, Kiemenbögen oder Kiemenknochen aneinandergerieben werden. All das ist aber im Bereich hörbaren Schalls und es ist nicht anzunehmen, daß damit auch Ultraschall erzeugt werden kann. Da die festgestellten Frequenzen eine große Energiedichte zulassen, und nach der Formel: Wellenlänge ist gleich Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch Frequenz, die festgestellten kleinen Wellenlängen auf eine kleine Abstrahlungsfläche schließen lassen, ist ein Empfang allein durch die Druckempfindlichkeit (Seitenlinie) ohne weiteres denkbar. Ein eigenes Organ zur Absendung von Ultraschall konnte bis jetzt noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Nachdem die auf Tonband und Oszillogrammen befindlichen objektiven Forschungsergebnisse vorliegen, sei es gestattet, einen allgemeinen Hinweis auf die Ausstattung der Tierwelt mit Sinnesorganen durch die Natur, zu machen. In diesem Sinne würde die Ausstattung der Meerestiere mit einem Echolot zur Orientierung den natürlichen Bedingungen voll und ganz entsprechen, das heißt, die moderne Physik müßte das gleiche Prinzip in Anwendung bringen um die oben beschriebenen Verhältnisse zu erreichen, wie sie unter Wasser im Roten Meer festgestellt wurden. Wie richtig diese Behauptung ist, beweisen die Delphine, die als Säugetiere und ehemalige Rückwanderer ins Meer ebenfalls eine Art Echolot ausgebildet haben. Die Ausbildung einer solchen Einrichtung im Zuge der Anpassung an das Wasserleben hat sich eben als unumgänglich notwendig zur Orientierung erwiesen. Und warum sollte die Natur nicht jene Schwingungen zu ihrem Werkzeug machen, die sich nach den Gesetzen der Physik am besten dazu eignen, nämlich den Ultraschall?!

Für die Echtheit der Oszillogramme, bzw. für deren absolut exakte Übertragung aus den Originaltonbändern, die in der Zeit vom April

bis Juli 1964 am Roten Meer aufgenommen wurden, verbürgt sich die Unterwasser-Arbeitsgemeinschaft Salzburg, sowie deren Mitarbeiter für Physik und Elektronik Ing. Walter GROSS und Alfred und Peter VOGELBERGER, die die Aufnahmen der Oszillogramme anfertigten.

Zusammenfassung

An der afrikanischen Küste des Roten Meeres gelang es erstmals Ultraschall-Bandaufnahmen in Tiefen von 5 – 20 m herzustellen. Die Tonaufzeichnungen enthalten nach vorläufiger Auswertung viele Laute und Töne, deren Zuordnung zu bestimmten Tierarten jedoch vorläufig noch nicht möglich ist. Als erwiesen kann vorderhand gelten, daß Fische in der Lage sind, Frequenzen abzustrahlen, die womöglich kilometerweite Entfernungen überbrücken.

Summary

Ultrasound-tape-recordings were made for the first time on the African coast of the Red Sea, in a depth of 5 to 20 m. After a preliminary study, many sounds are present. A coordination with specific animals in each case is not possible at present. It is only possible to report that fish are able to radiate frequencies, which may possibly go over distances of kilometers.

Beobachtungen der Unterwasserarbeitsgemeinschaft Salzburg in submarinen Höhlen des Mittelmeeres

von

ALFRED VOGELBERGER

Mit 1 Farbfoto

Zu den faszinierendsten Erscheinungen der Meereswelt zählen ohne Zweifel die unterseeischen Höhlen. Wer zum ersten Male mit der Tauchbrille ausgerüstet, ganz nahe an die dunkelsten Stellen der Felswände an den Meeresküsten herangeht, wird erstaunt sein von der Fülle der verschiedenartigsten Farben und Formen, die da in Erscheinung treten. Wo aber die Felsen der steilen Ufer geradezu unterminiert sind von gewaltigen dunklen Höhlendomen und Grotten, wird der Beobachter in ein Dorado von unglaublicher Lebensfülle in prächtigen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen aus dem Haus der Natur Salzburg](#)

Jahr/Year: 1965

Band/Volume: [7_2](#)

Autor(en)/Author(s): Groß Walter, Vogelsberger Alfred

Artikel/Article: [Fische "sehen" mit Ultraschall. Teilergebnisse der Roten-Meer-Filmexpedition 1964. 45-50](#)