

Ein Ansatz zum intuitiven Verständnis des Strukturhörens der Fledermäuse

HEINER VON BOETTICHER

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fakultät VI - Medizin und Gesundheitswissenschaften,
Abteilung für Medizinische Strahlenphysik
E-Mail: heiner.vonboetticher@web.de

An approach to understand intuitively structure hearing of bats

Abstract

Bats are capable of detecting and interpreting frequency specific differences between call and echo. Only in this way many abilities in echolocation can be explained. This is described for the special case of a two-front target. For single frequencies echos can be cancelled depending on the depth of the structure. In particular, it is emphasized that sound waves can be illustrated as regions with high and low density of air particles in direction of the propagation of the sound.

Keywords

Ultrasound, Echolocation, Object discrimination, Interference patterns, Two-front target

Einleitung

Eine Fledermaus, die sich bei völliger Dunkelheit einem Baum nähert, kann mit ihrem Gehörsinn nicht nur den Abstand und die Form des Baumes erfassen, sondern vermutlich auch erkennen, ob es sich um eine Buche oder eine Eiche handelt. Sie hat die für den Menschen kaum vorstellbare Fähigkeit, auch Oberflächenstrukturen, also auch unterschiedliche Rindenformen, zu „hören“.

Die Hörwelt der Fledermäuse wird – außerhalb von Fachpublikationen – in der Regel auf die Entfernungsbestimmung aufgrund des Puls-Echo-

Zusammenfassung

Fledermäuse besitzen die Fähigkeit, frequenzspezifische Unterschiede zwischen Ruf und Echo wahrzunehmen und zu interpretieren. Erst durch diese Tatsache lassen sich viele Hörleistungen der Tiere erklären. Dies wird an dem Sonderfall eines 2-Fronten-Ziels, bei dem in Abhängigkeit von der Strukturtiefe für einzelne Frequenzen eine Auslöschung der Rufe im Echo auftritt, dargestellt. Dabei wird besonders darauf eingegangen, dass sich Schallwellen anschaulich als Variation der Luftteilchendichte in Richtung der Ausbreitung des Schalls darstellen lassen.

Schlüsselwörter

Ultraschall, Echoabbildung, Objekterkennung, Interferenzmuster, 2-Fronten-Ziel

Prinzips reduziert. Damit lässt sich allerdings nur die Jagd im freien Luftraum gut erklären, wobei man aufgrund der frequenzabhängigen Absorption in Luft mit diesem Vorgehen eigentlich nur Jagdrufe möglichst niedriger Frequenz mit einem konstantfrequenten Verlauf begründen kann. Ganz wesentliche weit darüber hinausgehende Hörleistungen, die darauf beruhen im Echo Interferenzen zu erkennen und auszuwerten, werden dabei vernachlässigt. Dabei machen sie erst viele Fähigkeiten der Fledermäuse plausibel und sind

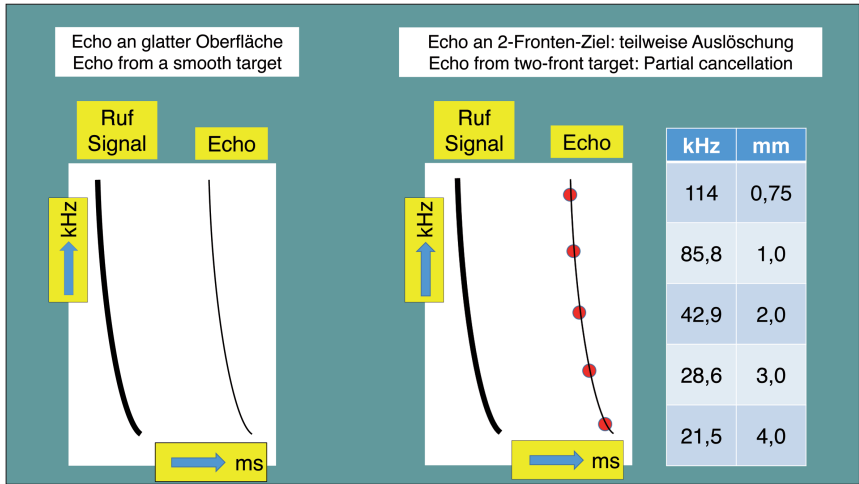


Abb. 3: Auslöschungsfrequenzen in Abhängigkeit der Stufentiefe; schematisch.

Fig. 3: Frequencies of cancellation depending on different depths of steps; schematic.

möglich. Dies kann in Analogie zum Strukturhören plausibel gemacht werden:

Hierfür ist der Tragus, eine in der Ohrmuschelöffnung stehende Hautfalte von Bedeutung, die die meisten Arten besitzen (NEUWEILER 2000), und die mit der Ohrmuschelwand eine V-förmige Struktur bildet. Dadurch ergibt sich eine Richtungscharakteristik bezogen auf den vertikalen Winkel: Durch Reflexionen an Ohrmuschel und Tragus können sich einfallende Schallsignale überlagern und z. B. auch auslöschen. In Analogie zur Abb. 2 kann die V-förmige Struktur als eine Stufe mit sich kontinuierlich ändernder Stufentiefe in Einfallrichtung des Echosignals aufgefasst werden. Bei vertikalem Schrägeinfall des Echosignals ändert sich in Abhängigkeit vom vertikalen Winkel die Stufentiefe und damit die Frequenzen, die ausgelöscht werden (vgl. Abb. 3). Dies setzt allerdings voraus, dass die Rufe frequenzmoduliert sind, also einen großen Frequenzbereich abdecken - und dies ist bei den meisten Arten, die außerhalb des freien Luftraums jagen, der Fall.

Diskussion

Die Darstellung beschränkt sich auf den besonders anschaulichen Sonderfall der maximalen Auslöschung von Schallwellen gleicher Frequenz und Amplitude für ein 2-Fronten-Ziel. Eine weitere Einschränkung stellt die Beschränkung auf

die niedrigste Frequenz dar, mit der eine bestimmte Stufentiefe erfasst werden kann. Für die „Abtastung“ einer Stufe können auch höhere Frequenzen als die Minimalfrequenz verwendet werden. Die reflektierte Welle kann sogar in der Vertiefung mehrere Wellenlängen „durchlaufen“ haben; sie muss nur bei der Überlagerung mit der einfallenden Welle entsprechend verschoben sein. Ein Ruf mit einem Anteil sehr hoher Frequenzen ermöglicht also, über feine Strukturen hinaus auch grobe Strukturen zu erkennen.

Insgesamt behandelt die gewählte Darstellung Sonderfälle, um das Strukturhören möglichst anschaulich darstellen zu können. Dabei muss man allerdings davon ausgehen, dass die Fledermäuse darüber hinaus auch weit komplexere Schall-Interferenzmuster mit ihrem Gehörsinn interpretieren können.

Literatur

- DIETZ, C., VON HELVERSEN, O. & NILL, D. (2016): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas; 2. Auflage. Franckh-Kosmos, Stuttgart
- NEUWEILER, G. (2000): The Biology of Bats. Oxford University Press, New York - Oxford
- RUNKEL, V., GERDING, G. & MARCKMANN, U. (2018): Handbuch: Praxis der akustischen Fledermauserfassung. tredition, Hamburg
- SKIBA, R. (2014): Europäische Fledermäuse. Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 648; 2. Auflage. VerlagsKG Wolf, Magdeburg