

Das Echoortungssystem der Fledermäuse



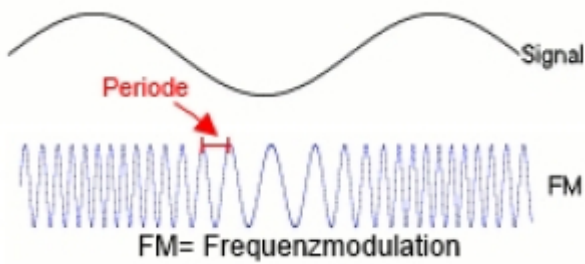
Fledermaus bei Nacht [NPS](#) Public Domain, 12.12.2013

Fledermäuse sind Säugetiere, die nahezu auf der ganzen Welt verbreitet sind. Sie sind sehr unterschiedlich groß. Es gibt Arten die sehr klein sind, wie z.B. die Hummelfledermaus (das kleinste bisher bekannte Säugetier) mit einer Spannweite von 12cm, einem Gewicht von 2g und einer Länge von 3cm. Andere hingegen (wie der Riesenflughund) haben eine Spannweite von 170cm, ein Gewicht von 1,5 kg und eine Körperlänge von 50cm. Sie haben ein seidiges, dichtes Fell ohne Haarstrich, welches meist grau bis braun oder auch schwärzlich gefärbt ist. Die Tiere ernähren sich meist von Insekten, größere Arten auch von Nagetieren, kleineren Zugvögelarten, Fischen oder Fröschen. Es gibt natürlich auch ein paar besondere Feinschmecker, welche z.B. in den Tropen ganz und gar vegetarisch leben, oder sich (wie die Vampirfledermäuse) vom Blut anderer Tiere ernähren, diese sind jedoch eher selten. Ihre natürlichen Feinde sind vor allem Raubtiere, wie Katzen, oder auch Greifvögel und Eulen.

Da Fledermäuse nachaktiv sind, müssen sie sich auch in völliger Dunkelheit orientieren können. Sie müssen Hindernissen ausweichen und Beute aufspüren können. Zudem schlafen sie tagsüber in Höhlen. Bei Nacht, wenn sie aufwachen, ist es dort noch dunkler als im Freien, da es dort keinerlei Lichtquellen gibt.

Die Fledermäuse haben deswegen ein Echoortungssystem entwickelt. Sie senden hohe Töne, die für das menschliche Ohr nicht hörbar sind, aus. Gegenstände und Lebewesen werfen diese Töne als Echo zurück, dadurch wissen die Fledermäuse z.B. wo ihre nächste Beute ist.

Welche Arten des Rufs gibt es?



Schallwelle (bearbeitet), [Bersekerus](#) , 05.01.2014

Die Fledermäuse senden eine Serie von 5 oder mehr verschiedenen Überschalltönen aus. Diese Töne dauern zwischen etwas weniger als eine Sekunde bis zu einem Hundertstel einer Sekunde und haben eine Frequenz von 9kHz bis 200kHz (Hz= Hertz, die Einheit der Frequenz). Zum Vergleich: Erwachsene Menschen können Tonhöhen zwischen 16Hz und 18kHz wahrnehmen. Je höher die Frequenz der einzelnen Töne ist, desto kürzer sind die Wellenlängen. Dadurch können sie ihre Umwelt genauer wahrnehmen.

Der Ruf der Tiere ist frequenzmoduliert und passt sich ihrer Situation an: Wenn sie sich in freiem Gelände befinden (Wiesen/Felder), dann werden ihre Rufe länger und lauter. Sobald sie sich aber verschiedenen Hindernissen nähern (Bäume/Häuser) oder ein Insekt fangen wollen, so werden die Rufe kürzer und leiser.

Die Frequenzmodulation meint, dass sich die Frequenz, welche die Wellenlänge (Periode) angibt, ändert. Das heißt, durch eine Frequenzmodulation, werden die Wellenlängen entweder kürzer oder länger. Werden die Wellenlängen kürzer, kann die Fledermaus sozusagen schärfer 'sehen', jedoch sieht sie dann eine kleinere Fläche. Dies ist nützlich bei der Jagd, da sie dann ein Beutetier besser fokussieren kann. Befindet sich die Fledermaus allerdings auf einer freien Fläche, welche sie nur überfliegen will, ist es nicht so wichtig diese scharf zu sehen, jedoch muss sie wissen wo sie aufhört. Sie sendet deswegen längere Wellen aus um somit die Größe der freien Fläche zu bestimmen.

Wie wird der Ruf erzeugt?

Der Ton, den die Fledermäuse aussenden, wird im Kehlkopf erzeugt. Dabei wird Luft zwischen zwei Membranen hindurchgedrückt (wie bei anderen Säugetieren) und so zum Schwingen gebracht. Durch das Anspannen der Muskeln, welche die Membranen halten, werden unterschiedliche Tonhöhen erzeugt. Im Kehl- und Rachenraum der Tiere werden die Töne zusätzlich verstärkt und gefiltert. Je nach Fledermaus sind entweder die Ohren oder die Nase angepasst (zur besseren Aufnahme oder zur besseren Verstärkung). Im Grunde genommen ist dies das gleiche Prinzip wie beim Menschen.

Wie wird das Echo empfangen und verarbeitet?

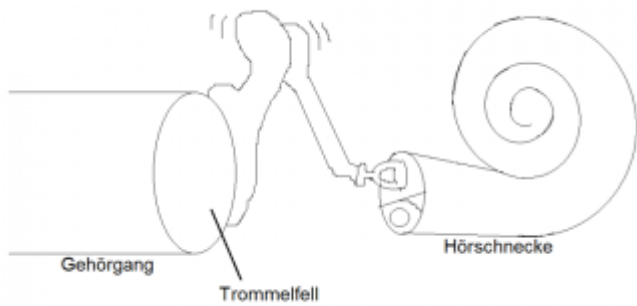


Abb.1 Die Hörschnecke des Menschen, eigenes Bild

Die Fledermäuse haben kleine trichterförmige Ohren, welche sie nach belieben neigen und drehen können um Schallquellen genauer orten zu können. Dabei sind beide Ohren unabhängig voneinander. Die Hörschnecke des Ohrs hat sehr viele Windungen, um die Frequenzen besser analysieren zu können. Bei der Hufeisenfledermaus ist die Hörschnecke sogar so klein und genau, dass sie Schall in dem Frequenzbereich, indem die sie ruft, sehr genau wahrnehmen kann.

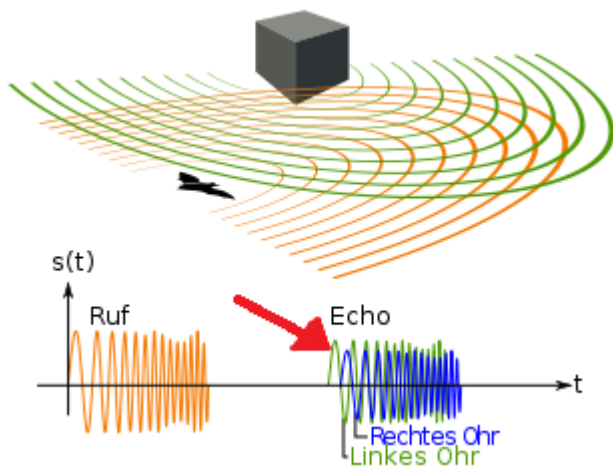


Abb.2 Das Echoortungssystem anschaulich dargestellt [Martin-rnr](#) Public Domain, 19.12.2013, bearbeitet (Pfeil)

Das ist vergleichbar mit dem gelben Fleck des menschlichen Auges, da der Mensch an dieser Stelle des Auges sehr viele Sehzellen hat und dadurch schärfer sehen kann als an anderen Stellen. Die Hörschnecke der Fledermaus hat mehr Windungen, was den Sehzellen des menschlichen Auges entspricht, weswegen Fledermäuse ebenfalls sozusagen besser 'sehen', bzw. hören können an dieser Stelle. Nachdem ein Echo das Ohr erreicht hat, wird es zum Gehirn weitergeleitet. Dort wird es nach Tonhöhe sortiert und analysiert.

Dabei gehen die Fledermäuse folgendermaßen vor: Je länger ein Ton braucht, um zurückzukommen, desto weiter ist der Reflektor (Gegenstand, der ein Echo zurückwirft) entfernt. Wenn ein Ton schon nach 0,001 Sekunden seinen Weg zurückgefunden hat, dann ist der Reflektor 17 Zentimeter entfernt. Er hat, durch den Hin- und Rückweg, insgesamt 34 Zentimeter zurückgelegt. Außerdem spielt die Temperatur eine Rolle, denn ein Ton ist eine Verschiebung von Luftteilchen, welche durch die Lufttemperatur verändert werden kann. Deshalb haben Fledermäuse ein äußerst feines Temperaturempfinden.

Die Erkennung des Objekts beruht demnach auf Lautstärke des einzelnen Tones und den zeitlichen Verlauf der eingegangenen Töne.

Richtungsbestimmung

Kommt das gleiche Echo im rechten Ohr später als im linken Ohr an (siehe Abb.2), weiß die Fledermaus dass sich das Objekt links von ihr befindet. Kommt es später im linken Ohr als im rechten Ohr an, ist das Objekt rechts. Woher sie wissen ob es von oben oder unten kommt ist bisher noch nicht eindeutig geklärt.

Genauigkeit

Mit ihrem Ausgefeilten Echoortungssystem können Fledermäuse kleinste Gegenstände erkennen. Die Zwergfledermaus etwa kann Drähte mit einem Durchmesser von 0,28 Millimeter erkennen und Taufiegen von 3 Millimeter länge jagen. Zudem können alle dieser Tiere Ziele unterscheiden, die nur 10 Millimeter auseinander liegen. Eine Mittelmeer-Hufeisennase findet gar ihren Weg durch 0,05 Millimeter dicke Drähte. Und dank ihres guten Gehörs können die Tiere die Oberflächenstruktur und sogar das Material des Reflektors erkennen.

Dabei ist es erstaunlich, dass sie ihre Umgebung durch die Echoortung genauer wahrnehmen können, als Menschen mit dem Auge.

Wie schützen sich Nachtfalter vor der Echoortung durch Fledermäuse?

Einige Nachtfalter (z.B. Schmetterlinge), haben ein einfaches Ohr auf ihrem Thorax (altgriechisch für Brustkorb), mit dem sie die Echoortungstöne wahrnehmen können. So werden sie rechtzeitig gewarnt und können ausweichen. Andere Nachtfalter imitieren die Rufe der Fledermäuse, indem sie hochfrequente Klicklaute erzeugen, dadurch wird das Echoortungssystem beeinträchtigt.

Wie wurde das Echoortungssystem erforscht?





Fledermaus in einer Höhle [Keith Pomakis](#) , 30.12.2013

Früher hat man geglaubt, dass Fledermäuse (wie andere nachtaktive Tiere) besonders gute Augen hätten, um sich in der Dunkelheit zurechtzufinden. Da die Fledermäuse jedoch in Höhlen leben, wo es nochmals dunkler ist als normalerweise bei Nacht, vermutete man, dass die Tiere noch einen anderen, spezielleren Weg gefunden hätten, sich zu orientieren.

Als man nun Versuche mit Fledermäusen durchführte, indem man sie in dunklen Räumen mit verbundenen Augen oder Ohren fliegen ließ, konnten sich Fledermäuse mit verbundenen Augen ausgezeichnet zurechtfinden, während andere mit verbundenen Ohren völlig ohne Orientierung waren.

Später gab es Vermutungen, dass Fledermäuse mit ihren Flügeln niederfrequente Töne erzeugten. Erst kurz vor dem 2. Weltkrieg, als George W. Pierce den Schalldetektor erfand, wurde die Wahrheit über das Echoortungssystem herausgefunden.

Quellen

- *Die Enzyklopädie der Tiere*. Karl Müller, Köln, 2003, S.106-107
- *Die grosse Bild-Enzyklopädie mit über 2000 Arten* Dorling Kindersley, München, 2001, S.108-109
- Amplituden- und Frequenzmodulation, [Cosmiq](#) , 05.01.2014
- Fledermausfragen, [Fledermaus FAQ](#) , 01.01.2014
- Was sagt die Hertz-Zahl aus?, [Was ist Was-Technik](#) , 01.01.2014
- Frequenzmodulation, [Wikipedia](#) , 05.01.2014
- Fledermäuse, [Wikipedia](#) , 19.12.2013