

# Akustische Innovation am dunklen Himmel

Die Fledermaus nutzt seit Jahrmillionen eine Schallortungstechnik, die der Mensch erst vor hundert Jahren erfunden hat. Der Mensch erschafft Innovationen dank Intuition, beharrlichem Tüfteln und zuweilen auch Entdeckerglück innert Monaten und Jahren. Das Tierreich hingegen benötigt Jahrmillionen für neuartige biologische Lösungen im Laufe der Evolution.



1 Die Flügel der Fledermaus sind im Laufe der Evolution aus den Händen entstanden.

Die Entwicklung eines erdgebundenen Säugetiers zum fliegenden Nachtjäger – der Fledermaus – ist bewundernswürdig. Nachdem die frühen und meist nur kleinen Säugetiere nach dem Aussterben der Dinosaurier vor 65 Millionen Jahren endlich mehr Platz zum Leben fanden, konkurrenzierte sich die nun rasch wachsende Säugetierwelt selber im terrestrischen Überlebenskampf.

## Der Luftraum als neuer Lebensraum

Durch den Umbau der Hand zu einem flügelartigen Gebilde mit langen Fingern als Gerüst und einer dünnen Hautbespannung (Abb. 1) gelang vor 50 Millionen Jahren einem Teil der Säuger der aktive Flug: den Fledermäusen. Damit konnten sie die mittlerweile ebenfalls dank Hautflügeln himmelwärts entwichenen Insektenarten wieder jagen. Im Luftraum aber jagten auch die Vögel, welche mit ihren fein justierbaren Flügeln den flatternden Säugern überlegen waren. Als konkurrenzlose Nische am Himmel blieb den Fledermäusen die Nacht.

Das Fliegen in dunkler Landschaft und erst recht ein Haschen nach Insekten im lichtlosen Raum verlangte aber eine völlig neue Technik der Objekterkennung. Was sich die Fledermäuse dazu hatten einfallen lassen, blieb lange Zeit ein Rätsel. Zwar wussten die Forscher schon um das Jahr 1800, dass Fledermäuse irgendwie mit den Ohren „sehen“ können.

## Erfinder der Sonartechnik

Aber erst der englische Physiologe Hamilton Hartridge hatte 1920 die richtige Idee. Er vermutete, dass die Fledermäuse seit Jahrmillionen benutzten, was die Royal Navy soeben erfunden hatte: Sonar (Sound Navigation and Ranging). Dabei stossen die Tiere hochfrequente Schallsignale aus und orientieren sich an den Echos (Abb. 2). Aus der Zeitdifferenz zwischen Signal und Echo kann das Gehirn der Fledermaus die Distanz zum Hindernis berechnen. 1938 gelang dem amerikanischen Zoologieprofessor Donald Griffin mit Ultraschallmikrofonen endlich der Nachweis dieser Echoortung.

Die Fledermäuse erzeugen die Ortungslaute im Kehlkopf und stossen sie durch Nase oder Mund aus. Um den Schall optimal auf das Ziel zu fokussieren, sind Nase und Mund zu bizarren Megafonen geformt, was den Tierchen ein groteskes bis dämonisches Antlitz verleiht. Die achthundert Fledermausarten haben, je nach Lebensraum und Jagdtaktik, eine Vielzahl akustischer Varianten entwickelt. Die Frequenzen reichen von 160 kHz bis hinunter zu 15 kHz (15 000 Schwingungen pro Sekunde). Da eine Schallfrequenz von beispielsweise 80 kHz einer Schallwelle von 4 mm Länge entspricht, sind per Ultraschall selbst kleine Insekten noch zu „sehen“.

### Bessere Ortung dank schnellerer Signalfolge

Beim Flug im freien Gelände sendet die Fledermaus etwa ein Dutzend Ultraschallsignale pro Sekunde. Empfängt das Tier ein Echo, erhöht es rasch die Lautfolge, denn je mehr Echos pro Zeiteinheit, desto besser die Informationslage. Nahe am Objekt rattert das Biosonar der Kleinen Braunen Fledermaus mit 200 Signalen pro Sekunde. Auch die Stärke der Ortungslaute variiert enorm.

Ultraschall hat den Nachteil, dass er von der Luft stark gedämpft wird. Will also eine Fledermaus ein Objekt Dutzende von Metern voraus erkennen, muss sie ziemlich brüllen. So erzeugt eine Hufeisennase, die kleine Insekten im freien Luftraum jagt, Laute, deren Schalldruck vor dem Mund 120 Dezibel übersteigt. Auf den menschlichen Hörbereich übertragen, ist das der Lärm eines Presslufthammers. Arten jedoch, die im dichten Blätterwald auf kurze Distanz jagen, genügt ein Flüstern.

Das Biosonar erbringt phänomenale Leistungen. So können Fledermäuse noch Distanzunterschiede von einem Zentimeter wahrnehmen, was einer akustischen Laufzeit von 0,06 Millisekunden entspricht. Noch viel genauer orten sie winzige Objekte. Spannt man in einem Raum Nylonfäden und lässt Grosshufeisennasen fliegen, weichen sie selbst diesen 0,08 mm dünnen Fäden problemlos aus.

### Abwehrstrategien von Nachtfaltern

Im Laufe der Evolution haben viele Nachtfalter allerdings defensive „Fledermaus-Warngeräte“ entwickelt – Hörorgane, mit denen sie den Ultraschallverkehr im häufigsten Sendebereich zwischen 15 und 40 kHz abhören können. In diesem Rüstungswettlauf reagierten etwa Schnurrbartfledermäuse, indem sie neben einem



2 Grosse Ohren als Schallempfänger.

leisen Grundton zur Ortung simultan sehr laute Obertöne sendeten. Damit kommen sie unbemerkt viel näher an die Beute heran. Die Nachtfalter haben sich indes eine weitere Abwehrstrategie zugelegt: Ihre Körperbehaarung ist extrem flauschig und somit schallschluckend; ein brauchbares Echo kommt erst auf kurze Distanz zustande.

Die Fledermaus weiss auch den Dopplereffekt zu nutzen: Nähert sich ein Beutetier dem Schallempfänger der Fledermaus, erhöht sich die Frequenz des Echos und umgekehrt, was der Fledermaus wertvolle Auskunft über die Flugbahn der Beute gibt. Die Hufeisennase treibt das Spiel mit dem Dopplereffekt auf die Spitze: Sie hört auf den Wellen des Echosignals auch noch das Rippeln der durch den Flügelschlag der Beute verursachten Frequenzschwankungen. So kann es ihr nicht passieren, dass sie ein vom Wind bewegtes Blatt für einen leckeren Nachtfalter hält. Gewisse Nachtfalter allerdings unterlaufen wiederum das Biosonar. Sobald sie die angreifende Fledermaus bemerken, falten sie die Flügel und taumeln zu Boden. Eine lebensrettende Strategie, denn das Fledermaushirn erkennt die Beute nur, wenn diese im rhythmischen Nachtfaltertakt flattert.

Autor: Herbert Cerutti  
[sulzertechnicalreview@sulzer.com](mailto:sulzertechnicalreview@sulzer.com)