Zeitschrift: Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Thurgauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 54 (1997)

Artikel: Fledermäuse im Thurgau
Autor: Burkhard, Wolf-Dieter
Kapitel: 4: Echoabbildung
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-593982

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wer riskante Flugakrobatik betreibt, muss Vorkehrungen treffen, dass er nicht abstürzt. So darf die laminare Luftströmung unmittelbar über dem Flügel nicht durch einen zu steilen Anstellwinkel oder durch Turbulenzen zum Abreissen gebracht werden. Der Absturz wäre die Folge. Steile Anstellwinkel lassen sich aber bei den waghalsigen Flugmanövern der Fledermäuse nicht vermeiden.

Techniker haben herausgefunden, dass eine Veränderung des Flügelprofils, eine deutlichere Wölbung an der Vorderkante («Nasenklappe»), ein Aufrauhen der Flügeloberfläche und der Einbau kleiner Strömungshindernisse die Gefahr vermindern, dass der Luftstrom abreisst und dass diese Massnahmen grobe Turbulenzen verhindern.

Genau diese Vorkehrungen haben die Fledermäuse schon längst getroffen, um trotz ihrer abrupten Flugbahnänderungen sicher in der Luft zu bleiben: Mittels spezieller Muskeln und elastischer Bänder in den Flugflächen können sie das Flügelprofil blitzschnell variieren, wobei hier vor allem die fünften Finger und die Beine wichtige Rollen spielen. Die verstärkte Wölbung an der Vorderkante («Nasenklappe») wird durch Sehnen im Vorflügel gewährleistet. Die dünnen Stege der Unterarm- und Fingerknochen sowie eine feine Behaarung an den exponierten Stellen der Flughaut bilden die notwendigen kleinen Strömungshindernisse, welche über dem Flügel eine hauchdünne Turbulenzschicht erzeugen, die ihrerseits gröbere, zum Absturz führende Turbulenzen verhindert (NEUWEILER, 1993; PFLUMM, 1985).

Die schnellsten einheimischen Arten, zu denen der Grosse Abendsegler *(Nyctalus noctula)* gehört, erreichen Geschwindigkeiten von über 50 Kilometern in der Stunde, Langsamflieger wie die Kleine Hufeisennase *(Rhinolophus hipposideros)* legen durchschnittlich etwa 8 Kilometer in der Stunde zurück (GEBHARD, 1991).

4 ECHOABBILDUNG

(nach GEBHARD, 1991; RICHARZ & LIMBRUNNER, 1992; NEUWEILER, 1993)

4.1 «Kann man mit den Ohren sehen?»

Mit dieser fast verzweifelten Fragestellung beendete der experimentierfreudige Mathematiker und Naturforscher Lazzaro Spallanzani (1729–1799), Bischof von Padua, die Tagebucheinträge zu seinen Versuchen mit Fledermäusen. Er war gleichermassen entzückt, erstaunt und irritiert: «...so können also geblendete Fledermäuse die Ohren benutzen, wenn sie nachts Insekten fangen, ...diese Entdeckung ist unglaublich.» Da er selber nichts vernahm, die Tiere sich für Spallanzanis Ohren lautlos, aber geschickt durch die Finsternis bewegten, blieb ihm verborgen, wie die Fledermäuse an seinen mit Glöckchen behängten Drähten vorbeinavigierten, ohne sie zu touchieren. Die Eulen, die er für seine Experimente ebenfalls in die bischöfliche Studierstube geholt hatte, weigerten sich zu fliegen, wenn Spallanzani alle Kerzen im Raum gelöscht hatte. Zum Losfliegen gezwungen, prallten sie bald gegen ein Hindernis. Nicht so die Fledermäuse: Die kleinen Säuger manövrierten auf geheimnisvolle Weise keck und sicher durch die völlige Dunkelheit. Die von der Decke herabhängenden

Drähte mit ihren Glöckchen klingelten auch dann nicht, wenn den Versuchstieren das Augenlicht durch Ausbrennen mit glühenden Stricknadeln genommen worden war. Nachdem den Fledermäusen undurchsichtige Kappen übergestülpt worden waren, versagten sie. Der Genfer Arzt Louis Jurine, der von Spallanzanis Versuchen gehört hatte, ging einen Schritt weiter: Er verstopfte geblendeten Tieren mit Wachspfropfen zusätzlich die Ohren, worauf sie hilflos und desorientiert reagierten. Spallanzani führte die Versuche fort und klebte den Fledermäusen Messingröhrchen in die Ohrgänge, die er verschliessen und wieder öffnen konnte. Liess er die Tiere mit verstopften Röhrchen fliegen, waren die Tiere irritiert, und jetzt ertönten auch die Glöckchen an den Hindernissen. Die gleichen Fledermäuse gewannen ihre Sicherheit im Orientieren wieder zurück, wenn die Messingröhrchen wieder geöffnet oder entfernt wurden. In einem Freilandexperiment fing Spallanzani eine Anzahl Fledermäuse aus einer Höhle ab und raubte einigen von ihnen das Augenlicht. Alle Tiere wurden markiert und wieder freigelassen. Als sie nach einigen Tagen wieder eingefangen und ihre Mageninhalte untersucht wurden, stellte sich heraus, dass auch die blinden Fledermäuse erfolgreich gejagt hatten. «Kann man mit den Ohren sehen?» notierte zweifelnd Spallanzani kurz vor seinem Tode. Seine Aufzeichnungen wurden bald nicht mehr beachtet, denn der vielgerühmte französische Naturforscher Georges Cuvier stellte kurzerhand fest, dass sowohl Spallanzani als auch Jurine sich geirrt hätten: Die Orientierung erfolge über einen äusserst feinen Berührungssinn auf der Körperoberfläche und den Flughäuten.

Bis das Geheimnis gelüftet werden konnte, verstrichen fast hundertfünfzig Jahre, denn noch fehlte die Technik, mit deren Hilfe der Mensch forschend in Bereiche vorstossen konnte, die seinen natürlichen Sinnen verschlossen sind. Bereits 1920 hatte der englische Neurophysiologe Hartridge vermutet, dass die Fledermäuse hochfrequente Schallsignale, die für den Menschen nicht wahrnehmbar sind, ausstossen und sich an deren Echos orientieren. Doch erst die Amerikaner Donald Griffin und Pierce kamen den entscheidenden Schritt weiter: Die scheinbar stummen Fledermäuse verwandelten sich vor dem ersten Ultraschallmikrophon der Welt in eine Schar lärmender Tiere. Offenbar sendeten sie durch das Maul Ultraschallaute aus, deren Frequenzen über der Hörgrenze der Menschen liegen. 1943 stellte der Zoologe Dijkgraaf fest, dass er einen Teil der Ticklaute von Wimperfledermäusen dank seines überdurchschnittlichen Hörvermögens wahrnehmen konnte. Als er die Tiere mit einem Maulkorb daran hinderte, solche Laute auszustossen, waren sie genauso hilflos wie Spallanzanis Versuchsfledermäuse mit ihren verstopften Ohren. Nun war das Rätsel gelöst: Fledermäuse senden hochfrequente Ortungslaute durch ihren Mund oder durch die Nasenlöcher aus und orientieren sich, indem sie die Echos auswerten.

Inzwischen dringt man mit immer ausgeklügelteren Apparaten und Methoden langsam in ein Reich der Töne ein, in eine faszinierende und immer staunenerregendere Welt der Wahrnehmung durch Echoabbildung, welche die Fledermäuse fast exklusiv für sich erschlossen haben, denn ausser ihnen orientieren sich nur noch Zahnwale sowie einige wenige Vögel auf diese Weise.

4.2 Zum Begriff Echoabbildung

Um die Fähigkeit der Fledermäuse, ihre Umgebung und ihre Beutetiere

über Schallwellen wahrzunehmen, zu benennen, sind verschiedene Begriffe gebräuchlich. Eingebürgert ist der aus dem Englischen stammende Terminus «Echolocation» und seine Uebersetzung ins Deutsche «Echoortung», ferner liest man von «Echolot», «Ultraschallpeilung» und «Echo-Orientierung».
All diese Begriffe werden dem Phänomen nicht genügend gerecht, denn die Fledermäuse benützen ihre Ultraschallrufe und deren Echo nicht nur zur Distanzmessung und zur räumlichen Orientierung, sondern erfahren durch die Auswertung des zurückkehrenden Schalls viel mehr: Sie unterscheiden Oberflächenstrukturen, Grössen und Formen, erkennen Art und Bewegung von Beutetieren, messen Geschwindigkeiten, prüfen Materialien und verständigen sich mit Artgenossen. Es ist daher besser, von «Echoabbildung» zu sprechen und damit auszudrücken, dass die Fledermäuse durch Schall ein sehr differenziertes «Hörbild» ihrer Um- und Mitwelt gewinnen.

Das Echoabbildungssystem besteht aus einem Sender, der die Laute erzeugt, einem Empfänger, der den reflektierten Schall aufnimmt, und einem nachgeschalteten System, das die aufgefangenen Echos auswertet. Durch die perfekte Abstimmung dieser drei Komponenten – Kehlkopf/Ohr/Gehirn – haben die Fledermäuse sich vom Sonnenlicht als umweltabbildendem Medium unabhängig gemacht (NEUWEILER, 1993). Sie eroberten so eine ökologische Nische für sich, in der sie sozusagen «unter sich» sind: Als flugfähige Insektenjäger schalteten sie mit ihrem Echoabbildungssystem die Konkurrenz der Vögel aus, welche den Luftraum tagsüber nutzen müssen.

Die Fledermäuse erzeugen die Laute wie andere Säuger und wie wir Menschen mit dem Kehlkopf. Die benötigte Energie wird aus dem Ausatmungsstrom gewonnen, stammt also von der Atemmuskulatur. Sekundenbruchteile, bevor ein Laut entsteht, wird die Stimmritze geschlossen und damit der Ausatmungsstrom blockiert. Ein Ueberdruck entsteht, der bei der Lauterzeugung kontrolliert abgebaut wird. Er ist bei den Fledermäusen sehr hoch, was gewährleistet wird durch überaus dicht schliessende Stimmlippen und ungewöhnlich grosse, dehnbare Membranwände zwischen Schild- und Ringknorpel. Der Druck wird während der ganzen Lauterzeugungsphase hoch gehalten, was eine rasche Folge lautstark bleibender Rufe während einer einzigen Ausatmungsphase ermöglicht. Die Schalldrücke, welche die Fledermäuse erzeugen, sind enorm: Sie erreichen 100 Dezibel und mehr und kosten sehr viel Energie. Um damit haushälterisch umzugehen, sind im Flug die Ausatmung und der Flügelschlag aufeinander abgestimmt: Am Ende des Aufschlags der Flügel, wenn die grösste Muskelkraft entwickelt wird, entweicht die Luft aus der Lunge, und jetzt sendet die Fledermaus auch ihre Ortungslaute aus (NEUWEILER, 1993). Noch unklar ist, wie die hochfrequenten Laute entstehen. Beim Rufen öffnet sich die Stimmritze zu einem sehr schmalen Schlitz, durch den die Atemluft mit hoher Geschwindigkeit – bis zu 100 m/s – entweicht. Der abgestrahlte Laut besteht nicht nur aus einem einzigen Ton, einer einzigen Schwingungsfrequenz, sondern enthält zusätzlich mehrere ganzzahlige Vielfache, sogenannte Harmonische der Grundfrequenz. Welche dieser Grund- und Obertöne stärker oder schwächer gesendet werden, hängt vom inneren Bau des Rachen-, Mund- und Nasenraums des jeweiligen Tieres ab.

Die Hufeisennasen stossen ihre konstantfrequenten Ultraschallaute durch die Nasenlöcher aus. Der auf ihrer Nase sitzende halbkreisförmige Hautlappen und die spitz zulaufende Lanzette darüber wirken dabei wie ein Richtstrahler, der den Schall bündelt und lenkt. Der Abstand der beiden Nasenlöcher voneinander entspricht der halben Wellenlänge der Hauptfrequenz, was eine weitere Verstärkung des Schalls nach vorne zur Folge hat. Die Glattnasen rufen durch den geöffneten Mund. Eine Ausnahme bilden die ebenfalls zu den Glattnasen gehörenden Langohren, welche die Signale bei geschlossenem Mund auch durch die Nasenlöcher ausstossen können (SCHOBER und GRIMMBERGER, 1987).

Empfänger der reflektierten Impulse sind die Ohren. Die Schallwellen werden durch die ausserhalb des Schädels sitzenden Ohrmuscheln aufgefangen und durch den Gehörgang zum Trommelfell geführt, welches die Schwingungen an das Mittelohr weitergibt. Kompliziert gebaute Knöchelchen übertragen diese an das Innenohr, ein mikromechanisches Wunderwerk, das die Bewegungen in Sinneserregungen umwandelt und Schallfrequenzen auf Zehntelprozent genau auflöst.

Auffällig ist, wenn man die einheimischen Fledermäuse miteinander vergleicht, die von Art zu Art erheblich variierende Grösse und Form der Ohrmuscheln. Sie können, da sie oft ein typisches Aussehen haben, zur Artbestimmung herangezogen werden. Vermutlich haben die unterschiedlichen Ohrformen stark voneinander abweichende akustische Eigenschaften. Anzunehmen wäre, dass alle Fledermäuse als eigentliche «Gehörtiere» übergrosse Ohrmuscheln besässen; dies trifft aber nur auf eine geringe Anzahl von Arten zu. Manche sind recht kleinohrig.

Die Ohrmuscheln verstärken die Schallimpulse, welche sie an die Innenohren weiterleiten. Bei den bei uns heimischen Fledermausarten sind sie hauptsächlich nach vorn und nach oben gerichtet und ermöglichen so ein präzises Hören in der vertikalen Achse. Der bei allen unseren Glattnasen mehr oder weniger auffällige Ohrdeckel, Tragus genannt, scheint diese Differenzierung in der Vertikalen noch zu unterstützen. Die Hufeisennasen besitzen keinen äusserlich auffallenden Tragus, hingegen unten auf dem Innenrand des Ohres einen sogenannten Antitragus (AELLEN, 1995). Sie sind im Gegensatz zu den Glattnasen in der Lage, die beiden Ohrmuscheln unabhängig voneinander zu verstellen, und machen davon auch ausgiebig Gebrauch. Ohrmuscheln finden sich im Tierreich ausschliesslich bei Säugern, was die grosse Bedeutung dieses Sinnes für die meisten Vertreter dieser Tierklasse unterstreicht.

Kleinohrige Fledermausarten orten ihre Beutetiere hauptsächlich mittels aktiver Detektion, das heisst durch das Aussenden von Schallwellen und die anschliessende Auswertung des Echos. Da die ausgesendeten Rufe und die Echos hochfrequent sind, also kurze Wellenlängen von nur wenigen Millimetern haben, genügen kleine Ohrmuscheln. Bei grossohrigen Arten ist die verstärkende Wirkung der Ohrmuscheln unterhalb des für die Echoortung geeigneten Frequenzbereichs, das heisst für tiefere Töne, am leistungsfähigsten. Diese Arten lauschen vor allem auf die Krabbel-, Flug- und Fressgeräusche der Beutetiere und lesen diese oft vom Untergrund ab. Sie betreiben neben der aktiven also auch intensiv passive Detektion. Mit anderen Worten: Sie finden ihre Beute einerseits durch die Echoabbildung, andererseits durch blosses Lauschen. Zu ihnen gehören zum Bei-

spiel die Langohren, die Bechstein- und die Fransenfledermaus sowie die beiden Mausohrarten.

Die ins Innenohr eingehenden Signale werden durch äusserst differenzierte Vorgänge nicht nur in bezug auf die Schallenergie, den zeitlichen Verlauf und die Hauptfrequenz, sondern auch auf die Frequenzzusammensetzung und die Frequenzverschiebungen analysiert. So erlangen die Fledermäuse innert Bruchteilen von Sekunden Informationen über den vor ihnen liegenden Raum mit seinen Hindernissen, über die sich in diesem Raum bewegenden Beutetiere, deren Grösse, Art, Fluggeschwindigkeit und Bewegungsrichtung und anderes mehr. Im Gegensatz zu den der Kommunikation dienenden Lauten sind die Ortungslaute kurz: Es sind Rufe oder «Pulse» von nur wenigen Millisekunden Dauer.

Das am häufigsten verwendete Signal ist der frequenzmodulierte, abwärts verlaufende Ruf, der auf einer meist sehr hohen Frequenz beginnt und rasch zu wesentlich niedrigeren abfällt. Hufeisennasen senden nur geringfügig modulierte Suchlaute aus, die deshalb als konstantfrequent bezeichnet werden. Die Ortungslaute sind meist harmonisch strukturiert. Sie enthalten ganzzahlige Vielfache ihrer Grundfrequenz, also zum Beispiel eine 1. Harmonische (= Grundfrequenz) von 25 kHz, darüber eine 2., 3. und 4. Harmonische von 50, 75 und 100 kHz. Die Hauptenergie des ausgestossenen Lautes wird auf der Tonhöhe der 2. oder 3. Harmonischen gesendet und nicht auf der Grundfrequenz (NEUWEILER, 1993). Diese Strategie hilft dabei, die Echos der eigenen Ortungslaute von denjenigen anderer, in der Nähe jagender Artgenossen zu unterscheiden.

Alle Fledermausarten, welche Insekten hoch über den Baumwipfeln oder in grösserem Abstand entlang von Vegetationsstrukturen jagen, verwenden auf der Suche nach Beute relativ schmalbandige oder frequenzkonstante Signale. Sobald sie ein Objekt entdeckt haben, transformieren sie die ausgestossenen Laute in kurze, frequenzmodulierte Signale, welche sich besser zum Bestimmen der Art des Beutetieres und zur präzisen Entfernungsmessung eignen. Die Jagd im freien Luftraum oder in genügender Entfernung von der Vegetation hat den Vorteil, dass Beuteobjekte sofort und gut erkannt werden.

Fledermäuse, die hingegen dicht am Blattwerk, innerhalb der Vegetation oder gar dicht über dem Boden jagen, müssen ein viel komplizierteres Echo analysieren. Es gilt aus den vielen und vielgestaltigen Echos, welche der unregelmässig strukturierte Hintergrund zurückwirft, diejenigen Echotöne herauszuhören, welche von den Beutetieren stammen. Insekten, die sich bewegen oder die auf glatter Oberfläche sitzen, werden rasch erkannt. Schwieriger wird es offenbar für die Fledermäuse, stillsitzende Insekten auf komplizierteren Strukturen zu finden. Es wurde beobachtet, dass Fledermäuse, welche Objekte von Blättern und Wänden ablesen, oft längere Zeit in der Luft rüttelnd vor der Beute verharren und erst dann zustossen, wenn sie sich bewegt. Manche Insekten nützen diese Schwierigkeiten aus und verharren sofort für längere Zeit bewegungslos, sobald sie mit bestimmten Ultraschallfrequenzen angestrahlt werden.

Nicht alle Laute, welche Fledermäuse aussenden, dienen der Orientierung oder dem Beutefang. Hält man sich in einer kopfstarken Wochenstubenkolonie von Grossen Mausohren auf, so vernimmt man als Mensch sehr

wohl ein vielgestaltiges Stimmengewirr. Manche Rufe können als Stimmfühlungslaute zwischen Kind und Mutter gedeutet werden, andere als Abwehrlaute von Tieren, die sich gestört fühlen. Tonaufnahmen zeigen, dass Männchen, die um Weibchen werben, auf ihren Balzflügen und aus ihren Balzquartieren richtige Balzstrophen «singen». Ganz anders tönen ihre Laute, wenn sie Konkurrenten abschrecken oder vertreiben wollen. Fühlen sich Fledermäuse von einem Feind bedroht, so schreien sie oft auf Frequenzen, welche auch von uns Menschen gut gehört werden können.

Auf welch vielfältige Weise Fledermäuse Entfernungen messen, ist noch nicht restlos geklärt. Mit Sicherheit nutzen sie die Zeitdifferenz zwischen dem ausgesendeten und dem zurückkehrenden Signal sowie die Abschwächung des Echos gegenüber dem ausgestossenen Laut. Sie könnten auch aus der akustischen Umfärbung ihres Signals die durchlaufene Distanz ermitteln: Da die hochfrequenten Harmonischen des Lautes stärker abgeschwächt zurückkommen als die niederfrequenten, hört sich der Echolaut anders an als der ursprünglich gesendete.

Durch ihre Form, Struktur und Grösse verändern die Ohrmuscheln die Intensitätsverteilung im Spektrum des Hörreizes je nach der Einfallsrichtung, aus welcher der Schall auftrifft. Damit verändert sich die Klangfarbe, und daraus kann die Raumrichtung einer Schallquelle erkannt werden. Für das Erkennen der Richtung in der Horizontalen dient vor allem die

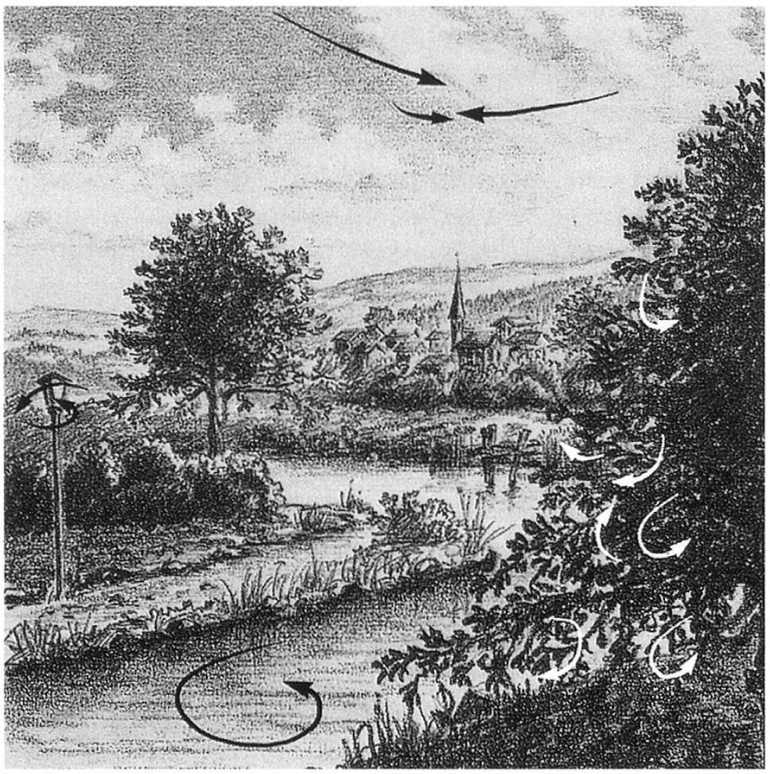

Abbildung 6: Jagdräume verschiedener Fledermausarten. Während die Abendsegler über den Baumkronen mit hoher Geschwindigkeit einherjagen, ziehen die Wasserfledermäuse dicht über dem Wasserspiegel ihre Schleifen; Zwergfledermäuse, Langohren und Bechsteinfledermäuse bewegen sich geschickt innerhalb der Vegetation, Rauhhautfledermäuse patrouillieren ausdauernd entlang von ausgedehnten Strukturen wie Hecken und Waldränder. (Zeichnung SSF – Stiftung zum Schutz unserer Fledermäuse in der Schweiz)

Zeitdifferenz zwischen dem Auftreffen des Reizes im einen und dann im anderen Ohr. Für Fledermäuse spielt nicht nur das Ermitteln der Richtung einer Schallquelle in der Horizontalen eine grosse Rolle, sie müssen auch erfahren, in welcher Höhe sich das angepeilte Objekt befindet. Hierfür scheint der Ohrdeckel, Tragus genannt, eine zusätzliche Hilfe zu bieten.

Aus der ermittelten Entfernung und der Richtung kann die räumliche Position eines Objektes erkannt werden. Was noch fehlt, sind Informationen über die Grösse und die Beschaffenheit desselben. Für die Fledermaus ist es wichtig, zu erkennen, was genau sich vor ihr befindet: ein Hindernis, dem sie ausweichen wird, oder ein Beutetier, dem nachzujagen sich lohnt.

Im Experiment wurde herausgefunden, dass Fledermäuse auf akustischem Weg selbst Beuteinsekten entdecken, die kleiner als 1 Millimeter sind. Drahthindernisse mit einem Durchmesser von 0,1 Millimeter wurden ebenfalls erkannt und umflogen. Derartig winzige Objekte sind viel kleiner als die Wellenlängen, mit denen sie geortet werden: 150 kHz entsprechen einer Wellenlänge von 2,2 Millimetern, 20 kHz entsprechen 16,7 Millimetern (NEUWEILER, 1993). Es ist bislang nicht gelungen, die von den Fledermäusen angewandte Strategie, solch kleine Objekte zu orten, im Experiment nachzuvollziehen.

Das zurückgeworfene Echo orientiert die suchende Fledermaus nicht nur über die Position und die Grösse des Beutetieres: Aus Interferenzen und Echoumfärbungen schliesst sie auch auf die Artzugehörigkeit. Wenig schmackhafte Insekten werden deshalb gar nicht weiter verfolgt, sobald sie erkannt sind. Gewisse Nachtschmetterlingsarten nützen dies aus, indem sie mit Klicklauten, welche sie selber ausstossen, die verfolgenden Fledermäuse auf ihre Ungeniessbarkeit aufmerksam machen. Wahrscheinlich befinden sich unter diesen Schmetterlingen auch solche, welche sich durch akustische Mimikri retten: Sie simulieren durch Ultraschallklicks Ungeniessbarkeit und entgehen so dem Gefressenwerden. Manche Insekten schützen sich dadurch, dass sie Bitterstoffe oder Giftstoffe über ihre Pflanzennahrung aufnehmen und deshalb von den Fledermäusen gemieden werden.

Die Rufe der Fledermäuse, die zur Orientierung im Raum und zur Beutedetektierung ausgestossen werden, unterscheiden sich je nach der Artzugehörigkeit der Tiere oft erheblich voneinander. Die Laute sind angepasst an die Jagdstrategien und die Struktur der Jagdgebiete.

Auf dem normalen Suchflug werden «nur» einige Rufe pro Sekunde ausgesandt, bei der Annäherung an ein Beutetier erhöht sich die Kadenz, was selbst mit einem einfachen Ultraschall-Detektor mitgehört werden kann. Die Auswertung des aufgefangenen Signals muss in unglaublich kurzer Zeit erfolgen: Das Echo eines gut 30 Zentimeter entfernten Objektes ist zwei Millisekunden nach dem Ausstossen des Rufes bereits wieder beim «Sender»! Bei einer Kadenz von bis zu 100 Rufen pro Sekunde in der letzten Phase vor dem Zuschnappen hat das Gehirn ein wahres Gewitter von Informationen in kürzester Zeit zu verarbeiten und beispielsweise als Steuerungsbefehle für ein koordiniertes Flugmanöver an den Bewegungsapparat weiterzuleiten.

Die Fähigkeit, ihre Umgebung akustisch wahrzunehmen und mit Hilfe des Echoabbildungssystems die Nahrung aufzuspüren, hat den Fledermäusen

entscheidende Vorteile gebracht. Zu Tausenden bevölkern sie vom Frühling bis zum Herbst den nächtlichen Luftraum im Thurgau. Sie haben ihn gemäss ihren Jagdstrategien unter sich aufgeteilt und nutzen das reiche Angebot an verschiedensten Insekten. Dass die Orientierung mittels Schall auch ihre Nachteile hat, sei zum Schluss diskutiert:

Für die akustische Abbildung muss Energie eingesetzt werden. NEUWEILER rechnet vor, dass eine Hufeisennase, die von abends 18 Uhr bis morgens um 5 Uhr auf Insektenjagd ist, in diesen 11 Stunden etwa 400'000 Ortungslaute ausstösst. Jeder dieser Laute kostet das Tier etwa 0,07 J an Energie. Es muss also in dieser Nacht für die Echoabbildung rund 2800 J oder 7,8 Wh aufbringen (NEUWEILER, 1993).

Wer sich – wie zum Beispiel die meisten Vögel – vor allem optisch orientiert, verfügt über ein kontinuierliches Abbild seiner Umgebung und ist ständig auf dem Laufenden, wo sich etwas und wie es sich verändert. Bei der Orientierung über die Echoabbildung wird die Umgebung stroboskopisch aufblitzend, in rasch aufeinanderfolgenden Momentaufnahmen wahrgenommen. Der Zeitraum, während dem der umgebende Raum unbeschallt und damit unbetrachtet bleibt, ist grösser als der beschallte. Bei Fledermausarten, die nur kurze Rufe aussenden, mag er 80 bis 90 Prozent ausmachen.
Der Schallstrahl, mit dem die Fledermäuse den vor ihnen liegenden Raum ausleuchten, weist einen engen Öffnungswinkel auf. Demgegenüber ist das Gesichtsfeld eines Vogels oder eines «normalen», erdbewohnenden Säugers viel umfassender. Eine Rundum-Sicht durch Schallabbildung ist nicht möglich, es kann nur immer ein Ausschnitt akustisch abgetastet werden.

Die Reichweite des Echoabbildungssystems ist sehr begrenzt, denn die Schallenergie wird in der Luft rasch absorbiert, zumal die ausgestossenen Töne eine hohe Frequenz aufweisen. Je höher die Töne sind, desto weniger weit reichen sie. Eine erfolgreiche Echoabbildung ist nur auf eine Distanz von wenigen Metern möglich. Wie sich wandernde Fledermausarten mit ihrem auf kurze Entfernungen ausgelegten Echoabbildungssystem über Distanzen von vielen hundert Kilometern zurechtfinden, bleibt vorerst noch ein Rätsel.

Wer sich mittels Optik orientiert, benützt einen sehr kleinwelligen Informationsträger mit entsprechend hoher Auflösung. Akustische Wellen sind gegenüber den optischen sehr viel grösser und damit auch gröber, was ihren Informationsgehalt angeht. Fledermäuse müssen also, um genügend präzise Informationen über kleine Objekte zu erhalten, hohe Frequenzen benützen, verlieren damit aber beträchtlich an Reichweite.

Trotz all dieser Nachteile haben sich die Fledermäuse schon vor Jahrmillionen für die akustische Orientierung «entschieden» und sind damit gut gefahren, wie ihre weite Verbreitung auf unserer Erde, ihr in manchen Regionen massenweises Vorkommen und ihre Artenvielfalt zeigen.

Nachzutragen ist, dass die meisten Flughundarten kein Echoabbildungssystem entwickelt haben. Sie finden ihre Nahrung – meist Früchte – mit Hilfe des Gesichtssinnes sowie über Geruch und Tasten.