© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Schwimmen, Starten vom Wasser und Orientierung einheimischer Fledermäuse

Von A. Kolb

Lehrstuhl für Biologie, Universität Bamberg

Eingang des Ms. 25. 4. 1983

Abstract

Swimming, starting from water and orientation of native bats

When bats are swimming the front part of the body is moved to and fro with each wingstroke between an angle of 15 to 40° to the surface of the water. Only the 2nd, 3rd and the 4th phase of the five phases of the wing motion bring positive effects. Soaring up from the water is for several animals very exhausting, but the less for the small ones; weakened or soaked animals are able to swim, but not to soar up. The swimming speed of *Myotis myotis* is 0.5 m/s at most, of *Myotis bechsteini* 0.3 m/s. The maximal number of wingstrokes with *Myotis myotis* is 8.5/m with *Myotis bechsteini* 16/m.

When swimming the orientation takes place as well visually as acoustically. Supersonic sounds are only emitted between the single wingstrokes. It is noticeable that with *Rhinolophus ferrumequinum* when their eyes are pasted over the number of sounds is increased from 3 to 4, without modification of their length and frequency. With *Plecotus auritus* the number of sounds remains constant, however their length increases from 1 ms to 1.8 ms, while the frequency decreases from 44 of 60 kHz to 36 kHz. The animals are able to perceive the structure of the shore even with pasted over eyes.

Einleitung

Das Schwimmen ist wohl eine Fähigkeit aller Säuger und damit auch der Fledermäuse. Ryberg (1947) hat bereits 15 europäische Arten angeführt, die beim Schwimmen beobachtet wurden. Die Schwimmbewegungen entsprechen jedoch nicht denen von Säugern, die abwechselnd die linke und rechte Vorderextremität nach vorne bewegen, sondern denen des Menschen beim Brustschwimmen, wobei beide Arme gleichzeitig nach vorne bewegt werden. Die jetzigen Untersuchungen sollen hauptsächlich einen Einblick in die Technik und in die Geschwindigkeit des Schwimmens, in den Vorgang des Auffliegens vom Wasser und die Art der Orientierung geben.

Material und Methode

Die Fortsetzung der Versuche zum Problem des Schwimmens (Kolb 1972a, b) erfolgte wiederum z. T. im Freien in einem Teich, z. T. im Labor in einer Zinkwanne (125 × 60 cm). Die Tiere wurden dabei von Hand aus ins Wasser gesetzt, die Flügelschläge gezählt, mit einer Stoppuhr die Zeit festgehalten und die durchschwommene Strecke abgemessen. Dabei wurden Foto- und Filmaufnahmen gemacht sowie Ultraschallaute auf Tonband aufgenommen und in den Hörbereich transponiert. Zur Ausschaltung des Gesichtssinnes bei den Orientierungsversuchen wurden die Augen bisweilen mit einem Spezialkleister verklebt. An Versuchstieren wurden verwendet: *Barbastella barbastellus, Myotis myotis, Myotis bechsteini, Nyctalus noctula, Plecotus auritus, Pipistrellus pipistrellus* sowie *Rhinolophus ferrumequinum.*

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement: 0044-3468/84/4901-0001 $ 02.50/0
Z. Säugetierkunde 49 (1984) 1–6
© 1984 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0044-3468 / InterCode: ZSAEA 7

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Ergebnisse

Schwimmen

Beim Schwimmen machen die Fledermäuse mit den Flügeln Bewegungen, die wohl Ähnlichkeit mit den Flugbewegungen haben, jedoch nur in der Horizontalen ausgeführt werden. Hierbei sinkt die vordere Körperpartie bis zur Flughaut ins Wasser ein, die hintere und das Uropatagium werden meist vom Wasser überspült. In der 1. Phase der Schwimmbewegungen werden beide Flügel gleichzeitig außerhalb des Wassers über die Kopfhöhe hinaus nach vorne geschlagen, wodurch eine halbkreisförmige Figur entsteht, an deren tiefster Stelle der Kopf sitzt. In der 2. Phase schlagen die Flügel bereits auf das Wasser auf, beginnen sich etwas auszustrecken und nach hinten zu bewegen, wobei das Propatagium in das Wasser eintaucht. In der 3. Phase breiten sich die Flügel noch weiter aus und werden kraftvoll nach hinten bewegt. In der 4. Phase beginnt das Mausohr die Flügel anzuziehen und vom Wasser abzuheben. In der 5. Phase werden die Flügel außerhalb des Wassers fast völlig zusammengeklappt und in Körpernähe nach vorne bewegt. Das Uropatagium ist während des Schwimmens, mit Ausnahme der 5. Phase, zwischen den Hinterbeinen gespannt und wird in geradliniger Fortsetzung des Körpers gehalten. In der 3., weniger in der 2. und 4. Phase, erfährt das Tier einen kräftigen Vor- und Auftrieb, während die übrigen Phasen keinen positiven Effekt erzeugen.

Dieser Modus des Schwimmens gilt hauptsächlich für das Mausohr und seine nächstverwandten Arten, doch treten auch gewisse Variationen auf. Sinkt z. B. *Plecotus auritus* verhältnismäßig tief ins Wasser ein, während *Barbastella barbastellus* mit wenig ausgebreiteten Flügeln sehr hastig schwimmt. Alle Arten vermögen zudem die Richtung des Schwimmens rasch zu ändern, wobei sie nur mit einem Flügel schlagen, während der andere mehr oder weniger, je nach dem Grad der Richtungsänderung, untätig bleibt.

Zahl der Flügelschläge und Schwimmgeschwindigkeit

Die Zahl der übrigens bei allen Arten geräuschvollen Flügelschläge wurde bei schwimmenden Tieren von zwei Personen gezählt und die durchschwommene Strecke gemessen. Es wurde Wert darauf gelegt, daß die Länge der Strecke wenigstens einen Meter betrug. Erwartungsgemäß variierte die Zahl der Flügelschläge mit der Größe der Tiere. So betrug ihre Zahl bei *Myotis myotis* 8,5 Schläge pro Meter, bei der bedeutend kleineren *Myotis bechsteini* dagegen 16 Schläge pro Meter.

Zur Feststellung der Schwimmgeschwindigkeit wurden Weg und Zeit gemessen bzw. mit der Stoppuhr festgehalten. Auch hier ergaben sich bei verschieden großen Tieren erhebliche Unterschiede. So durchschwammen *Myotis myotis* ca. 0,5 m/s, *Myotis bechsteini* dagegen nur ca. 0,3 m/s.

Auffliegen vom Wasser

Das Auffliegen vom Wasser ist für eine Fledermaus meist ein anstrengendes Unternehmen. Beim Mausohr waren hierzu bis zu 6 Flügelschläge notwendig, während andere Arten wie *Rhinolophus ferrumequinum* (Abb. 1a–c), *Plecotus auritus, Myotis bechsteini* bereits mit 2–3 Flügelschlägen starten konnten. War das Wasser handwarm, so blieben die Tiere mit ausgestreckten Flügeln nicht selten kurze Zeit auf dem Wasser liegen, tranken und flogen erst dann auf. Mitunter rüttelten sie kurz über dem Wasser, ließen sich nochmal nieder und flogen erneut auf. Tiere mit durchnäßtem Fell, Jungtiere bzw. geschwächte oder ermüdete Tiere konnten zwar schwimmen, aber nicht vom Wasser auffliegen. Aus diesem Grunde mißlang auch so mancher Startversuch.

Beim Auffliegen vom Wasser wurden die Flügel voll entfaltet und senkrecht so kraftvoll in das Wasser geschlagen, daß sie sich unter dem vorderen Bereich des Körpers stark

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

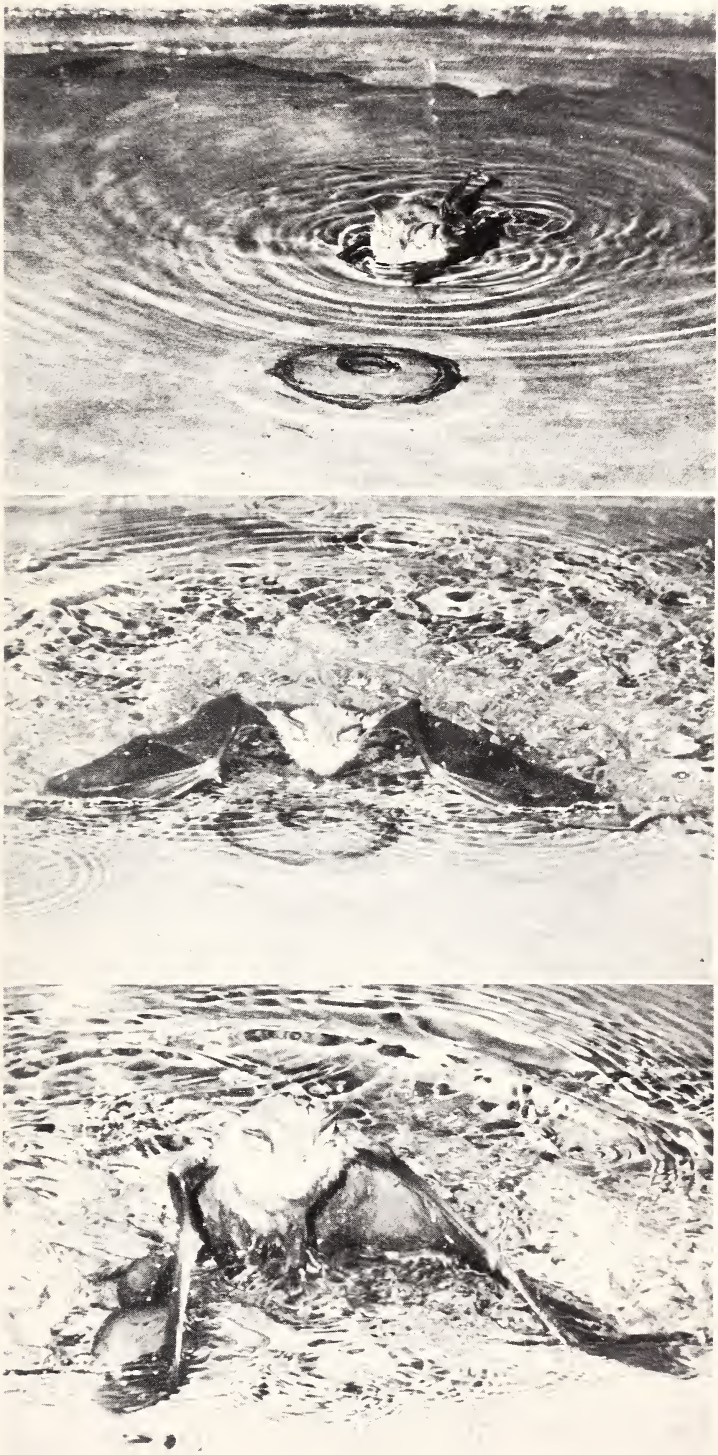

Abb. 1. Aufflugphase von *Rhinolophus ferrumequinum. Von oben nach unten:* ruhig im Wasser sitzend – Flügel über die Kopfhöhe nach vorne geschlagen – Flügel richten vordere Körperpartie auf, ihre Enden sind flossenartig verbreitert

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

näherten und diesen fast senkrecht aufrichteten. Die noch eingetauchten Flügelenden bekamen bei *Rhinolophus ferrumequinum* ein flossenartiges Aussehen (Abb. 1c). Weitere Flügelschläge, die das Tier voll in der Luft weit ausholend ausführte, zogen den hinteren Bereich des Körpers aus dem Wasser, brachten das Tier in eine mehr waagerechte Lage und ermöglichten so den Abflug. Die Schwanzflughaut machte die Bewegungen der Flügel durch Hoch- und Tiefklappen mit. Allerdings verlief der Aufflug je nach Art, Individuum und Situation recht unterschiedlich.

Orientierung

Zahlreiche Versuche ergaben, daß die Tiere beim Schwimmen regelmäßiger als außerhalb des Wassers, also fast bei jedem Flügelschlag, jeweils in der 5. Phase, Ultraschallaute abgaben. Die Laute, die außerhalb des Wassers sehr unregelmäßig waren, konsolidierten sich beim Schwimmen, insbesondere mit verklebten Augen, erheblich (Abb. 2 u. Tab.).

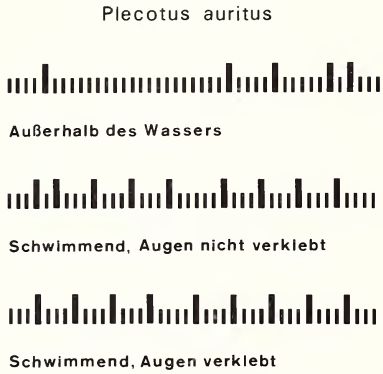

Abb. 2. Schematische Darstellung der sich konsolidierenden Ultraschallaute zwischen den Flügelschlägen. Dünne Striche = Einzellaute, dicke Striche = Flügelschläge

Auch die Länge und die Frequenz der Laute erfuhren meist markante Veränderungen. Die Zahl der Laute pro Flügelschlag betrug außerhalb des Wassers bei *Rhinolophus ferrumequinum* 1–3, bei den Vespertilioniden 1–20. Diese verringerte sich jedoch beim Schwimmen mit freien und verklebten Augen, auch bei letzteren, auf 1–5 Laute.

Daten einzelner Ultraschallaute bei gleichem Sachbezug, jedoch verschiedenen Situationen

	Rhin. ferrumequinum	*Myotis bechsteini*	*Myotis myotis*	*Plecotus auritus*
	A Außerhalb des Wassers			
Zahl der Laute/Flügelschlag	1–3 meist 1	6–20 meist 9	5–20	1–20
Länge eines Lautes	32 ms	1,5 ms	1–3 ms	1 ms
Frequenz eines Lautes	83 kHz	44–60 kHz	35–70 kHz	44–60 kHz
	B Schwimmend, Augen frei			
Zahl der Laute/Flügelschlag	1–5 meist 3	1–4 meist 1	1–3 meist 1	1–5 meist 3
Länge eines Lautes	13 ms	3 ms	2,5 ms	1 ms
Frequenz eines Lautes	83 kHz	32–44 kHz	36–70 kHz	44–60 kHz
	C Schwimmend, Augen verklebt			
Zahl der Laute/Flügelschlag	3–4 meist 4	1	1–3 meist 1	1–5 meist 3
Länge eines Lautes	15 ms	3 ms	2,5 ms	1,8 ms
Frequenz eines Lautes	83 kHz	32–44 kHz	32–64 kHz	28–36 kHz

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Die Länge der Laute betrug bei *Rhinolophus ferrumequinum* außerhalb des Wassers meist 32 m/s, beim Schwimmen mit freien und verklebten Augen jedoch 13 bzw. 15 m/s. Bei den Vespertilioniden erhöhte sich die Länge der Laute beim Schwimmen mit freien und verklebten Augen bei *Myothis bechsteini* von 1,5 auf 3 m/s und bei *Plecotus auritus*, jedoch nur mit verklebten Augen, von 1 auf 1,8 m/s.

Die Frequenz der Laute entsprach bei *Rhinolophus ferrumequinum* immer der des Ortungslautes von 83 kHz. Bei den Vespertilioniden, so bei *Plecotus auritus*, fiel der starke Abfall der Frequenz von 44–60 kHz auf 28–36 kHz besonders auf. Die übrigen Arten wiesen eine durchgehende Schwankungsbreite mit durchschnittlich 32–64 kHz auf.

Eine Ausnahme machte *Nyctalus noctula*, die nur bei verklebten Augen schallte. Erreichte sie das Ufer oder den Beckenrand, so stellte sie das Schallen sofort ein.

Versuche mit *Rhinolophus ferrumequinum* und *Myotis myotis* zeigten, daß die Tiere mit verklebten Augen in der Lage sind, den nächstliegenden Beckenrand zu orten und anzuschwimmen. Sie vermochten glatte Ufermarkierungen, die sie beim Näherkommen mieden und parallel zu ihnen schwammen, von rauhen Markierungen, die sie anschwammen und daran hochkletterten, sicher zu unterscheiden. Auch eingebaute Inseln wurden, besonders von ermüdeten Tieren, angeschwommen.

Diskussion

Die Schwimmversuche haben gezeigt, daß alle einheimischen Arten schwimmen können, wie bereits Eisentraut (1937) und Ryberg (1947) vermuteten. Da so manches ins Wasser gesetzte Tier nicht sofort wegschwamm bzw. aufflog, kommt dadurch zum Ausdruck, daß das Wasser für Fledermäuse kein fremdes Element ist. Trotzdem suchen sie dieses nur zum Trinken, nicht aber zum Baden auf. Gelegentlich nehmen sie jedoch Insekten beim niedrigen Überfliegen des Wassers von dort auf.

Es ist überraschend, daß die Vorderextremitäten, erst zu Flügeln umfunktioniert, sich auch als Ruder bestens geeignet erweisen. Die Flügel werden dabei in Bahnen geführt, die eine optimale Übertragung der Muskelkraft (Schlosser-Sturm 1982) auf die Arme gewährleisten. Die maximale Schwimmgeschwindigkeit mit 0,5 m/s bei *Myotis myotis* ist immerhin sehr beachtlich. In der mit der Größe der Tiere zunehmenden Geschwindigkeit und mit der sich verringernden Zahl der Flügelschläge pro Meter spiegelt sich die Korrelation zwischen Flügelgröße und Schwimmgeschwindigkeit wider.

Die Variationen des Startens vom Wasser, im einfachsten Falle ein Flügelschlag, der ein Tier vom Wasser hochspringen läßt, während der zweite Schlag bereits den Abflug einleitet, bis hin zu dem alle Kraft benötigenden, schwierigen Aufflug mit etwa 6 Schlägen, weisen zahlreiche Übergänge auf, die sich selbst noch individuell feststellen lassen. Während das behende Hochspringen in waagerechter Körperlage vorwiegend bei kleinen Arten anzutreffen ist, findet sich der länger dauernde Aufflug bei den großen Arten. Hier richten die beiden ersten Schläge den Körper im Wasser auf, der anschließende Rüttelflug zieht auch den hinteren Teil des Körpers aus dem Wasser, und das Tier fliegt mehr in die Horizontale übergehend mit anschließendem Ruderflug ab.

Wie im freien Flug orientieren sich die Fledermäuse auch beim Schwimmen optisch und akustisch. Obwohl die Ultraschallaute beim Schwimmen ausschließlich der Ortung dienen, weisen die meisten gegenüber den Lauten außerhalb des Wassers doch eine Reihe von Änderungen (Tab.) auf. Bei den Vespertilioniden wird die Zahl der Laute pro Flügelschlag kleiner, die Länge der Laute nimmt zu, ihre Frequenz dagegen wird niedriger. Demgegenüber verkürzt sich bei *Rhinolophus ferrumequinum* die Länge der Laute um die Hälfte. Die nur bei verklebten Augen auftretende Verlängerung der Laute bei *Plecotus auritus* von 1 auf 1,8 m/s spiegelt den optischen Anteil dieser Art bei der Orientierung wider.

Diese Änderung der Ortungslaute beim Schwimmen muß als optimale Anpassung an

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

eine völlig andere Situation angesehen werden, die die Fledermäuse befähigt, Form und Gestalt der Uferbegrenzung genau zu erkennen, was von lebenswichtiger Bedeutung sein kann. Doch all dies schließt nicht aus, daß Tiere, die z. B. in ein Becken mit glattem Rand geraten, auch ertrinken können, wenn sie aus irgendeinem Grund keine Möglichkeit zum Auffliegen haben.

Zusammenfassung

Beim Schwimmen erweisen sich die beiden Flügel als ausgezeichnete Ruderorgane, die gleichzeitig und gleichsinnig betätigt werden. Der Körper der Fledermäuse bildet mit der Wasseroberfläche einen Winkel von 15 bis 40°, wird mit jedem Flügelschlag auf- und abbewegt und erweckt dadurch den Eindruck des Hüpfens auf dem Wasser. Das Uropatagium wird in geradliniger Fortsetzung des Körpers unter Wasser gehalten.

Von den 5 Phasen der Schwimmbewegung bringen nur 3 positive Effekte. Die Geschwindigkeit des Schwimmens nimmt mit der Größe der Tiere zu, die Zahl der Flügelschläge pro Meter dagegen ab. Bei Richtungsänderungen hält ein Flügel, dem Grad der Änderung entsprechend, mehr oder weniger lange still.

Das Starten vom Wasser ist meist sehr anstrengend, weshalb bis zu 6 Flügelschläge nötig sein können. Geschwächte, ermüdete oder Jungtiere vermögen nicht vom Wasser aufzufliegen. Das Schwimmen bzw. Auffliegen vom Wasser dient primär der Rettung des Lebens.

Die Orientierung während des Schwimmens erfolgt optisch und akustisch. Ultraschallaute werden fast regelmäßig in der 5. Phase der Schwimmbewegungen abgegeben. Die Änderung der Ultraschallaute in bezug auf ihre Länge, Zahl und Frequenz ermöglicht den Fledermäusen, Form und Gestalt des Ufers genau zu erkennen.

Literatur

Eisentraut, M. (1937): Die deutschen Fledermäuse. Leipzig: Paul Schöps Verlag.

Kolb, A. (1972a): Biologie der Mausohrfledermaus *Myotis myotis*. Göttingen: Inst. für den wiss. Film.

Kolb, A. (1972b): Schwimmen, Schwimmtechnik und Auffliegen vom Wasser bei einheimischen Fledermäusen. Bamberg: I. Ber. der Naturforsch. Ges. Bamberg.

Ryberg, O. (1947): Studies on bats and bats parasites. Stockholm.

Schlosser-Sturm, E. (1982): Zur Funktion und Bedeutung des sekundären Schultergelenks der Microchiropteren. Z. Säugetierkunde 47, 253–255.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Anton Kolb, Lehrstuhl für Biologie, Universität Bamberg, An der Universität 2, D-8600 Bamberg

Studying bat echolocation signals using ultrasonic detectors

By L. A. Miller and B. B. Andersen

Biologisk Institut, Odense Universitet, Odense, Denmark

Receipt of Ms. 25. 2. 1983

Abstract

Animal ultrasounds can be studied by using detectors that translate these sounds to sonic frequencies. The superheterodyne system produces an audible beat note in proportion to a tuned frequency. The divide-by-ten system produces an output in which the fundamental frequency is lowered by a factor of 10. Here we give an improved design of the divide-by-ten system and compare it to the superheterodyne system during field use. Using detectors has extended our knowledge of the acoustic behavior of bats in the field. Some examples are given. Of special interest is the use of social ultrasound by bats on-the-wing.

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement: 0044-3468/84/4901-0006 $ 02.50/0
Z. Säugetierkunde 49 (1984) 6–13
© 1984 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0044-3468 / InterCode: ZSAEA 7

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mammalian Biology (früher Zeitschrift für Säugetierkunde)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: 49

Autor(en)/Author(s): Kolb Adolf

Artikel/Article: Schwimmen, Starten vom Wasser und Orientierung einheimischer Fledermäuse 1-6