

Konrad Lorenz 1963

Die Konstruktion von Flugmaschinen in der Evolution der Wirbeltiere

Die Therapie des Monats 13: 186-195.

[OCR by *Konrad Lorenz Haus Altenberg* – <http://klha.at>]

Seitenumbrüche und -zahlen wie im Original.

## Die Konstruktion von Flugmaschinen in der Evolution der Wirbeltiere

Illustrationen: Hermann Kacher



1

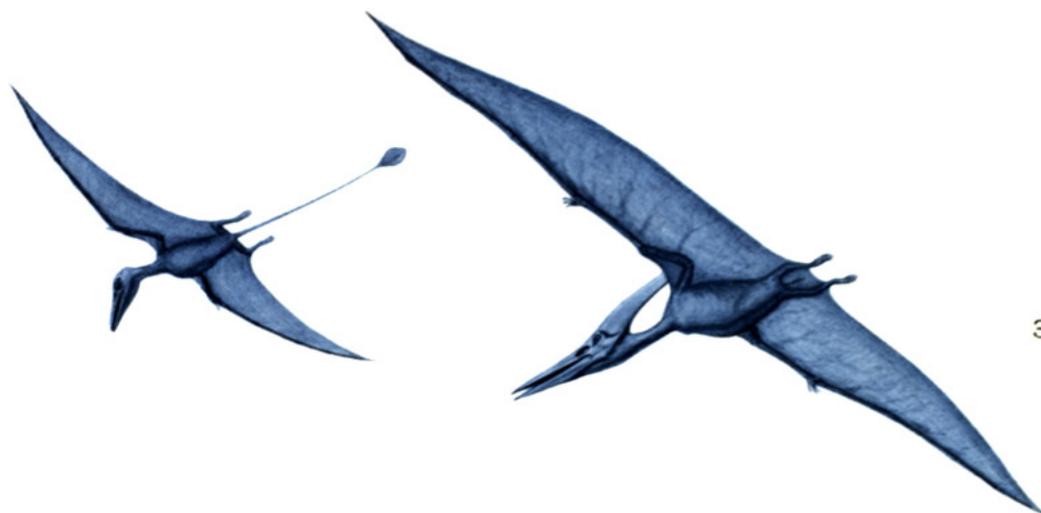
### II. Von fliegenden Fröschen, Reptilien, Vögeln und Säugetieren

Fanden wir unter den Fischen so manches malerische Flügeltier, das sich bei kritischer Betrachtung als flugunfähig erwies, so treffen wir unter den nun zu besprechenden Landwirbeltieren eine Reihe von Formen, die ganz nett durch die Luft zu gleiten vermögen — besser jedenfalls, als die im ersten Teil dieses Aufsatzes zuletzt geschilderten „Flug“-Fische — und die dennoch der Flügel entbehren. Der Taguan, Petaurista, ein vorderindisches Nagetier (Abb. 1) mag als Typus eines solchen flügellosen Flugdrachens gelten.

Schon unter den Amphibien gibt es einen Fallschirmspringer, den berühmten javanischen Flugfrosch *Rhacophorus*. Die verlängerten Zehen einer Pfote bilden mit den zwischen ihnen gespannten Schwimm- bzw. Flughäuten je ein Segel, wenn der Frosch alle Viere von sich streckt und dazu die Zehen auseinanderspreizt; der abgeflachte Bauch liefert ein fünftes, und auf diesen zweifellos recht wackelig miteinander verbundenen Tragflächen soll der Frosch imstande sein, immerhin 12 bis 15 Meter weit von einem Baum zum anderen zu gleiten, wenn auch nur auf einer ziemlich steil abwärts verlaufenden Bahn. Besser, wenn auch nicht viel besser verbürgt, scheint der Flug des einzigen heute lebenden fliegenden Reptils, des Flugdrachen, *Draco volans* L., zu sein. Bei diesem Tier werden die Tragflächen von der Bauchfläche und



2

Abb. 1: Taguan,  
Riesen-  
flughörnchenAbb. 2:  
„Flugdrachen“,  
Draco volans L.Abb. 3:  
Rhamphorhynchus  
(links), Pteranodon  
(rechts)

seitlich abspreizbaren, durch eine Haut verbundenen Rippen geliefert (Abb. 2). Wie die Flossen des Flugfisches, so flattern auch sie häufig an den Rändern, wodurch ein aktiver Flügelschlag vorgetäuscht wird. In Wirklichkeit handelt es sich auch hier um ein passives Abwärtsgleiten, bei dem die Tiere aber doch Strecken bis zu 125 Metern zurücklegen sollen.

Die beiden Hauptgruppen der seit der Kreidezeit ausgestorbenen Flugsaurier (Pterosauria), die Pterodactyloidea und die Rhamphorhynchoidea, haben verwandschaftlich mit den eben besprochenen lebenden Flugdrachen nichts zu tun. Sie haben den Luftraum auch mit ganz anderen Mitteln und möglicherweise unabhängig voneinander erobert. Bei beiden wird ein echter Flügel von den Vorderextremitäten gebildet, deren vierter Finger enorm verlängert ist und im Vorderrand einer großen Flughaut liegt, die sich von der Fingerspitze zur Rumpfseite und weiter bis zur Fußwurzel spannt. Der nur bei den Rhamphorhynchoidea vorhandene lange Schwanz war offenbar in die Flughaut nicht miteinbezogen und trug an der Spitze eine kleine Steuerfläche, von der man nicht sicher weiß, ob sie vertikal oder horizontal stand (Abb. 3). An den Vorderpfoten waren die ersten drei Zehen frei, an den Hinterpfoten dagegen alle, die bei den Pterodactyloidea wie bei Fledermäusen nach hinten gerichtet waren. Diese Wesen der Vorzeit waren keineswegs so riesig wie der Volksglaube und mit ihm CONAN DOYLE in seinem wunderbaren zoologischen Utopieroman „The Lost World“ annimmt. Der Pterodactylus war etwa so groß wie eine Lerche, und der größte aller Flugsaurier, Pteranodon ingens (Abb. 3), hatte zwar fast die doppelte Spannweite eines Albatros, ist aber wahrscheinlich nicht viel schwerer gewesen als ein solcher. Überhaupt scheint die obere Gewichtsgrenze für flugfähige Lebewesen um 10 kg herum zu liegen, denn die allergrößten flugfähigen Vögel, der Höckerschwan, der Trapphahn, der Krauskopfpelikan, der Kondor und der Albatros wiegen alle ungefähr so viel. Alle Flugsaurier verdienen diesen Namen, das heißt, sie waren zum aktiven Ruderflug fähig, wie wir ihn heute von Vögeln und Fledermäusen kennen. Merkwürdigerweise wissen wir über ihr Fliegen mehr als über das der heute lebenden kleinen Flugechsen. Manche von ihnen müssen, nach ihrer Spannweite und Flächenbelastung zu schließen, wundervolle Segelflieger gewesen sein. Ob sie sich aufs Weltmeer hinauswagen durften, wie manche Paläontologen vom Pteranodon annehmen, möchte ich bezweifeln, und zwar aus Gründen eines Konstruktionsmangels, der allen häutigen Tragflächen anhaftet: um schneller fliegen zu können und vor allem, um böigen Wind zu meistern, verkleinern alle Vögel ihre Tragflächen, indem sie die Flügelgelenke beugen. Die von Federn gebildete Tragfläche wird dabei nur noch



Abb. 4: Kolibris, links Rückschlag, rechts (Ab-)Vorschlag (nach Fotos von C. H. Greenwalt)

Abb. 5: Rüttelflug eines Kolibri, Einzelphasen eines Vor- und eines Rückschlages (Bildfolge von unten nach oben)

Abb. 6: Möwenflügel ausgebreitet und gerefft. Die Tragfläche wird mit Verkleinerung steifer.



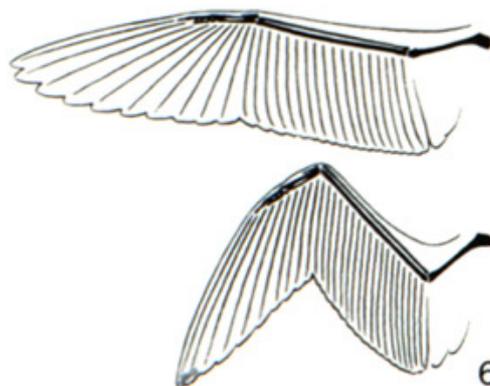
steifer, als sie vorher war, und ist damit gegen die Gefahr eines durch Wirbelbildung hervorgerufenen Flatterns noch besser gefeit.

Jede aus Haut gebildete Tragfläche, sei es die

Brustflosse eines Flugfisches oder der Flügel eines Flugsauriers oder einer Fledermaus, verliert in dem Augenblick ihre Festigkeit gegen Flattern, in dem sie nicht mehr maximal ausgespannt ist. Da nun aus bestimmten Gründen die Geschwindigkeit des Ruderflugs eine Funktion der Flächenbelastung ist, können alle Hautflügel ihre Schnelligkeit nicht über jenes Maß steigern, das ihrer Flächenbelastung bei voll ausgebreitetem Flügel entspricht. Nur die Vögel können ihre Tragflächen zwecks Erhöhung der Flächenbelastung und damit zwecks Steigerung der Geschwindigkeit verkleinern. Dabei wird der Vogel nicht nur nicht lockerer, sondern sogar fester gefügt. Bei allen spezialisierten Hochseefliegern, wie Möwen, Sturmvögeln und Albatrossen, sind die Flügel so konstruiert, daß sie derartige Größenveränderungen der Flächen besonders gut ermöglichen (Abb. 6) — und gerade darum glaube ich nicht, daß irgendein Flugsaurier je „berufsmäßig“ Hochseeflieger gewesen ist. Noch eine andere, fast allen Vögeln eigene Flugart ist bei allen Flughautfliegern, den heutigen Fledermäusen wie den ausgestorbenen Flugsauriern, nur in begrenztem Maße möglich, das sogenannte Rütteln. Wenn ein Vogel an derselben Stelle in der Luft steht, schlägt sein Flügel um eine mehr oder weniger lotrechte Achse und sein Anstellwinkel ändert sich zwischen Auf- und Abschlag so, daß die Luft beim Abschlag des im Sinn der Pronation verdrehten Flügels auf seine Unterseite, beim Aufschlag auf die Oberseite des stark supinierten Flügels drückt und ungefähr in der Richtung seiner Schlagachse nach vorne bzw. aufwärts wirkt. Das Schema (Abb. 5) und die oben abgebildeten Kolibris (Abb. 4) reichen wohl zur Erläuterung des Vorgangs aus. Grundsätzlich jeder Vogel verfügt über die Mechanik des Rüttelns; auch bei solchen Vögeln, deren Rüttelvortrieb viel zu schwach ist, um sie ruhig in der Luft schwebend zu erhalten, genügt er, um sie beim Start bis zur kleinsten

Gleitgeschwindigkeit zu beschleunigen, wobei der Vogel allerdings eines „Fahrgestells“ bedarf, das ihn vom Boden freihält. Auch die am schlechtesten rüttelnden Vögel, wie etwa Albatros, Bartgeier oder Höckerschwan, vermögen in gänzlich

stiller Luft vom flachen Boden abzufliegen, wenn auch nur mit Ach und Krach.



6



Abb. 7: Landende Fledermaus

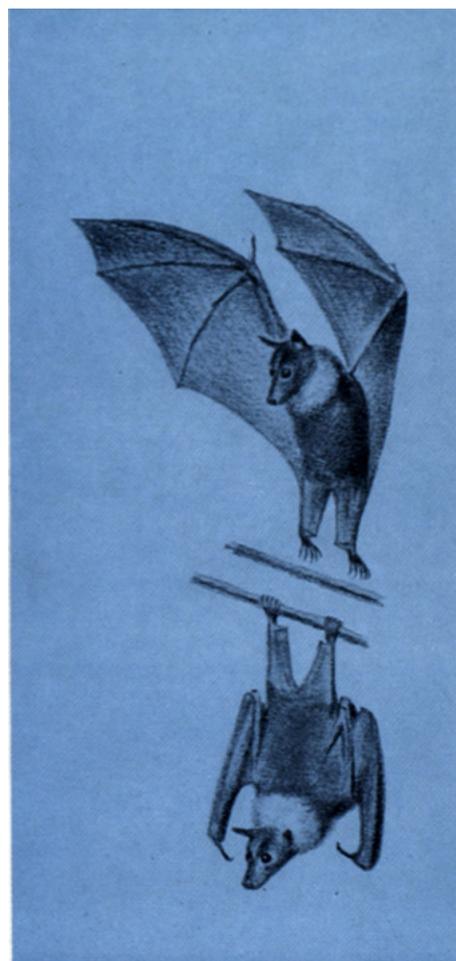
Abb. 8: Landender Flughund

7

Das Rütteln ist bei allen Flughautfliegern aus naheliegenden Gründen sehr erschwert: wegen der Befestigung der tragenden Flächen an Flanke und Hinterbein können diese nicht in dem fürs Rütteln erforderlichen Ausmaß im Sinne abwechselnder Pronation und Supination verdreht werden. Einige Kleinfledermäuse verstehen es, den Rüttelflug durch eine andere, weit weniger kraftsparende Technik zu ersetzen. Beim Am-Platz-Fliegen führen sie den weitgehend gefalteten Flügel ziemlich lotrecht aufwärts, um ihn entfaltet wieder lotrecht nach unten zu schlagen. Dabei wird viel Kraft vergeudet, denn der entstehende Auftrieb entspricht natürlich nur der Differenz zwischen dem Luftwiderstand des gefalteten und des geöffneten Flügels. Lange Zeit glaubte man — noch LILIENTHAL tat das — daß auch beim Flügelschlag des Vogels der Auftrieb im wesentlichen aus dieser Differenz entstünde, was natürlich ganz falsch ist, wie VON HOLST und ich unabhängig voneinander vor vielen Jahren gezeigt haben. Einige Kleinfledermäuse, so die großohrige Fledermaus, *Plecopus auritus*, ebenso viele blütenbesuchende Fledermäuse der Tropen, können auch wirklich rütteln, immerhin so gut, daß sie längere Zeit in der Luft stillzuhalten vermögen. Die größeren fruchtfressenden Fledermäuse, *Macrochiroptera*, dagegen vermögen weder am Platz zu fliegen, noch auch vom Boden zu starten.

Ein weiterer, bedeutender konstruktiver Nachteil der Flughautflieger liegt ebenfalls in der Einbeziehung der hinteren Extremität in die Tragfläche. Dies allein erschwert die Landung auf ebenem Boden und den Abflug von ihm in entscheidendem Maße. Um es in der Terminologie menschlicher Flugzeugkonstruktion auszudrücken: das Fahrgestell kann nicht ausgefahren werden, ohne den Tragflächen die Spannung und damit die Funktionstüchtigkeit zu nehmen (Abb. 7). Und selbst um diesen Preis gewinnt die Fledermaus — und beim Flugsaurier war es sicher nicht anders — nur ein höchst fragwürdiges Fahrgestell, wenn sie die Flughaut faltet und die Beinchen nach abwärts streckt. Kleinfledermäuse, die zum oben beschriebenen Pseudo-Rütteln befähigt sind, vermögen immerhin auf ebenen Flächen zu landen, und das große Mausohr, *Myotis murinus* L., tut das nach meinen eigenen Beobachtungen oft freiwillig. Doch sieht dies immer recht unvollkommen aus, und bei allen Großfledermäusen bedeutet die stets nur in Notfällen vorgenommene Landung auf dem Boden immer einen geradezu bedauerlichen „Bauchfleck“, der nie ohne kleine Beschädigungen abgeht.

Die einzige Art der Landung, die den großen Flughunden, wie *Pteropus* und ähnlichen möglich ist, besteht in dem in Abb. 8 dargestellten Manöver. Kleinere Arten, wie alle Kleinfledermäuse, vermögen auch kopfaufwärts zu landen, ganz wie es die noch zu besprechenden „Vorstufen“ fliegender Säugetiere zu tun pflegen, die ebenfalls ihre kinetische Energie durch Aufwärts-Steuern vernichten und diese Bremsung so wohl berechnen, daß sie gerade in dem Augenblick zum Stillstand kommen, in dem ihre Krallen die Unterlage erfassen. Nur bei den kleinen, zu verschiedenen Flugmanövern weit besser befähigten Arten kann der Felsen oder ein vom Menschen



8

Abb. 9: Urvogel, Archaeopteryx (siemensis) aus Solnhofener Plattenkalken (oberer Weiß-Jura) von Blumenberg bei Eichstätt (Franken) 1877 gefunden.

Abb. 9a: Rekonstruktionsskizze eines Urvogels

Abb. 10: Einfallende Graugans, die Ruder als Steuerflächen einsetzend

Abb. 11: Links: Zwerg-Flugbeutler, rechts: Flughörnchen, unten: Flattermaki



9a

hergestelltes Gemäuer eine solche Unterlage bedeuten.

Alle größeren Formen sind auf das in Abb. 8 wiedergegebene Landungsmanöver und damit auf Bäume angewiesen.

Nichts spricht dafür, daß die großen Flugsaurier geringere Landungsschwierigkeiten hatten, alles spricht dagegen, daß sie geschickter gewesen sein sollen als große Fledermäuse. Was

9



immer gewisse Paläontologen über ihre Lebensweise aussagen zu können glauben: ich bleibe bei der Meinung, daß gerade die großen Formen wie Pteranodon nur auf Bäumen landen konnten.

Warum ist keins von den fliegenden Reptilien und Säugetieren auf den „naheliegenden Gedanken“ gekommen, nur die Vorderextremitäten zum Fliegen zu verwenden und ein paar lange, kräftige, zu raschem Lauf und weitem Sprung geschickte Hinterbeine für das „Fahrgestell“ zu reservieren, wie die allermeisten Vögel das getan haben? Dazu sind die beiden großen Konstrukteure Mutation und Selektion zu konservativ oder, andersherum gesagt, es macht sich hier an ihrem reinen Induktionsapparat das Fehlen des deduktiven Verfahrens bemerkbar. Die Erfindung von schnellbeweglichen, kräftigen, in einer zur Mittelebene des Tieres parallelen (sagittalen) Ebene arbeitenden Beinen war von den Ahnen der Vögel schon gemacht worden, lange, ehe sie zu Baumtieren wurden und Tragflächen zur Unterstützung des Sprunges von Baum zu Baum ausbildeten. Schon die reptilienhaften Ahnen des Urvogels Archaeopteryx hüpfen von Zweig zu Zweig, indem sie mit den Hinterbeinen absprangen und wieder auf den Hinterbeinen landeten, ganz wie das Kanarienvögelchen



10



11

in unserem Käfig. So wurden die Vogellahnen durch die Notwendigkeit, die Beine als Apparat der Landung zu gebrauchen, davor bewahrt, die Hinterextremitäten als Stütze des Flugapparates zu verwerten. Daß ihnen diese Sackgasse tatsächlich gedroht hat, das bezeugen die zwei Zeilen starrer Federn, die beim Archaeopteryx am Unterschenkel wuchsen (Abb. 9 und 9a). Zweifellos wurden sie bei jähen Wendungen oder beim scharfen Bremsen in ähnlicher Weise benutzt, wie auch viele heutige Schwimmvögel ihre Schwimmhäute zur Steuerung des Fluges benutzen (Abb. 10). Kein Vogel aber hat die Fähigkeit verloren, beide Beine in die Mittelebene seines Körpers und unter seinen Schwerpunkt zu bringen.



Alle Flugsäuger und offenbar auch alle ausgestorbenen Flugsaurier der erwähnten Gruppen (S. 187) aber stammen von Bauntieren ab, die mit den Hinterbeinen absprangen und auf den Vorderbeinen landeten, wie dies heute noch Eichhörnchen, Makis und viele, viele andere tun. Viele von diesen bewegen bei weiten Sprüngen ihre Beine nicht, wie eine springende Katze oder sonst ein Bodentier das tut, in einer Ebene, die nahe an und parallel zu der Mittelebene ihres Körpers liegt, sondern breiten Arme und Beine weit aus, so daß sich diese mehr oder weniger in der Frontalebene ihres Körpers, d. h. in der Horizontalen bewegen. Schon beim Mongozmaki, Lemur mongoz, den ich viele Jahre lang als freien Hausgenossen hielt, bewirken die hinteren Achselfalten und Hautfalten, die von der Flanke zum Oberschenkel ziehen, eine ganz merkliche Vergrößerung der Bauchfläche, wenn das Tier im Sprunge alle Viere von sich streckt, ja man vermeint dann bereits eine Andeutung von jener rhombischen Gestalt zu sehen, die für Taguan (Abb. 1), Flugbeutel, Flughörnchen und Flattermaki so kennzeichnend ist (Abb. 11).

Mit dieser Anpassungsrichtung aber waren die Ahnen der verschiedenen Säugetierstämme, die unabhängig voneinander das Fliegen erfunden haben, ebenso unabhängig voneinander in dieselbe Sackgasse geraten. Die Sprung- bzw. Abstoß-Fähigkeit der Hinterbeine stellte andere Anforderungen an diese, als ihre Funktion als Stützen der Tragfläche. Die Forderungen des Abfluges und der Landung widersprachen denen des Gleitfluges selbst; keine Lösung dieses Widerspruches ist mehr als ein offensichtlicher Kompromiß. Die Evolution löst natürlich solche Kompromisse oft in sehr eleganter Weise, und das nordamerikanische Flughörnchen, *Glaucomys volans* L., das wir hier als Vertreter gleitfliegender Säuger vorführen wollen (Abb. 11), entzückt das Auge durch die Schönheit seiner Gestalt und seiner Bewegungen. Obwohl es sich „noch“ in kräftigem Sprunge abschnellen kann, zeigt das Tierchen Ansätze zum aktiven Muskelflug, indem es während des Sprunges heftig „mit den Flügeln schlägt“, was meines Wissens in der Literatur nirgends erwähnt wird. Ein

12



knorpeliger Fortsatz, der vom Handgelenk ausgeht und in der vorderen Ecke der rhombischen Flughaut endet, ist vielleicht das erste Oriment zu einem „Dactylopterus“, einem Fingerflügel. Flughörnchen fliegen viele Meter weit und landen nach weitem Fluge stets in aufwärtsgebogener Flugbahn ihren Schwung abbremsend. Der asiatische Taguan, *Petauristes*, soll noch weiter gleiten können.

Flugbeutel habe ich nie fliegen, den Flattermaki, *Galeopithescus* überhaupt nie lebend gesehen. Nach verlässlichen Angaben vermag dieses Tier nur „kurze Sätze“ zu vollführen, d. h., sich mit den Beinen nicht sehr kräftig abzuschleunigen und startet offenbar, wie alle Fledermäuse es normalerweise tun, indem es sich fallen läßt. Der Flattermaki hat nicht nur wie Taguan und Flughörnchen zwischen Armen und Beinen ausgespannte Flughäute, sondern auch zwischen Fingern und Zehen und zwischen Hinterbeinen und Schwanz. In dieser Hinsicht ist er eine auf halbem Wege steckengebliebene Fledermaus, wenn er nicht vielleicht in den nächsten paar hunderttausend Jahren zu einer wird — wer will es wissen?

Die Fledermäuse sind unter den heute lebenden Wirbeltieren die einzigen, außer den Vögeln und vielleicht den Beilbauchfischen, die „wirklich“ fliegen können, das heißt, die imstande sind, sich durch eigene Muskelkraft auf ebener oder aufsteigender Bahn durch die Luft fortzubewegen, ohne kinetische Energie „von unten her“ mitzubringen, wie die Meeresflugfische es tun, oder sich von oben her durch mühsam erkletterte Lage-Energie auf ihrer Bahn vortreiben zu lassen, wie alle im Vorangehenden besprochenen Gleitflieger es tun. Ich habe schon bei Darstellung der allgemeinen Nachteile, die der Flughaut als Tragfläche im Vergleich zu dem befiederten Flügel anhängen, davon gesprochen, was die Fledermäuse *nicht* bzw. schlecht können. Sie können die Größe der Tragfläche nicht verändern und sie können schlecht auf ebener Unterlage landen und erneut starten. Im übrigen aber fliegen sie ganz ausgezeichnet!



Die Mechanik des Flügelschlages beim freien Dahinfliegen über größere Strecken ist genau dieselbe wie bei den Vögeln und großen Rochen, wie Adlerrochen und Manta, die spezifisch viel schwerer als Wasser sind und sich durch wellenförmige Bewegungen der großen Brustflossen fortbewegen. Der Druck liegt dabei dauernd auf der Unterseite der tragenden Fläche, der schwere Körper sinkt daher auch während des Aufwärts-Schlagens von Flosse oder Flügel nicht abwärts. Beim Vogelflügel treten dabei die „Ventile“, die von den leicht verdrehbaren Fahnen der Schwungfedern gebildet werden, *nicht in Funktion*, der Flügel bildet bei dieser Flugweise stets ein geschlossenes Ganzes; die aus Federn gebildete Tragfläche des Vogels besitzt hier keinerlei prinzipiellen Vorteil vor der aus Haut gebildeten von Fledermaus und Flugsaurier. Die Abb. 12 und 12a machen die Mechanik des „Gleitruderns“ wie ich damals die in Rede stehende Flugart genannt habe, wohl genügend anschaulich. Der Mechanismus des Gleitruderns ist bei Fledermäusen grundsätzlich derselbe wie bei Vögeln (Abb. 13). Es ist mir völlig unerfindlich, wie Brehm zu seiner Aussage kommt, daß der Flug der Kleinfledermaus rasch ermüde und sie häufig eine kurze Rast einschalten müßten. Wer je versucht hat, eine Kleinfledermaus in geschlossenem Raum durch Müdehetzen zu fangen, was man bei jedem, aber auch jedem Kleinvogel, selbst

Es ist mir völlig unerfindlich, wie Brehm zu seiner Aussage kommt, daß der Flug der Kleinfledermaus rasch ermüde und sie häufig eine kurze Rast einschalten müßten. Wer je versucht hat, eine Kleinfledermaus in geschlossenem Raum durch Müdehetzen zu fangen, was man bei jedem, aber auch jedem Kleinvogel, selbst

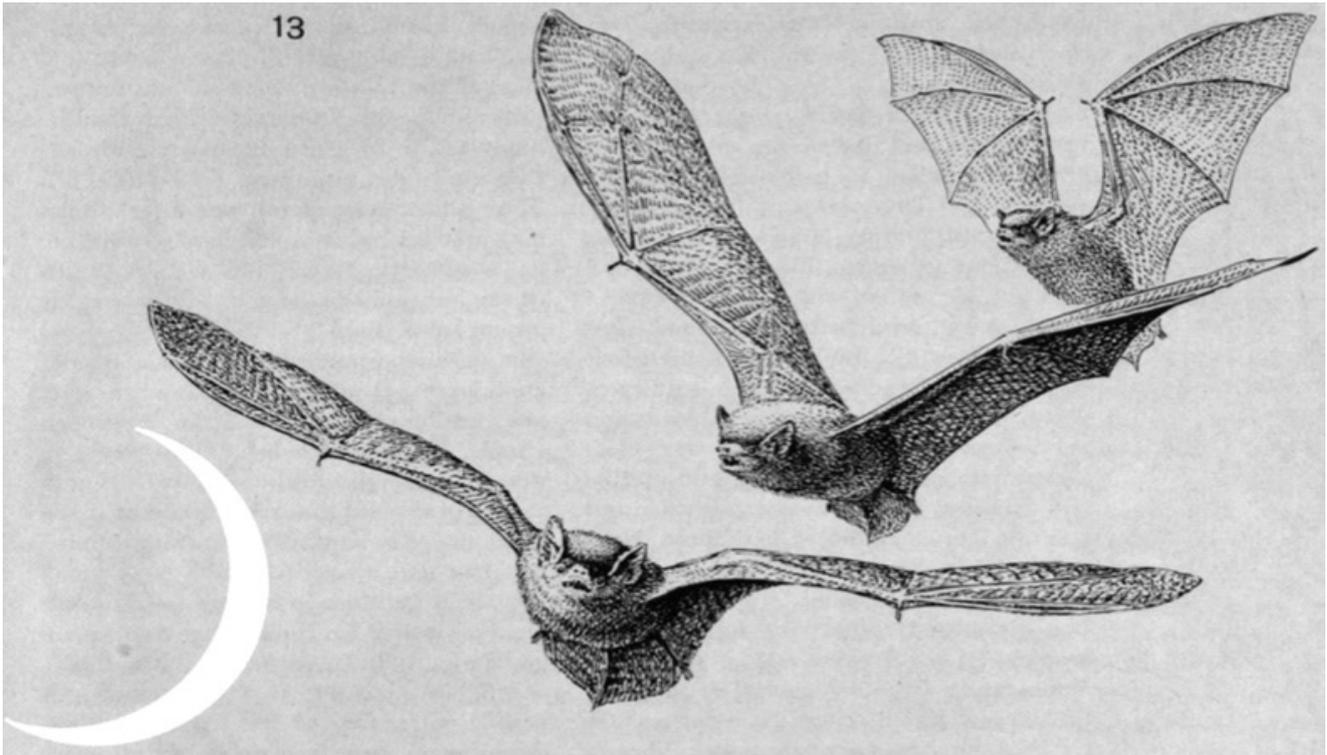


Abb. 12: Graugans, vom Ende des Abschlags über 3 Phasen des Aufschlages bis zum Beginn des nächsten Abschlages; Abb. 12a: Fliegende Graugans, von vorne  
Abb. 13: Fliegende Zwergfledermaus, (nach Fotos von W. Wissenbach)

einer Schwalbe, innerhalb einiger Minuten fertig bringt, weiß ein Lied davon zu singen. Bei Kleinfledermäusen ist dieser Versuch, wie ich versichern kann, vergebens: schwindelig und erschöpft bin ich aufs Sofa gesunken, während die Maus munter weiterflederte und nicht daran dachte, müde zu sein. Die Unermüdlichkeit der Fledermaus, worin sie in der genannten Situation dem Vogel so sehr überlegen ist, hat ihren Grund in der Wendigkeit ihres Fluges. Diese Wendigkeit hängt, wie ich ebenfalls schon in jener Abhandlung dargetan habe, neben anderen, weniger ausschlaggebenden Faktoren von der Entfernung ab, in der die Druckmittelpunkte der tragenden Flächen von der Mittelebene des Körpers liegen, außerdem aber von der Flächenbelastung. Je kürzer der Flügel, desto enger ist die Kurve, die ein Flügelwesen eben noch gleitend durchfliegen kann, ohne daß der *innere Flügel* so langsam wird, daß er zu tragen aufhört. Je niedriger das Tier flächenbelastet ist, desto langsamer kann es fliegen, ohne die kleinste Gleitgeschwindigkeit zu unterschreiten und je langsamer es fliegt, desto schärfere Kurven kann es nehmen. Diese Anforderungen an größtmögliche Wendigkeit erfüllt nun der Flugapparat vieler Kleinfledermäuse unvergleichlich viel besser als der irgendeines Vogels, schon wegen der großen Anteile der Flughaut, die unmittelbar an der Körperseite bis weit nach hinten ziehen. Nur ihrer Wendigkeit verdanken die Kleinfledermäuse ihre Fähigkeit, auch in engen Räumen dauerzufliegen. Während hier der Vogel immer wieder zudem sehr anstrengenden Rüttelflug seine Zuflucht nehmen muß, um nicht an die Wand zu geraten, fliegt die Fledermaus, ohne ihr Tempo jemals zu verlangsamen, geschweige denn unter die kleinste Gleitgeschwindigkeit abzubremesen, mühelos alle Ecken aus und bleibt so bei Atem. Im Freien kann man ja auch bei einer Schwalbe nicht darauf warten, daß sie aus Ermüdung landen muß. Nur im Zimmer ist sie so bald dazu gezwungen. Die Wendigkeit mancher kurz- und breitflügeliger Kleinfledermäuse übertrifft alles dem Vogelkundigen Glaubliche. Eine kleine Hufeisennase, *Rhynolophus hipposideros* L., die ein Freund in einem Käfig von etwa 50 cm Länge hielt, konnte darin mühelos ihre Kurven ziehen und viertelstundenlang in der Luft bleiben, ohne je zum Am-Platz-Fliegen greifen zu müssen. Hufeisennasen sind vielleicht die als Flugierte höchstspezialisierten Fledermäuse, sie sind die einzigen, die offenbar die Fähigkeit eingebüßt haben, mit den Vorderbeinen abwechselnd Schritte zu machen.



Am besten „zu Fuß“ ist unter unseren einheimischen Fledermäusen das Mausohr, *Myotis murinus* L., das überhaupt die intelligenteste, körperlich wie geistig vielseitigste und eben deshalb die am leichtesten in Gefangenschaft zu haltende Kleinfledermaus ist. Die Tiere werden innerhalb weniger Tage völlig zahm, lernen auf dem Bauch des Pflegers zu landen, fliegen ihm bettelnd nach und wecken ihn, wenn er sie zu füttern vergessen hat, durch Bettlandung und Beißen in die Finger. Sie können mit Leichtigkeit auch vom glatten Parkettboden auffliegen, indem sie einen merkwürdigen Handstand auf einem Flügel vollführen, mit dem anderen weit ausholend in die Luft greifen und dann erst mit dem zweiten abstoßen und nun mit ihm einen Schlag vollführen. Noch niemand hat diesen merkwürdig asymmetrischen Flügelschlag gefilmt. Den extremen Gegensatz zu der kurz- und breitflügeligen, äußerst dünnflughäutigen Hufeisennase ist der Abendsegler oder die Frühfliegende Fledermaus, *Nyctalus noctula* L. Diese ist gewissermaßen der Mauersegler unter den Fledermäusen; die Flügel sind lang und schmal, die Flughäute derb und eben dadurch gegen passives Flattern gesichert. Die Tiere jagen oft schon bei hellem Tageslicht in hohen Luftschichten, ganz wie die genannten Vögel. In einem großen Zimmer können

sie eben gerade noch Runden fliegen, und es kostet sie einige Mühe, die geeigneten Landungs- und Schlafplätze ausfindig zu machen. Wie das Mausohr, habe ich auch diese Art über zwei Jahre gehalten, und wie bei jenem habe ich meine Pfleglinge nicht durch den Tod, sondern durch das offene Fenster verloren. Auch ein naturverständiger Mensch empfindet die Fledermaus als etwas leicht Unheimliches, wenn er sie zum erstenmal zum offenen Fenster lautlos hereinfliegen und nach einigen Kreisen durchs erleuchtete Zimmer ebenso still wieder verschwinden sieht. Man versteht, daß Mephisto der Herr der Ratten und der Fledermäuse ist, und daß Drachen und Teufel, soweit sie überhaupt fliegen können, trotz aller hier besprochenen Nachteile den Flügel der Fledermaus und nicht den des Vogels gewählt haben. Man kann auch den gespenstischen Eindruck nachempfinden, den die Makis auf die Erstbeschreiber gemacht haben müssen, und der diese veranlaßte, ihnen den Gespensternamen Lemur zu verleihen. Die Eigenschaften, die offenbar auf dem Wege uralter menschlicher Instinkte unheimlich wirken, verwandeln sich in merkwürdiger Bedeutungsumkehr in einen unaussprechlich anziehenden Reiz, wenn man die betreffenden Tiere näher kennenlernt, vor allem, wenn man plötzlich begreift, daß das Gespenst ein liebes und freundliches, hoch soziales Wesen ist, um nichts unheimlicher und gespenstischer als ein guter Hund.

Am unheimlichsten zuerst und am hundeähnlichsten bei näherer Bekanntschaft sind, wer wollte sich wundern, die fliegenden Hunde, Pteropus. Ich habe einen besessen, der so anhänglich war, daß er mir und meiner gewordenen Kinderfrau und damaligen Tier- und Kinderpflegerin überall nachflog und laut und verzweifelt schrie, wenn man ihn allein im Zimmer einsperrte. Da diese Großflattertiere bei ihren Flugversuchen im geschlossenen Raum aus den erörterten Gründen (S. 189) stets schreckliche Bruchlandungen vollführen (nur zu oft mit wirklichen Knochenbrüchen), so wagen sie schließlich überhaupt nicht mehr abzufliegen und meine Allespflegerin und ich haben viel Arbeit und Geduld aufwenden müssen, bis sich jener Flughund wieder zum Fliegen entschloß. Wir stellten uns einander gegenüber auf, einer nahm das Tier an den Hinterbeinen schaukelte es ein paarmal hin und her und warf es dann so in die Luft, daß es nach ein paar ungeschickten Flügelschlägen an dem anderen hängenblieb. Durch allmähliche Vergrößerung des Abstandes brachten wir dem Pteropus so allmählich bei, daß man auf uns beiden ungestraft Bauchlandungen im doppelten Sinne des Wortes vornehmen konnte und auf diesem etwas umständlichen Wege gewann er schließlich den Mut zum Fliegen wieder. Ein langer waagrechter Ast wurde an einer vorspringenden Kante des Bücherschranks, in einer Ecke des Zimmers, befestigt, an dem er alsbald in der in Abb. 8 wiedergegebenen Weise zu landen lernte. Weil in dem diagonal gegenüberliegenden Winkel des Zimmers für dieses riesenwellenschwingende Landungsmanöver kein Platz war, schuf ich hier eine Landungsmöglichkeit, indem ich ein dickes Kissen mit faltig darüber drapiertem Stoff, gewissermaßen als Menschenbauch-Ersatz, an der Wand befestigte. Zwischen diesen Landungsmöglichkeiten flog unser Pteropus programmgemäß



Abb. 14 und 15: Fliegender Hund (nach Fotos von E. Kulzer)

auf und ab, blieb prächtig gesund und vor allem von den Geschwüren verschont, die sonst unweigerlich nach einiger Zeit an den Flughäuten gefangener Flughunde auftreten, wenn diese nie fliegen und ihre Flughäute daher nicht genügend durchblutet werden. Flughunde sind Tiere mit hochentwickeltem Gesellschaftsleben. Es ist sicher bekannt, daß sie auf den Notschrei verwundeter oder vom Raubtier ergriffener Artgenossen unter lautem Geschrei herbeieilen, um den Gefährdeten zu verteidigen oder doch wenigstens dem Räuber das Leben schwer machen, wie dies Dohlen, Affen und viele andere soziale Tiere tun. Ihr sozialer Zusammenhalt ist persönlich und nicht anonym; einander fremde Flughunde kämpfen oft bis aufs Blut, so friedlich altbefreundete miteinander sind. Auch unser Flughund war gegen die ihm bekannten Personen freundlich, ja außerordentlich anhänglich, er flog einem, sowie man ins Zimmer trat, entgegen und wenn er auf einem gelandet war, konnte man sich seiner ohne fremde Hilfe absolut nicht entledigen, weil ein Mensch eben nicht genug Hände hat, um jeden der vier Enterhaken, die ein solches Tier an den Extremitäten besitzt, aus seiner

Kleidung auszuhaken und am Wiedereinhaken zu verhindern. Das Tier leckte und putzte die menschliche Haut mit einem Eifer, der darauf schließen läßt, daß Flughunde dem Artgenossen eine intensive „soziale Hautpflege“ angedeihen lassen; seine Anschmiegsamkeit war also sicher nicht nur darauf zurückzuführen, daß er den Menschen wegen seiner Körperwärme nur als „Schlafbaum mit Zentralheizung“ betrachtete. Wärmebedürftig war er allerdings in hohem Maße und dies führte zur Beobachtung einer Intelligenzleistung, die ich einem Tier seiner Entwicklungshöhe nie zugetraut hätte. Meine Allespflegerin hatte beobachtet, daß der Pteropus, wenn er fror, sich an Polster und weiche Tücher anzuschmiegen trachtete und um dem entgegenzukommen, befestigte sie an seinem Landungsast, frei herabhängend und am Oberrand etwas zusammengezogen, ein Stück weichen Flanells, dessen Ausmaße in der Lotrechten ungefähr der Länge, in der Breite nicht ganz der Spannweite des Flughundes entsprach. Sie erwartete, daß er sich vor dieser Deckung aufhängen und sich in sie wickeln würde. Ich lachte sie aus und fragte sie, ob sie denn glaube, einen Menschenaffen vor sich zu haben und lachte noch, als er vom Landungspolster in der anderen Zimmerecke her angeflogen kam und neben dem Flanellstück riesenwellenlandete. Das Lachen verging mir, als er, als hätte er das schon tausendmal getan, sich mit dem Rücken gegen das Tuch gewendet aufhängte und mit der einen Daumenkralle die eine, mit der anderen die andere untere Ecke ergriff, beide über seiner Brust zusammenzog und sich so bis zum Hals dicht in die Decke einhüllte. Leider hat der Krieg die Photographie des so bekleideten Flughundes verweht, sie wirkte besonders gespenstisch, wenn man sie *verkehrt* projizierte, so daß die Koboldphysiognomie der großen Fledermaus über dem aufrecht stehenden, schlanken, in ein weißes Laken gehüllten Körper erschien. Ich erzähle diese Geschichten, die eine wahrhaft primatenähnliche Lernfähigkeit und Intelligenz des Flughundes beweisen, nicht nur, weil sie unterhaltend sind. Sie haben eine Moral. Vergleicht man die Bewegungsfähigkeit eines Flughundes, sein erbärmliches Humpeln auf ebenem Boden, seine eng begrenzte Fähigkeit, zu landen, mit den entsprechenden Begabungen eines durchschnittlichen Vogels, so drängt sich einem die Frage auf, wieso der Flugsäuger im Konkurrenzkampf gegen den Vogel überhaupt zu bestehen vermag. Bei den Mikrochiropteren bieten sich viele Antworten an. Das bekannte Schall-„Radar“-Verfahren, das den Tieren ermöglicht, alle Gegenstände der Umwelt einschließlich der Beute auch in Abwesenheit von Licht zu „orten“, die Fähigkeit, nicht nur Winterschlaf zu halten, sondern durch eine beinahe willkürliche Beeinflussung der Körpertemperatur Energie zu sparen, und so manches andere machen die Konkurrenzfähigkeit der Kleinfledermäuse verständlich. Den Makrochiropteren fehlen derartige, sehr spezielle Anpassungen und es ist recht wahrscheinlich, daß sie sich im Daseinskampf durch die äußerlich nicht sichtbare Spezialisierung ihres Zentralnervensystems durchsetzen: hohe Intelligenz und Lernfähigkeit können im Verein mit sozialem Zusammenhalt und gemeinsamer Verteidigung gegen Feinde von ausschlaggebender Bedeutung für die Erhaltung einer Tierart sein.