

Ornithologisches Jahrbuch.

ORGAN

für das

palaearktische Faunengebiet.

Jahrgang VII.

Mai-Juni 1896.

Heft 3.

Ueber Fusshaltung im Fluge.

Die Lagerung der hinteren Extremitäten beim fliegenden Raubvogel im Zusammenhang mit allgemeinen, beim Fluge wirkenden Factoren und Relationen derselben zum Gefieder.

Von **Richard Biedermann.**

(Mit einer vom Verfasser nach frischem Materiale gezeichneten Tafel.)

Auf die liebenswürdige Aufforderung des Herausgebers dieses Journals habe ich mich entschlossen, meine langjährigen gelegentlichen Beobachtungen bezüglich des in Frage kommenden Punktes hier zusammenzustellen und auch deren Erklärung zu versuchen.

Die Haltung der hinteren Gliedmassen¹⁾ wird bedingt durch „äussere“ — physikalische — und „innere“ — physiologisch-anatomische — Factoren. Sie kann also weder unter allen äusseren Umständen bei demselben Typus, noch bei allen Typen unter denselben äusseren Umständen die gleiche sein. Wenden wir uns vorerst unseren Raubvögeln zu.

Legt man einen voll befiederten, frisch erlegten, aber nicht in Todtenstarre befindlichen Raubvogel auf den Rücken, so zeigt sich Folgendes: Es lässt sich unter Ausserachtlassung der Flügel und ev. eines Theiles der Steuerfedern eine wie aus einem Guss gegossene, in Form und Gefederzeichnung in sich abgeschlossene Spindel, nennen wir sie kurz „Flugspindel“, herstellen, also eine durch kleinen Querschnitt bei grosser Oberfläche sich auszeichnende Gestalt. Von der hinteren Extremität treten höchstens die Zehen etwas aus der

¹⁾ „Ständer“ ist ein wegen der Unklarheit seines Inbegriffes wissenschaftlich schlecht zu verwertender Ausdruck.

„Spindel“ heraus. (Fig. 1, o U D u, Fig. 2, Fig. 3). Lassen wir letztere erst mit dem Steuer endigen, so liegen auch die Zehen stets vollständig in der Spindel¹⁾ (Fig. 1, d, d₁).

Untersuchen wir zunächst die Lage des Oberschenkels in der Flugspindel. (Fig. 1, Fig. 2.) Derselbe ist bei vielen Raubvögeln zu einem beträchtlichen Theile frei und ausgiebiger Lagenveränderung fähig, wenn auch natürlich das Hüftgelenk fixiertes Drehcentrum bleibt. Seine Lagerung in der Flugspindel²⁾ ist angedeutet auf der Rumpfhaut durch den fast gar nicht oder doch nur mit kurzem Flaum befiederten Theil der Weichenhaut. Sein Knie-Ende ist dicht an den Rumpf (Fig. 2) angedrückt, nach Möglichkeit — aber zwanglos³⁾ — nach oben, rückenwärts gezogen; dadurch kommt dasselbe bei manchen⁴⁾ Raubvögeln in beinahe gleiche Höhe (horizontale Fluglage angenommen) mit dem Hüftgelenk (Fig. 1), bei andern⁵⁾ aber, namentlich wenn der Oberschenkel stark mit dem Rumpfe verwachsen ist, ziemlich tiefer zu liegen. Das Bestreben geht offenbar dahin, das Knie thunlichst weit gegen vorne (kopfwärts) zu bringen, um im Vereine mit den später zu erwähnenden Winkelungen im Fersengelenk eine „Verkürzung“, eine möglichst vollkommene Einverleibung der Gliedmassen in die „Flugspindel“ zu erzielen. (Vgl. Fig. 4, linker Unterschenkel schwanzwärts gezogen.) Jede zwanglose Verschiebung des Oberschenkels aus erwähnter Lage ist, weil eben das Hüftgelenk fixiert ist, zugleich eine das Knie nach hinten und aussen oder nach hinten und unten vom Schwerpunkt der Spindel entfernende, den Körperschwerpunkt⁶⁾ also entsprechend verlegende Verschiebung der Oberschenkel- und

¹⁾ Um die in Frage kommenden Verhältnisse auch an lebendem Materiale zu prüfen, untersuchte ich daraufhin Raubvögel verschiedener Specien, welche ich durch Chloroformnarkose in den Zustand mehr oder weniger vollkommener Muskelschlaffheit brachte.

²⁾ Aeusserlich ist der Oberschenkel, von den langen Weichenfedern zugedeckt, nicht sichtbar.

³⁾ Beim Sitzen ist die Möglichkeit eines »Zwanges« durch das Gewicht des auf der Extremität ruhenden übrigen Körpers gegeben.

⁴⁾ *Astur nisus*, *Falco peregrinus*.

⁵⁾ *Falco tinnunculus*, *Milvus regalis*.

⁶⁾ Der Schwerpunkt der »Flugspindel« scheint etwa im Septum atriorum des Herzens zu liegen.

eventuell auch der übrigen Extremitätsmasse. Der Körperschwerpunkt des horizontal fliegenden Vogels soll aber möglichst in diejenige zur Flugaxe lothrechte Linie zu liegen kommen, in welche der geometrische Mittelpunkt der „actuellen“ Gesamttragfläche fällt, und zwar zur Erreichung des nothwendigen stabilen Gleichgewichtes unter die Verbindungslinie der Angriffspunkte der Flügel am Rumpfe. Wird er nun weiter schwanzwärts verlegt, so muss zur Beibehaltung der bisherigen Flugrichtung die Fläche des Steuers vergrößert, dieses also gespreizt werden. Die Spreizung des Steuers darf aber aus mannigfachen Gründen kein Dauerzustand sein.

Um nun die Lage von Unterschenkel und Fuss in der Flugspindel zu finden, kann man wie folgt verfahren: Wir heben durch sorgfältiges nach Hinten- und Aufwärtsziehen an der Mittelzehe den ganzen Fuss ein wenig, bis sich der Unterschenkel um einige Millimeter mitgehoben hat; dann ziehen wir denselben seitwärts heraus. Es bleibt nach dem Herausheben des reichbefiederten Unterschenkels in der Spindel eine scharf begrenzte tiefe „Gefiederhöhle“ zurück, in welche der erstere genau hineinpasst. Er muss also während vieler Zeit dort gelagert sein. Im Stehen oder Sitzen ist dies meist nicht oder nur annähernd der Fall (vrgl. Anmkg. 2, S. 89), und es wird dann der „offene“ Theil der „Höhle“ durch die darüber gedeckten Handschwingen geschützt. Wir müssen daher wohl annehmen, dass jene „Gefiederhöhle“ die genaue Lage des Unterschenkels während der meisten Zeit des Fliegens bezeichnet. Da wo der Unterschenkel dem Rumpfe anliegt, findet sich auf der Rumpfhaut nur echter Flaum (nach der Jahreszeit mehr oder weniger), wie denn anderseits die dem Rumpfe zugekehrte Seite des Unterschenkels im Gegensatz zur äusseren mit fast seidenartig glatten, flaumweichen und unvollkommen gezeichneten Federn bekleidet ist (also gleichsam „Reibungsflächen“ zweier Gefiederschichten). — Von aussen gesehen liegen in der Flugspindel die Unterschenkel in dem seitlichen Brust-, Weichen- und Oberbauchgefieder zum Theile versteckt, zum andern Theile so, dass die an ihrer äusseren (dem Rumpfe abgewendeten) Seite entspringenden Hosenfedern die sonst bestehende Lücke in der Spindel (Fig. 2 H.) in idealer Weise ergänzen. Auch die Zeichnung und Farbe

ist, ganz dem entsprechend, eine die des angrenzenden und anschliessenden Gefieders¹⁾ nach allen Seiten vermittelnde, worauf ich besonders hinweisen möchte.

Durch jede andere Lage des Unterschenkels wird die Form der Spindel mehr oder weniger gestört, zugleich ihre Oberfläche vergrössert, der Reibungswiderstand gegen dieselbe vermehrt, was bei derjenigen Fliegweise, die hauptsächlich durch die Arbeit der Flügel erfolgt, in den meisten Fällen schliesslich ein continuiertlicher Nachtheil sein muss, besonders wenn der senkrecht zur Flugrichtung gelegte maximale Körperquerschnitt noch vergrössert wird.

Der Mittelfuss ist wenigstens zum grösseren Theile — soweit er nicht schon nach aussen von den Hosen überdeckt wird — in den unteren Bauchfedern und dem zunächst hinter dem After entspringenden losen Gefieder versteckt. Sein letzter Theil und die Zehen treten meist etwas aus den Unterschwanzdeckfedern hervor, ohne das Ende der letzteren zu erreichen (Fig. 1 bis 3). — Bei mehr oder weniger rauhfüssigen Raubvögeln kann man nach Herausnahme des Fusses den Gefieder-„Kanal“ verfolgen, in welchem jener gelagert war. Es ist dies etwa die Scheide zwischen den untersten Bauchfedern (Fig. 1 UB), Afterfedern und inneren Unterschwanzdeckfedern (SUD) und anderseits den äusseren seitlichen Unterschwanzdeckfedern (UD), welch' letztere in kurze vordere und lange hintere zerfallen. — Es findet demnach eine *Convergenz* der beiden Füsse statt, die zum Theile schon aus der *Convergenz* der Unterschenkel resultiert

¹⁾ Die Hosenfedern reichen sowohl hinten an die Unterschwanzdeckfedern heran (Fig. 2, H), als rückenwärts an die seitliche Grenze des Hinterrücken- und Bürzelgefieders. Nach der Bauchmitte zu schliessen sie an die seitliche Grenzlinie des Bauchgefieders an. In ihrem oberen Theile (kniewärts) bleiben sie (Flugspindellage vorausgesetzt) von den sehr langen Weichenfedern stets immer mehr oder weniger verdeckt. Die erwähnte »stylistische« Harmonie in Zeichnung und Farbe mit dem umgebenden Gefieder lässt sich besonders leicht z. B. an *Falco subbuteo* ♂ sen. erkennen. Doch finden sich bei anderen Raubvögeln und besonders deren Varietäten interessantere Beispiele, wenngleich für den ersten Blick weniger auffällige. Bei *Archibuteo lagopus* und anderen rauhfüssigen ist ferner ersichtlich, dass das Mittelfussgefieder in Zeichnung und Farbe nach innen dem begleitenden Unterbauchgefieder und kurzen Unterschwanzgefieder sich anschliesst. Nach aussen wird es von den Hosen fast gänzlich verdeckt.

(Fig. 2, Fig. 4). Bei manchen Raubvögeln ist jener „Kanal“ nicht nur an der genau der Fussform entsprechenden „Concavität“ (Fig. 4), sondern auch am Zurücktreten der Farbe des Gefieders deutlich zu erkennen, z. B. bei *Milvus*. Das Fersengelenk (Fig. 1 und 2) liegt unmittelbar seitlich der Stelle, wo die Spule der äussersten Steuerfeder (Fig. 1, Se) entspringt¹⁾. Die über die Rumpfhaut gezogene Verbindungslinie der beiden Gelenke schneidet ungefähr die Stelle der Afteröffnung (a). Doch liegt das Fersengelenk — beim horizontal schwebenden Vogel — höher als diese (Fig. 2, Fig. 1). Es liegt ferner das Fersengelenk auch höher als das hintere Ende des Mittelfusses²⁾. Die Zehen der beiden Füsse kommen thunlichst dicht unter die untere Fläche des Steuers zu liegen, in die longitudinale Höhlung desselben, wodurch ein störendes Hervortreten aus der Spindel nach Möglichkeit vermieden wird (Fig. 1 bis 4).

Da ohne Anwendung von äusserem Zwange der Fuss, besonders bei kurz- und starkfüssigen Raubvögeln, nicht vollständig gegen den Mittelfuss gestreckt werden kann, so ist jene Höherlagerung des Fersengelenkes überhaupt nothwendig,

¹⁾ Die äusseren Steuerfedern liegen successive tiefer und beginnen weiter kopfwärts als die inneren; die beiden mittleren entspringen in gleicher Höhe mit dem Rückenamm des letzten Schwanzwirbels und verlaufen unmittelbar neben und, bis zu dessen Abwärtskrümmung, entlang demselben nach hinten (Fig. 1, Si).

²⁾ Am ehesten nähert sich die Lage des Fersengelenkes der oben beschriebenen sonst noch beim aufrechten Stehen des Vogels auf einem Fusse. Es ist dies eine sehr häufige Haltung bei schlafenden Vögeln, welche auch die meisten Raubvögel gerne annehmen, jedoch nicht ausnahmslos. Einige Arten, vor allem unter den Edeladlern, scheinen diese Haltung überhaupt nicht oder nur höchst selten einzunehmen (*Aquila pennata*, *Aquila fulva*), denn so oft auch ich solche (natürlich gefangene) dieser Beobachtung wegen nachts vorsichtig überraschte, konnte ich dieselben immer nur auf beiden Füßen stehend antreffen. Dagegen habe ich zu vielen Dutzenden, ja zu hunderten Malen z. B. *Astur nisus*, *palumbarius*, *Haliaëtus albicilla* etc. etc. stets einfüssig schlafen und oft auch sonst ruhen sehen. Da, wie ich mich überzeugt habe, der Raubvogel aus der einfüssigen Ruhehaltung direct weder zum Abspringen noch zum Abfliegen gelangen kann — schon der aufrechten und eigenthümlichen Körperhaltung wegen — so setzt er bei geringstem Verdacht sofort den andern Fuss herunter; ich bin aber sicher, *Aquila pennata* oft in noch vollständig schlafendem (»betäubten«) Zustande überrascht zu haben, und trotzdem sah ich ihn bis jetzt bloss zweimal einfüssig schlafen.

um die Zehen dicht an die Unterseite des Steuers zu bringen, auch wenn dieselben, wie ich bis jetzt sah, nur wenig contractiert werden (Fig. 1, d; Fig. 4, rechter Fuss; Fig. 3; Fig. 2, d). Der Vogel braucht bei erwähnter Fersengelenkslage den Fuss bloss zwanglos zu strecken, um die richtige Zehenlagerung zu erreichen, ohne dazu noch besonders die Beugemuskeln als Winkelfixierer in Anspruch nehmen zu müssen. Ferner ergibt sich auch — immer jene Fersenlagerung vorausgesetzt — von selbst diejenige Convergenz der Füße, welche nöthig ist, um die Zehen auch seitlich nicht aus der Spindel heraustreten zu lassen (Fig. 2). Diese Convergenz beruht, soweit sie nicht schon aus derjenigen der Unterschenkel (siehe oben) resultiert, wiederum in einer von vornherein gegebenen Winkelung im Fersengelenk, nur mit dem Unterschiede gegen vorhin, dass der Vogel diesen „medianen“ Winkel überhaupt nicht in Wirklichkeit zu ändern vermag, sondern höchstens scheinbar durch Ein- oder Auswärtsdrehen des Unterschenkels oder vielmehr des Knies. Sehr schön sind diese Relationen bei *Falco peregrinus* ausgeprägt (Fig. 2). Sie sind mit anderen zusammen auch für das Stehen, Gehen und Auf- und Abspringen von Wichtigkeit durch die Art der Vertheilung der Druck- und Zugkräfte.

Man könnte vielleicht einwerfen, jene Fusshaltung beeinträchtige gewisse plötzliche Bewegungen und Drehungen des Steuers; dagegen ist aber zu bemerken, dass die Unterschenkel-Mittelfussbeuge, d. h. also die Fersengelenke, wie oben gezeigt, sich unmittelbar neben der „Schwanzbeuge“ anlegen, also ein gleichsam „concentrisches“ Ausweichen des Fusses dem Steuer gegenüber ermöglichen. Dass ferner jenes die häufigste (nicht die ausschliessliche!) „Fluglage“ sei, scheint mir weiterhin aus Folgendem hervorzugehen: Bei den „Rauhfüssigen“ sind die Federn der Hinterseite des Mittelfusses — soweit solche überhaupt vorhanden sind — in einer Weise verschieden von denen der Vorderseite, dass man wiederum (vgl. oben beim Ober- und Unterschenkel) auf eine habituelle Berührung und Reibung derselben mit anderem Gefieder schliessen darf: glatter, seidenartig oder flaumig und wenig oder gar nicht gezeichnet. Nach „aussen“, d. h. dem die Spindel umgebenden Medium zu, sind Zeichnung

und Structur des Gefieders immer höher entwickelt. Wäre also die gewöhnlichste Lage des Fusses diejenige „hart am Rumpfgefieder anliegend nach vorne“, so wäre wohl die dann nach aussen liegende Seite des Metatarsus die „besser“ befiederte! — Ein wirklicher Beweis ist dies natürlich nicht, aber ein „Indicium“. Und von den „Rauhfüssigen“ müssten (nicht müssen!) wir dann per Analogie auf die vollständig Nacktfüssigen schliessen.

Wie verhält es sich nun mit der Vorwärtslagerung der Füsse? Eine solche führt unter allen Umständen zu einer mehr oder weniger grossen Störung derjenigen äusseren räumlichen Körper- und Gefiederform, welche wir als „Flugspindel“ bezeichneten. Denn entweder ragen dann die Zehen oder auch weiter noch ein Theil des Mittelfusses über die Flugspindeloberfläche hinaus, oder der maximale Querschnitt derselben wird vergrössert (durch das Verstecken des Fusses unter dem Gefieder der Unterbrust und des Bauches), oder die Fersengelenke und damit die Hosen müssen seitlich oder nach unten aus der Spindel herausgehoben werden (Fig. 2, H.) Dies liegt ganz einfach in den anatomischen Verhältnissen des Vogelkörpers begründet, wie man sich ohne weiteres durch Versuche an einem solchen überzeugen kann. Alle diese Lagerungen des Fusses führen daher eine Vergrösserung des Reibungswiderstandes gegen die Flugspindel herbei, und zwar vornehmlich in der Richtung, die der Flugrichtung direkt entgegengesetzt ist — nicht ebenso gegen die Unterseite des Körpers. Wenn man nun bedenkt, dass der Reibungswiderstand gegen den praktisch in Betracht kommenden Querschnitt mindestens im Quadrate der Geschwindigkeit wächst, mit welcher die Luft gegen denselben, oder mit welcher dieser gegen die Luft bewegt wird, so müssen solche Störungen überall da bedenklich erscheinen, wo grösste Geschwindigkeit bei kleinster Anstrengung erstrebt wird; und diese wird zumeist das begehrenswerteste Ziel des Fliegers sein. — (Vergl. weiter unten: „Reibungswiderstand.“) — Wir werden daher die in Fig. 1, 2 u. s. w. angedeutete Haltung der hinteren Extremität aus den im Vorstehenden angeführten Gründen als die für den Flug im allgemeinen typische zu betrachten haben.

Gehen wir noch zu einem kurzen Vergleiche mit zwei beliebig, aber recht verschieden gewählten anderen Typen über, z. B. *Corvus* und *Clangula*.

Bei unseren Krähenarten können die Füße mit grösserem Vortheile nach vorne gelegt werden, statt nach hinten, und zwar ohne merkliche Dislocation des Fersengelenkes. Die Zehen treten dabei mässig weit seitlich von der Bauchmediane wenig über das Gefieder hervor, oder sind, wie der Mittelfuss, fast gänzlich unsichtbar. Es reicht ferner der Fuss — zum Unterschied von den Raubvögeln — kaum über die Mitte des Bauches hinaus nach vorne, zumal es die Eigenthümlichkeit der Metatarsophalangalgelenke hier ermöglicht, dass die 4 Zehen, worunter die sehr lange Hinterzehe, in compendiöser Weise dicht auf die Hinterseite des Mittelfusses zurückgeklappt, resp. gelegt werden. Auf diese Weise kommen die Zehen auch sehr leicht gänzlich in die „Spindel“ hinein.

Bei der (Fig. 1 entsprechenden) Rückwärtslagerung ragt aber hier der ganze untere Fuss erheblich aus der Spindel heraus. Diese letztere Lage habe ich viel seltener beobachtet, was aber auch auf Zufall beruhen kann, dagegen die erstere bei günstiger Beleuchtung an beträchtlich hoch fliegenden und kreisenden Rabenkrähen durch das Spiegeln der „schwarzpolierten“ Zehenschuppen oft erkennen können. — Es dürfte also das Bestreben das nämliche sein, wie bei den Raubvögeln, aber der veränderten Vorbedingungen wegen die Art der Ausführung eine theilweise andere¹⁾. — Ebenso scheint es mir beim folgenden Typus, bei der Schellente sich zu verhalten (Fig. 5). Hier ist es nicht möglich, die Füße in ähnlicher Weise nach vorne zu legen, ohne denselben eine für das Fliegen absurde Lage zu geben. Auch hier wird ein Anpassen an die Flugspindel am vortheilhaftesten sein. Dafür liegt aber nur eine Möglichkeit vor: Die „Ruder“ (Schwimmfüsse) werden seitlich dem kurzen Unterschwanzgefieder angelegt, so dass die aneinander gedrückten Zehen zwischen dem Rande desselben und der Unterfläche des Steuers beiderseitig conver-

¹⁾ Bei den Tauben z. B. werden die Füße nach hinten —, bei vielen Singvögeln (*Parus*, *Mertula*, *Fringilla*) u. s. w. wohl ausnahmsweise nach vorne gelegt.

gierend verlaufen, mit ihren Nägeln gerade noch unmittelbar hinter der Endspitze des Unterschwanzdeckgefieders sich berührend. Sie schliessen also das letztere ein, da sie nicht von ihm eingeschlossen oder aufgenommen werden können. Dabei wird die seitliche Einbuchtung der Spindel vor dem Bürzeltheil durch den Fuss theilweise paralytisch, die Spindel also, statt etwa gestört, vielmehr ergänzt und in geeigneter Weise durch die Zehen abgeschlossen. — Es ist mir noch nicht gelungen, diese Haltung sicher zu erkennen bei den sehr schnell fliegenden Enten von genanntem Typus. Ich halte dieselbe aber für die wahrscheinlichste beim schnellen Fluge; erstens aus mehrfach berührten physikalischen Gründen und zweitens auch deshalb, weil ein gutes Auge sich erfreuender Beobachter in jeder anderen Lage — eine Ausnahme gleich zu erwähnen — die Ruder leicht sehen müsste; so aber liegen die Füße eben ausserhalb des weissen Untergefieders, aber dicht an demselben und unter dem dunkeln Steuer, müssen also gerade recht schwer aus der Ferne zu erkennen sein. — Es gibt nur eine einzige Lagerung der Ruder, durch welche dieselben in das Gefieder hinein gebracht werden können; der Fuss liegt dann gleichsam „aufgerollt“ im seitlichen Unterbauchgefieder, eine als lang andauernder Zustand etwas unnatürlich, gezwungen erscheinende Haltung, die zudem nur bei wenigen Specien in zweckdienlicher Vollkommenheit erreicht werden dürfte¹⁾. — Ich habe diese Beispiele nur angeführt, um zu zeigen, wie verschiedene Mittel zum gleichen Ziele führen.

¹⁾ Die bei *Clangula* und ähnlichen supponierte Fusshaltung wäre gewissermassen der Uebergang zu derjenigen von *Ciconia*, *Ardea* und ähnlichen. Der lange und relativ sehr schwere Fuss wird bei letzteren bekanntlich nach hinten unter dem Steuer durchgestreckt; eine leichte Convergenz der Unterschenkel und Füße ist auch hier vorhanden; die Beinhaltung an und für sich schliesst sich durchaus dem Typus Fig. 1, 2 und 3 an, nur eben mit den rein durch die relativen Dimensionen gegebenen Modificationen. Auch hier wird die in Bezug auf Vermeidung »schädlichen« Reibungswiderstandes und ungeeigneter Schwerpunktsverschiebung günstigste Lagerung gesucht. Bei der bedeutenden Masse des langen Halses, der zwar beim Reiher möglichst verkürzt getragen wird, bieten die beiden langen Füße hinten ein erwünschtes Gegengewicht.

Im Nachstehenden stelle ich kurz meine Beobachtungen an fliegenden Raubvögeln zusammen, soweit sie für unser Thema direkt in Frage kommen.

I. Nur die Zehen und event. ein Theil des Mittelfusses sichtbar, in und auf dem Unterschwanzgefieder; Hosen „unsichtbar“. (Fig. 1; Fig. 2, d; Fig. 3.)

Beobachtet 1) beim schnellen Fluge mit kräftiger Flügellarbeit;

2) beim ruhigen Dahinschweben;

3) beim schiefen Stoss an folgenden Specien: *Astur nisus*¹⁾, *Buteo buteo*²⁾, *Falco tinnunculus*, *Circus aeruginosus*, *Perisoreus inornatus*, *Archibuteo lagopus*, *Falco subbuteo*, *Astur palumbarius*, *Falco peregrinus*, *Milvus regalis*, *Milvus ater*, *Circus cinereus*, *Strix otus*³⁾, *Otus brachyotus*⁴⁾, *Syrnium aluco*, *Strix flammea*.

¹⁾ Wie oft ich den *Astur nisus* im Freien vor Augen gehabt, dafür dürfte folgende Bemerkung einen Anhaltspunkt geben: Am 16. April 1881 schoss ich den ersten bei Winterthur (Schweiz), am 31. December 1894 den zweiundachtzigsten bei Pansdorf (Fürstenth. Lübeck). Und wie oft sieht man ihn, ohne ihm, auch wenn man es will, beizukommen!

²⁾ Bei Scharen auf dem Zuge befindlicher Mäusebussarde konnte ich bei günstigem Standorte meinerseits und niedrigem Stande der Sonne die schön gelben »Fänge« unter dem Steuer herausleuchten sehen.

³⁾ *Strix otus* traf ich mehrmals in strengen schneereichen Wintern im hellblendenden Mittagssonnenschein an Feldhecken, bald niedrig sitzend, bald denselben entlang streichend. Sie waren ohne jede Scheu, und da ich sie natürlich unbehelligt liess — es war gottlob keiner jener »principiellen« Schiesswütheriche bei mir — so konnte ich mehrmals in aller Nähe ihren Flug studieren. In der Nähe des Horstes habe ich *Strix otus* auch an Sommertagen fliegen sehen.

⁴⁾ *Otus brachyotus* fliegt, auch unaufgescheucht, oft am hellen Tage. Ich sah sie an der Kieler-Föhrde mit den Möven sich neckend in prachtvollen Curven bis in grosse Höhe steigend — am 19. November 1892 — beim klarsten Ostwindhimmel um die Mittagstunden.

- 4) bei senkrechtem Stoss an *Aquila pennata* (in Gefangenschaft), *Falco peregrinus* (beim Uhu').

II. Knie nach unten hervortretend, Unterschenkel und Fuss nach hinten und zugleich nach unten gerichtet; Hosen weithin sichtbar, Schwanz gespreizt.

Beobachtet 1) beim Abfliegen und vor dem sich Setzen, resp. Aufbaumen (ohne Ausnahme);

- 2) bei gewissen plötzlichen Wendungen an *Astur*, *Buteo*, *Falco* etc.

III. Füsse mit Senkung und Seitlichdrücken der Fersen (ohne Sichtbarwerden des Knies) nach vorne, mehr oder weniger stark in oder an das Rumpfgefieder gezogen; Zehen mehr oder weniger „geballt“; Hosen abstehend, deutlich sichtbar (Fig. 2, rechter Fuss.). Schwanz bei 3 und 5 ziemlich stark, bei 2 und 4 bisweilen etwas gespreizt.

Beobachtet 1) beim schiefen Stoss (vgl. I. 3) an *Astur palumbarius*, *nisus*, *Falco peregrinus*, *Buteo buteo* u. a.

- 2) beim Ankämpfen gegen starken Gegenwind (bisweilen), wenn zugleich ein ziemlich steiles Steigen damit verbunden, an *Astur nisus*;

- 3) beim langsamen, besonders beim schraubenförmigen Niederlassen an *Astur nisus*, *Milvus regalis* und *ater*, neuerlich auch an *Gypaëtus barbatus* in Gefangenschaft;

- 4) beim langsamen bis ziemlich schnellen, ab und zu von einigen Flügelschlägen begleiteten Dahinschweben ganz niedrig über dem Boden (spähendes), auf „Ueberrumpelungen“ ausgehendes Jagen an Hecken, auf Schneisen etc., oder „sich drücken“ vor dem Feinde — nicht immer, vgl. I — an *Astur nisus*, *Astur palumbarius*,

1) Auch beim Stossen auf Beute und auf Feinde findet nämlich oft erst im letzten Augenblick, unmittelbar vor dem Zugreifen, das plötzliche Vorschnellen der »Fänge« statt, wobei auch das Knie aus der Spindel heraustritt. Nach dem Angriff werden die Beine eventuell sofort wieder in die frühere Lage (Fig. 1, Fig. 2) gebracht. Das Wiedezurücklegen derselben in die Spindel (nach Fig. 1) geschieht oft mit solcher Raschheit, dass man Mühe hat, im Augenblick zu erkennen, ob sie nun »vorwärts« oder »rückwärts« gelegt worden seien!

Falco peregrinus, *Falco subbuteo*, *Falco aesalon*¹⁾,
Aquila fulva;

5) beim Kreisen (bisweilen) an *Astur nisus*, *palumbarius* u. a.

IV. Ganze Extremität möglichst weit abwärts²⁾, fast senkrecht gehalten, Hosen natürlich weithin sichtbar. Steuer fast maximal gespreizt und tief nach unten gedrückt; Hals und Kopf etwas gesenkt; starkes „Peitschen“ der Flügel.

Beobachtet manchmal beim Rütteln an *Falco tinnunculus*, *Buteo buteo*, *Astur nisus* (rüttelt nur selten); besonders ausgeprägt an *Archibuteo lagopus*.

Schlussbemerkungen.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgehen dürfte, lässt sich die Haltung und Lagerung der verschiedenen Körpertheile während des Fluges nur im engeren Zusammenhang mit den allgemeinen beim Fluge wirkenden Factoren verstehen. Um etwas näher an einigen Beispielen zu zeigen, wie sehr der Vogel in allen Dingen von diesen Factoren³⁾ abhängig ist, wollen wir uns zum Schlusse noch mit einigen seiner Beziehungen hauptsächlich zu einem derselben, dem Reibungswiderstande, beschäftigen. Die Grösse des Widerstandes der Luft gegen den in ihr bewegten Körper hängt bekanntlich u. a. ab von der Grösse des jeweiligen in Betracht kommenden Querschnittes und wächst im Verhältniss (ungefähr) des Quadrates der Flug- und Fall-Geschwindigkeit⁴⁾ des

¹⁾ Mit den vielgepriesenen »edlen« Manieren unserer Edelfalken ist es oft gar nicht weit her!

²⁾ Dadurch wird der Schwerpunkt des Vogels bedeutend tiefer unter die Verbindungslinie der Angriffspunkte der kräftig arbeitenden Flügel (Hebel) gesenkt und somit die Stabilität, wie es hier wünschenswert erscheint, beträchtlich erhöht. (Vrgl. »Schlussbemerkungen«.)

³⁾ Z. B. Muskelarbeit des Vogels (Bewegung und Fixierung), Form des Vogels; Schwerkraft und ihre Acceleration; Elasticität der Luft; Strömungen der Luft; Beharrungsvermögen der Lufttheilchen, namentlich als Reibungswiderstand.

⁴⁾ Dabei bleibt es bei gleicher Schnelligkeit der Ortsveränderung des Vogels zur umgebenden Luftmasse natürlich gleichgültig, ob die Luft gegen den Vogel (in Bezug auf die Erde) oder der Vogel gegen die Luft, oder beide gegen einander bewegt werden, d. h. ob »passive« oder »active« Geschwindigkeit oder beide zusammen vorliegen.

betreffenden Körpers. Daraus ergeben sich seine Beziehungen zum Gewicht, zur Rumpf- und sonstigen Form, zur Flügel- und Steuerhaltung, zur Flug- und Senkungsgeschwindigkeit des Vogels, zur Geschwindigkeit und Richtung etwa vorhandener Windströmungen u. s. w. Mit seiner Hilfe schraubt sich bei günstiger Windstärke der Vogel fast ohne merklichen Flügelschlag über derselben Stelle in ungeheure Höhen¹⁾, oder steigt und steuert geradlinig gegen den Wind, oder führt die raschesten Wendungen aus. Der Reibungswiderstand vermag die Wirkung der Acceleration²⁾, der Schwerkraft überhaupt, vermag die Geschwindigkeit (mit Unterstützung durch die Elasticität³⁾, als Gegenspannung der comprimierten Luft) aufzuheben, resp. zu modificieren. — Ein schönes Beispiel für die Ueberwindung der Schwerkraft mittels des Reibungswiderstandes bei einer gewissen Geschwindigkeit ist das (schiefe) Aufsteigen der schweren, kleinflügeligen Taucher (*Podiceps*) etc. vom Wasser; bezeichnend die abgeplattete Form ihres Leibes und der Umstand, dass sich dieselben — unter Nachschleppung des Hinterkörpers auf dem Wasser bis nach Erreichung der nöthigen Geschwindigkeit — stets gegen den Wind zu erheben suchen. Ferner illustriert z. B. beim „stillstehenden“ Rütteln die grosse Flügelarbeit anschaulich die Relation der Schwerkraft zum Reibungswiderstande (und der Elasticität) der Luft und zur Fluggeschwindigkeit, welche letztere eben hier durch fortwährende active Arbeit vom Vogel ersetzt werden muss, wenn er sich nicht senken soll. Ferner sehen wir die Einleitung des „stossenden“, resp. schief abwärts stattfindenden Fluges erfolgen einfach durch Verlegung des Hauptangriffes des von unten wirkenden Luftwiderstandes weiter nach hinten, durch Ver-

¹⁾ Gerade der Vogelflug erlaubt uns oft Schlüsse auf die in höheren Schichten fast immer herrschenden Luftströmungen und ihre Richtung, da wo wir keine Wolken erblicken.

²⁾ Eine zur bequemen Einhaltung einer constanten Geschwindigkeit bei schiefer oder bei verticaler Senkung höchst wichtige Relation. (Vrgl. die einschläg. mechanischen Gesetze.)

³⁾ Mittels der Gegenspannung der comprimierten Luft wirkt sich sogar nach jähem »Abstürzen« der Vogel oft wieder ein gutes Stück empor mit kräftig fixierten Flügeln. — Im übrigen kann hier auf die complicierte Combinationenwirkung von Reibungswiderstand und Elasticität der Luft beim Fluge nicht näher eingegangen werden.

grösserung der Tragflächen nach rückwärts (Flügelwinkelung und weitere Steuerspreizung), während im gasleeren Raume trotz alledem der Vogel beim „Fall“ unter Beibehaltung seiner ursprünglichen Axenrichtung je nach seinem bisherigen Bewegungszustande entweder vertical oder in einer Wurfparabel fallen müsste; auf keinen Fall aber könnte er sich senken, wie es beim schiefen „Stoss“ etc. geschieht, nämlich gleichsam auf einer schiefen Ebene¹⁾. Hingegen spielt die Verdrängung eines gewissen Luftquantums durch den Vogelkörper in Bezug auf sein (des Vogels) Gewicht, soweit bloss die Wirkung der Schwerkraft auf den Vogel selbst in Betracht kommt, keine Rolle²⁾. (Wie ganz anders bei Thieren im Wasser!) Es ist also offenbar durch das Gefieder nicht eine Raumvergrösserung an sich (oder gar eine Vergrösserung des geschwindigkeitsschädlichen Querschnittes³⁾) erstrebt, sondern eine Flächenvergrösserung in geeigneter, vom Flieger für die verschiedenen Bedürfnisse selbst zu regulierender Winkelneigung gegen die Richtung des Widerstandes. Daher bieten die grossen Tragflächen unter gewöhnlichen Umständen ihre schmalere Seite der der Flugrichtung entgegengesetzten

¹⁾ Bei einer bestimmten Fluggeschwindigkeit und entsprechender Grösse und Winkelneigung der Tragfläche des Vogels ist der Reibungswiderstand im Stande, die senkende Wirkung der Schwerkraft aufzuheben. Ein grosser Theil dieser Geschwindigkeit kann gerade von der Schwerkraft selber erzeugt werden, jedoch muss bei ihrer alleinigen Wirkung als Geschwindigkeitserzeuger doch eine durchschnittliche Senkung erfolgen, da ja wiederum der Reibungswiderstand einen Theil der lebendigen Kraft, in Form von Verzögerung, verzehrt. Diese Verhältnisse kommen z. B. auch bei dem sog. »Wellenflug« (von *Picus*, *Fringilla* und anderen) mit in Betracht.

²⁾ Ein Bussard z. B. von ca. 1100 Gramm Gewicht verdrängt mit dem Cubikinhalte seiner Masse nur etwa 3 Gramm Luft; das ist, nebenbei bemerkt, auch noch sehr viel weniger, als sein Gefieder für sich allein wiegt.

³⁾ Dieser »schädliche« Querschnitt ist nicht nur der maximale, zur Flugrichtung verticale, sondern auch jede Wiedererhebung aus der gleichmässig abfallenden »Flugspindel«, auch wenn sie die Peripherie des maximalen Querschnittes nicht erreicht, führt wenigstens zu einer secundären »Stauung« der Luft und in ungünstiger Richtung vermehrten Luftströmungen längs der Oberfläche der Spindel; diese verzehren aber einen Theil der lebendigen Kraft des sich bewegenden Vogelkörpers und wirken also verzögernd auf seine Geschwindigkeit. Deshalb ist die Lagerung der Beine und ihres Gefieders für den Flug (auch abgesehen von anderen Gründen) von Wichtigkeit.

Widerstandsrichtung, die breitere der der Schwerkraftswirkung entgegengesetzten Widerstandsrichtung dar. Die enorme Vergrößerung der Angriffsfläche für den Luftwiderstand (Reibungs- und Spannungswiderstand) ertreckt sich bis auf die Structur und den architektonischen Aufbau des Gefieders, der Federn selbst. Der Gegendruck und die eventuelle Spannkraft der unter Umständen stark gepressten Luft ist dabei auch in der Art der gegenseitigen Deckung, vor allem bei den Handschwingen¹⁾ berücksichtigt. An diesen und an den Steuerfedern ist die eben berührte Structur in grossartiger Weise durchgeführt. — Zur Vermehrung des Reibungswiderstandes dienen in erster Linie die nach unten heraustretenden „Schienen“ der Federabzweigungen („Fiedern“) I. und II. Grades und die Winkel, unter welchen dieselben zur Flügelschlag- und Luftströmungsrichtung stehen; zur Verwertung der Elasticität der Luft die Art und Weise der Verbindung der „Fiedern“ II. Grades untereinander, und die Winkel, unter denen sie ineinander oder eigentlich besser gesagt „aneinander“²⁾ greifen. Ferner ist bei näherem Zusehen ersichtlich, dass die Oberfläche³⁾ (nicht: die „obere“ Fläche = Oberseite) der Flügel und des Steuerers, sowohl was die Structur der Fiedern, Form und Wölbung der Federn, sowie des ganzen Flügels und die Richtung und Winkelstellung der Federn im Flügelmechanismus selbst anbelangt, nach unten gegen die Wirkungsrichtung der Schwerkraft, ganz ungleich viel mehr Reibungs- und Spannungs-Luftwiderstand finden muss,

¹⁾ Diese haben ja beim Flügelschlag im gleichen Zeitraume einen grösseren Raum zu durchmessen und also auch gegen ihr Ende hin eine succesiv grössere »Schlag-Geschwindigkeit« als die näher dem Körper stehenden übrigen Schwingen. Die Art der Deckung und damit auch zum Theil die Form der Handschwingen ist für die Repräsentanten der verschiedenen Flügeltypen zum Theil sehr charakteristisch und bietet bei den verschiedenen Gattungen schöne Vergleiche.

²⁾ Denn nur die Häkchen der Fiedern greifen in die anderen.

³⁾ Die flache »obere« Fläche des Rumpfes, d. h. die für den Luftwiderstand von oben in Betracht kommende Aussenseite des Rumpfes ist, entsprechend dem hier wirkenden allgemeinen Bestreben, so wie so viel kleiner als die »Unterfläche«, die ihre Aussenseite durch ihre sehr starke Wölbung für den Reibungswiderstand von unten gegenüber der oberen vergrössert; deshalb darf die Structur des Gefieders auf beiden Flächen auch gleichartiger sein, als bei den Flügeln und dem Steuer.

als nach oben¹⁾. Schon bei sehr mässiger Flug-Geschwindigkeit schlägt aber der Flügel beim gerade Abwärtsschlagen die Luft nicht mit seiner vollen Fläche in verticaler Richtung, vielmehr erfolgt die Luftströmung je nach dem Grade der Fluggeschwindigkeit nicht einfach von unten, sondern mehr oder weniger von vorne nach hinten gegen die Unterseite des Flügels²⁾, ebenso nachher von vorne nach hinten (nämlich beim Aufwärtsheben der Flügel) gegen ihre Oberseite. Dabei lassen die Schwungfedern von vorne (= oben) nach hinten (= unten) ziemlich viel Luft zwischen einander hindurch, infolge ihrer Schrägstellung nach vorne (= oben); von vorne (= unten) nach oben (= hinten) jedoch keine u. s. w. Das heisst also, um die in's Unbegrenzte sich erstreckenden gegenseitigen Relationen der Fliegefactoren hiermit zu verlassen, es ist alles und jedes in innigsten Zusammenhang gestellt mit den Aufgaben, die der Flieger je nach Umständen zu lösen hat. Und in diesem Sinne muss auch die „Frage“ der „Ständerhaltung“ von uns gelöst werden — und erst recht vom Vogel!

Eutin, im März 1896.

¹⁾ Die ganze Schwung- oder auch Steuerfeder ist mehr oder weniger ein System von T-Trägern und gewölbten Trag-Schienen; ebenso sind die Fiedern I. Grades nur die »Vertical«schienen der T-Träger, die sie mit einem Theile der Fläche des Fiedernsystemes II. Grades zusammen bilden. Diese Ausbildung in »T-Träger« und »Tragschienen« ermöglicht es der Feder, dem oft mächtigen, wider sie wirkenden Druck-, Zug- und Torsionskräften einen so kolossalen Widerstand ohne Zerstörung ihrer Structur und Form entgegenzusetzen. Ferner ist die Anordnung und Verbindung der Träger und Schienen unter sich so getroffen, dass die Feder einer wesentlichen Auseinanderspannung ihrer Oberfläche fähig ist, ohne dass das Gefüge bräche oder zerrisse, oder für die Luft allzu durchlässig wäre — letzteres wiederum des Reibungswiderstandes wegen, welchen die Luft beim Durchgehen durch dieses Gefüge finden muss. Also mit derselben Construction: Vermehrung der Oberfläche, der Festigkeit und nach gewissen Richtungen auch der elastischen Biegsamkeit!

²⁾ Die Vorwärtsbewegung des Körpers beruht also auf einem »Schieben« und »Heben« zugleich.

Tafel-Erklärung

Fig. 1. Lagerung der hinteren Extremität im horizontalen Fluge bei *Astur nisus*. Si mittlere Steuerfeder; Se äussere Steuerfeder; OD Ende der Oberschwanzdeckfedern; SUD Steiss und Unterschwanzdeckfedern; UD Ende der Unterschwanzdeckfedern; α After; a os pubis; d, d₁ Mittelzehe.

Fig. 2. Die nämliche Lagerung von unten gesehen bei *Falco peregrinus*. H Hosenfedern; a Converganzpunkt der ossa pubis.

Fig. 3. »Flugspindel« von unten gesehen bei *Archibuteo lagopus*.

Fig. 4. »Flugspindel« von unten-seitlich gesehen mit herausgelegten »Ständern« bei nach unten-rückwärts gezogenen Oberschenkeln (letztere nicht sichtbar), um die »Gefiederhöhle« und den »Fusskanal« zu zeigen, bei *Astur palumbarius*.

Fig. 5. »Flugspindel« von *Clangula glaucion*.

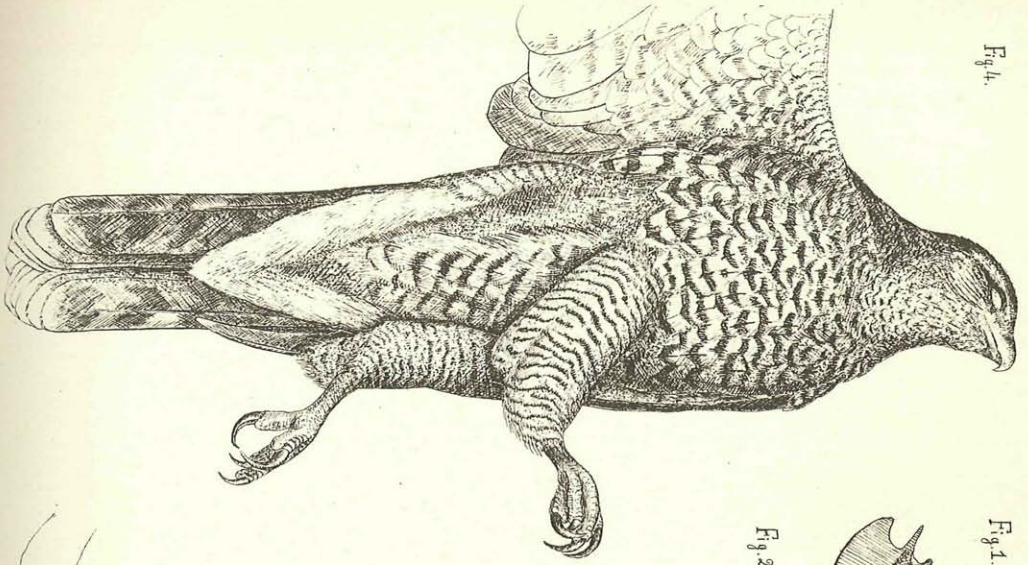


Fig. 4.

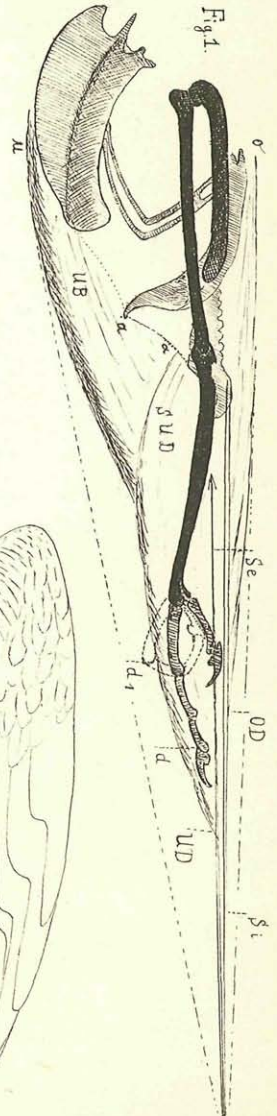


Fig. 1.

Fig. 2.

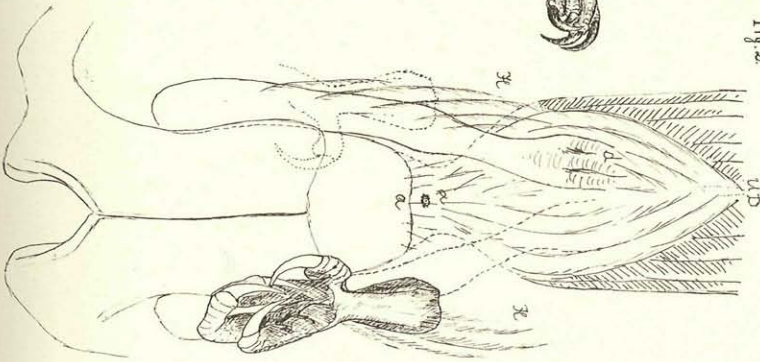


Fig. 3.

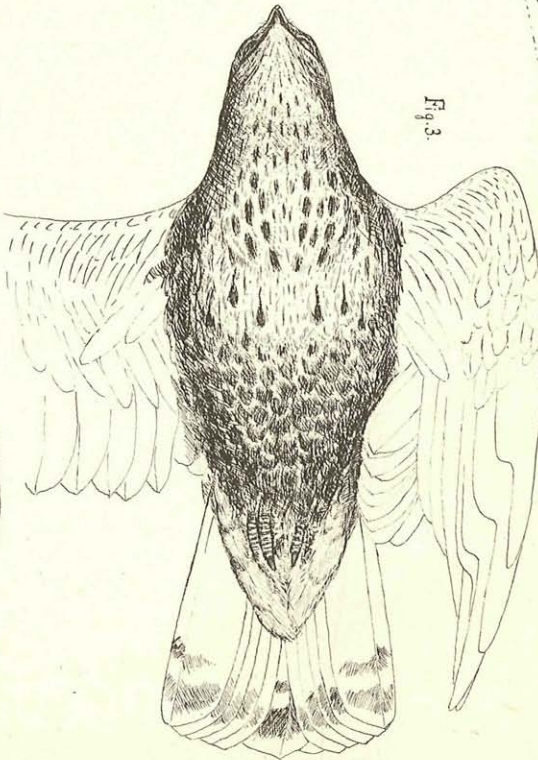
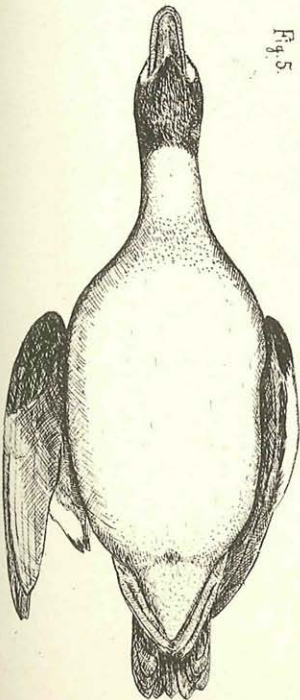


Fig. 5.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologisches Jahrbuch](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Biedermann-Imhoof Richard

Artikel/Article: [Ueber Fusshaltung im Fluge. \(Mit einer vom Verfasser nach frischem Materiale gezeichnete Tafel.\) 85-101](#)