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

Ueber den Vogelflug.

Vortrag, gehalten von W. Winter, k. Gymnasialprofessor.

So interessant es wäre, über die mechanischen Vorgänge beim Vogelflug Aufschluss zu erhalten, so wenig befriedigend ist das, was darüber bis jetzt als zuverlässig aufgefunden wurde. In der wichtigsten Frage, welche alle anderen stets begleitet, wie gross nämlich die Arbeit sei, welche der Vogel beim Fliegen aufzuwenden hat, kam man von dem einen Extreme, dass der Storch eine halbe bis eine ganze Pferdekraft brauche, zu dem andern, dass er fast nicht mehr brauche als ein Vierfüssler zum Gehen; dünkt uns das Erste unmöglich, denn wo sollte ein Storch bei 4 kgr. Gewicht eine solche Arbeit hernehmen, so erscheint uns das Andere unglaublich. Besonders die Frage, wie ein Vogel durch den Flügelschlag die nöthige Kraft produziere, um sich in der Luft zu erhalten, ist noch sehr wenig geklärt; zudem begegnet man bei Beobachtung des Vogelfluges einer Menge paradoxer Sätze, wie, dass der Vogel zu raschem Fluge weniger Arbeit brauche als zum langsamen, dass er gegen den Wind leichter fliege als in ruhiger Luft, dass er beim Segeln und Kreisen ohne Flügelschlag sich hoch in die Luft hebe und weite Strecken zurücklege. Es ist deshalb das Problem des Vogelfluges ein kompliziertes; aber eben wegen dieser sonderbaren Thatsachen reizt es zum Studium und die, wie ich jetzt gleich sagen will, ganz abstrusen Erklärungsversuche für Segeln und Kreisen fordern eine Widerlegung heraus, welche, wenn sie berechtigt sein soll, etwas Besseres an ihre Stelle setzen muss. Ich werde versuchen im Folgenden die Resultate meiner Studien über Vogelflug mitzutheilen.

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

Die Flugarten der einzelnen Vogelarten erscheinen verschieden und vor Allem möchte ich eine Art, die sehr characteristisch ist, von der gewöhnlichen Flugart abscheiden. Es ist das der Finkenflug wie ihn Fink, Goldammer, Bachstelze, Meise und viele ähnliche Kleinflieger, sogar auch noch Specht üben. Der Fink fliegt in bogigen Wellenlinien. Im unteren Theil der Welle macht er rasch mehrere Flügelschläge, steigt dann mit angezogenen Flügeln wie ein geworfener Stein schräg aufwärts, sinkt dann wieder schräg abwärts, giebt sich dann durch rasche Flügelschläge wieder einen neuen Antrieb zum nächsten Bogen und so geht es fort. Der einfachen, mechanischen Erklärung des Finkenfluges stellen sich bedeutende Hindernisse in den Weg und deshalb will ich diese Flugart zunächst ausscheiden und gehe über zur zweiten Art.

Der Rüttelflug hat seinen Namen vom „Rütteln" der Falken, welche, ihren Jagdflug unterbrechend, hie und da mit raschen Flügelschlägen rüttelnd in der Luft sich festhalten, um das Jagdterrain genau zu durchforschen. Der Rüttelflug dauert stets nur einige Secunden und wird nur von wenigen Vögeln gewohnheitsgemäss ausgeführt. Es handelt sich bei dessen Erklärung darum, durch Rechnung zu erforschen, wie oft der Vogel in der Secunde schlagen muss, um durch den Druck der Luft auf die Flügel so viel Kraft zu bekommen, als der Vogel zur dauernden Hebung nothwendig hat, und nachzusehen, wie weit die Rechnung mit der Beobachtung stimmt.

Der Druck, den eine bewegte Fläche durch die Luft bekommt, auch Winddruck oder Luftwiderstand genannt, ist aber erstens von der Grösse der Fläche abhängig und zwar um so grösser, je grösser die Fläche ist. Da die Flügelflächen aber nicht eben, sondern gewölbt sind, gewölbte Flächen aber einen grösseren Druck erhalten als ebene, so habe ich die von mir gemessenen Flügelflächen alle als ein und ein halb mal grösser in Rechnung gestellt. Der Winddruck ist ferner von der Geschwindigkeit abhängig und zwar dem Quadrat derselben proportional; das heisst, er wird 2^2 oder 4 mal grösser, wenn die Geschwindigkeit 2 mal grösser wird. Der Winddruck beträgt bei einem Meter Geschwindigkeit auf ein Quadratmeter 0,13 kg.

Dies alles ist der Inhalt der Winddruckformel:

$$P = 0{,}13 . F . v^2.$$

Mittels dieser Formel und der Kenntniss, dass das Schlagcentrum

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

in $^6/_{10}$ der Flügellänge liegt, lässt sich die Anzahl der Schläge berechnen; doch muss dabei der Winddruck bei jedem Schlag doppelt so gross sein, als das Gewicht des Vogels, damit er aus der Zeit des Schlagens eine Reserve habe, welche über die kraftlose Zeit des Hebens hinüberhilft. Ich fand so, dass Mäusebussard und Saatkrähe etwa 5 Schläge machen müssen, Zwergfalke und Wanderfalke 7—8, Zahlen, welche mit der Beobachtung sicher gut übereinstimmen. Dass die schwerer belastete Wildtaube deren 9 machen muss, findet man noch glaublich, aber erschreckend wirkt die Zahl 21 bei Rebhuhn und 22 bei Zwergsteissfuss. Rebhuhn macht zwar niemals Rüttelflug, aber wenn es auffliegt, macht es anfangs, da es noch keine Geschwindigkeit hat, doch auch eine Art Rüttelflug und Jedermann kennt das schnarrende und klappernde Geräusch, mit dem die Rebhühner aufstehen. Das sind sicher viele und rasche Schläge, aber 21 per Secunde wohl kaum. Berücksichtigt man aber, dass das Rebhuhn dabei mit den Flügeln oben und unten zusammenschlägt, also einen Winkel von 180° beschreibt, während ich nur 120° angenommen habe; berücksichtigt man ferner, dass bei diesem heftigen Schlagen durch die schalenförmigen Flügel, wenn sie unter der Brust zusammenklappen, dort die Luft stark zusammengepresst wird und dass diese zusammengepresste Luft nun auch auf Brust und Bauch des Vogels drückt und ihn hebt, was in der Rechnung auch nicht berücksichtigt werden kann, so findet man erklärlich, dass das Rebhuhn mit etwa 12—14 Schlägen auffliegen kann, und so viele sind es sicher. Das Rebhuhn hat aber auch einen ungemein kräftigen Brustmuskel, welcher fast $^1/_3$ seines Körpergewichtes beträgt und ist zu einer solchen Leistung wohl befähigt. Anders liegt die Sache beim Zwergsteissfuss, der 22 Schläge nothwendig hätte, aber nur einen so schwachen Brustmuskel hat — er beträgt nur $^1/_9$ seines Körpergewichtes —, dass ihm eine solche Leistung nicht zugemuthet werden kann. Thatsächlich fliegt der Steissfuss vom Lande aus nie auf, vom Wasser aus nur dadurch, dass er zuerst an der Wasseroberfläche fortfliegt, bis er die nöthige Geschwindigkeit hat. In der Gefangenschaft macht er nicht einmal den Versuch aufzufliegen und erduldet lieber die schlimmsten Bedrohungen und Angriffe, wohl wissend, dass ihm seine kurzen, schmalen Flügel und sein schwacher Brustmuskel das Fliegen doch nicht

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

ermöglichen. Zwergsteissfuss liegt jenseits der Grenze, bis zu welcher ein Flug an Ort möglich ist. Für Vögel, welche den Rüttelflug nicht gewöhnt sind, ist der gezwungene Flug an Ort unnatürlich, qualvoll und rasch ermüdend. Dies sieht man an einer Schwalbe, wenn sie sich in ein Zimmer verflogen hat und nun in ängstlichem Flattern an der Fensterscheibe einen Ausweg sucht. Lässt man ihr keine Ruhe zur Erholung, so ist sie in wenigen Minuten so ermattet, dass man sie mit den Händen haschen kann. Lässt man sie dann ins Freie, so setzt sie ihren gewohnten Flug fort, ohne je zu ermüden und zeigt uns recht deutlich, dass der Rüttelflug mehr Arbeit verlangt als der Streckenflug. Das zeigt auch die Rechnung; denn sie giebt an, dass Mäusebussard, Saatkrähe und Zwergfalke beim Rüttelflug so viel arbeiten, dass sie dadurch ihr eigenes Körpergewicht in jeder Secunde 6 Meter hoch heben. Das ist ungemein viel; denn wenn wir rasch eine Stiege hinauf springen, so heben wir unser Gewicht höchstens 1 Meter hoch und halten das erfahrungsgemäss nicht lange aus.

Der Streckenflug.

Unter Streckenflug verstehe ich den gewöhnlichen Flug der Vögel, bei welchem sie mittels Flügelschlages eine Strecke zurücklegen. Es ist das die gewöhnlichste und deshalb wichtigste Flugart. Als charakteristische Eigenthümlichkeit zeigt sich, worauf ich ausdrücklich aufmerksam machen möchte, seine stets grosse Geschwindigkeit. Stets fliegt der Vogel rasch, stets scheint er Eile zu haben, auch wenn für uns kein Grund hiezu ersichtlich ist, und wenn wir gleich darauf sehen, dass er überflüssig Zeit hat zum putzen, ruhen, schwatzen und spielen. Nie sehen wir einen Vogel nach Spaziergängerart mit Musse und gleichsam bummelnd fliegen. Stets hat er Eilflug; 10—12 Meter Geschwindigkeit ist für die meisten die Regel, die wohl erhöht, aber nur selten verringert wird. Schon hieraus schliessen wir, dass der rasche Flug dem Vogel weniger Mühe machen muss als der langsame, und diese Vermuthung wird bestätigt, wenn wir beobachten, dass er beim raschen Flug weniger Schläge nothwendig hat. So fliegt die Taube auf mit raschen Flügelschlägen, 8—10 in der Secunde wie beim Rüttelflug; je rascher aber ihr Flug wird, um so weniger werden die Schläge, bis sie mit ihrer gewöhnlichen Geschwindigkeit von circa 12 Meter und 4 Schlägen per Secunde dahinzieht.

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

Nur wenn sie noch grössere Geschwindigkeit haben will, macht sie wieder mehr Schläge. Die Erklärung hiefür, sowie auch dafür, dass der Vogel bei mässigem Gegenwind lieber fliegt als in ruhiger Luft, liegt darin, dass der Flügel beim Niederschlagen nicht ruhige Luft sondern bewegte Luft trifft, was ich sogleich weiter ausführen werde.

Beim Rüttelflug muss der Vogel so rasch schlagen, dass er durch die Geschwindigkeit der Flügel den nöthigen Druck erlangt; beim Streckenflug aber, wo der Vogel selbst schon Geschwindigkeit hat, ist es gleichgültig, ob ich sage, der Vogel fliegt und die Luft ist ruhig, oder, der Vogel ist ruhig und es bläst ihm ein Wind von entsprechender Geschwindigkeit entgegen. Letztere Ausdrucksweise werde ich als die einfachere beibehalten. Auch ist es gleichgültig, ob der Vogel den Flügel nach abwärts bewegt, oder ob der Flügel ruhig ist und dafür die Luft sich von unten nach oben bewegt. Wenn also der Vogel im Streckenflug fliegt, so ist es gerade so, als wenn sein horizontal gehaltener Flügel von einem Wind getroffen wird, der schräg von unten auf ihn zubläst. Die Geschwindigkeit dieses Windes ist eben wegen der Geschwindigkeit des fliegenden Vogels selbst schon eine grosse, und desshalb bedarf es nur eines verhältnissmässig langsamen Heruntergehens der Flügel, um so viel Winddruck zu bekommen als der Vogel nothwendig hat. Und je grösser die Geschwindigkeit des Fluges, desto kleiner darf die Geschwindigkeit des Flügels sein; allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze, denn mit der Geschwindigkeit des Fluges wächst auch und zwar sehr rasch der Reibungswiderstand. Ich muss es mir versagen die Rechnungen in ihren Einzelheiten vorzuführen, und will nach Angabe dieser Grundprinzipien hier nur die Resultate mittheilen.

Ein Wanderfalke von 744 gr Gewicht und 1143 qcm Flügelfläche kann bei 15 m Geschwindigkeit mit 3 Schlägen pro Secunde bei 70° Schlagwinkel horizontal fliegen. Die Arbeit, die er dabei leistet, ist 2 kgm pro kg Körpergewicht, also so gross, dass er sein eigenes Gewicht in jeder Secunde 2 m hoch heben könnte. Das ist, verglichen mit der Arbeit, welche ein Mensch beim Marschiren leistet, sehr viel, 10—12 mal so viel; dafür ist aber auch die Geschwindigkeit des Falken ca. 12 mal gösser als die des Fussgängers. Legt also Falke und Fussgänger jeder denselben Weg zurück, so braucht jeder

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

ungefähr dieselbe Arbeit pro kg Körpergewicht. Der Falke leistet diese Arbeit aber in viel kürzerer Zeit; er leistet dieselbe Arbeit gleichsam in konzentrierterer Form.

Ich würde nicht den Muth haben, eine derartige Rechnung auch nur mit einigem Anspruch auf Richtigkeit zu produzieren, wenn sie nur für einen Vogel oder nur noch für dessen nächste Verwandte passen würde. Aber dieselbe Methode hat sich als richtig erwiesen für Flieger der verschiedensten Arten. So fliegt Saatkrähe mit 3 Schlägen bei 12 m Geschwindigkeit und leistet 1,77 kgm relative Arbeit. d. h. pro kg Körpergewicht. Die leichtbelastete Schwalbe fliegt mit 3 Schlägen bei 10 m Geschwindigkeit und leistet 0,77 kgm relative Arbeit.

Das schwerbelastete Rebhuhn reicht mit 7 Schlägen bei 12 m Geschwindigkeit, arbeitet aber 4,04 kgm relative Arbeit.

Kibitz, der um ein Drittel leichter ist als Rebhuhn, aber eine mehr als doppelt so grosse Flügelfläche hat, reicht mit 3 Schlägen bei 10 m und leistet 1,47 kgm relative Arbeit.

Habicht braucht 3 Schläge bei 12 m und leistet 2,56 kgm, während Fasan 5 Schläge bei 12 m macht und 4,40 kgm relative Arbeit leistet.

Bei den verschiedenartigsten Fliegern hat dieselbe Art der Berechnung stets Resultate geliefert, welche mit den Beobachtungen gut übereinstimmen, obwohl ich dazu nur die gewöhnliche Formel für den Luftwiderstand angewandt habe. Allerdings habe ich auf die Wölbung der Flügel Rücksicht genommen, und desshalb insbesondere auf Grund von Lilienthal's Messungen den Druck auf gewölbte Flächen 1,5mal, in einigen Fällen 2 mal grösser genommen, als er bei ebenen Flächen sich errechnen würde. Hiezu ist man aber sicher berechtigt. Denn ausser dem, was uns Lilienthal's Messungen zeigen, dass nämlich der Winddruck auf schräg gestellte gewölbte Flächen vielmal grösser ist als auf ebene Flächen — und ich gehe gar nicht zu so hohen Verstärkungszahlen, wie er sie bietet, da sie mir bedenklich erscheinen — bietet auch die Form der Flügel noch selbst manches Bemerkenswerthe, was zwar nicht berechnet werden kann, aber seinem Einfluss nach doch nicht vernachlässigt werden darf.

Solches ist das Zurückreissen der Handschwingen bei Falke, Schwalbe und Taube, das sicher horizontal fördert; solches ist das enge Anschliessen der Flügelflächen an den

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

Leib, wodurch dort ein Kanal gebildet wird, in welchem sich die Luft sicher sehr wirkungsvoll fängt, und so zum Fliegen beiträgt, während die Rechnung so verläuft, wie wenn statt des Körpers ein leerer Raum da wäre. Solches ist schliesslich die Beobachtung, dass der Flügel tiefer unter die horizontale Lage herabgedrückt wird, als er über die horizontale Lage erhoben wird; denn dadurch werden die Luftmassen recht wirkungsvoll gegen einander und auf den Vogel zugelenkt, worauf die Rechnung auch keine Rücksicht nehmen kann.

All dieses dürfte die wirkliche Flugarbeit noch etwas vermindern, aber es entzieht sich der Berechnung wie noch so manches andere, und man darf froh sein, wenn man bei diesem Problem nur über das Gröbste hinweg zur ersten Annäherung gelangt ist.

Im Allgemeinen bleibe ich demnach bei meinen Resultaten stehen, sicher, dass sie die Flugarbeit nicht zu klein und nicht wesentlich zu gross angeben. Es zeigen im allgemeinen die mässig belasteten Flieger eine relative Flugarbeit von 2 kgm und die schwerbelasteten von 4 kgm in der Secunde beim horizontalen Streckenflug.

Die Vögel zeigen sich aber auch derart organisirt, dass sie so hohe Arbeitsgrössen recht gut leisten können. Besonders ist hiebei massgebend die ungemein grosse Nahrungsmenge, welche sie zu sich nehmen, und in welcher sie von keinem Wirbelthier erreicht, geschweige denn übertroffen werden. Die Kerbthierfresser unter den Vögeln fressen nach Brehm täglich ihr zwei- bis dreifaches Gewicht, und wenn auch Kerbthiernahrung nicht sonderlich nahrhaft und mit vielem unverdaulichen Ballast beschwert ist, so ist doch eine solche Nahrungsaufnahme etwas ganz ausserordentliches. Fleischfresser begnügen sich mit geringeren Portionen, etwa $^1/_6$ ihres Gewichtes. Ein von mir untersuchter Habicht von 1043 gr. Nüchterngewicht hatte 80 gr. bestes Muskelfleisch im Kropf, d. i. $^1/_{13}$ seines Gewichtes, und das war nur das Morgenmahl. So wenig wir es den Vögeln an solchen Nahrungsmengen gleich thun können, so wenig werden wir sie an Kraft erreichen, und das persönliche Fliegen wird meiner Ansicht nach für Menschen unmöglich bleiben.

Auch eine gesteigerte Athmung nimmt man an den Vögeln wahr, ebenso höhere Blutwärme, viel raschere Verdauung,

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

rascheren Blutkreislauf und ein bedeutend grösseres Herz, das 2—3 mal ja sogar 4 mal grösser ist als es im Verhältniss zum menschlichen Körper sein dürfte.

Während all das die erhöhte Arbeitsproduktion, welche zum Flug erforderlich ist, ermöglicht, bietet umgekehrt wieder der Flug die Möglichkeit einer bequemen und sicheren Auffindung von so viel Nahrung; denn er gewährt die grösste Freiheit in der Ortsveränderung verbunden mit der grössten Geschwindigkeit, so dass ein Vogel stets rasch auf seinen Futterplatz gelangt, ihn ebenso rasch wechselt, wenn er sich unergiebig erweist, die Niststelle weit entfernt von der Futterstelle errichten kann, und so stets gerade dort sich rasch einstellen kann, wo für ihn der Tisch am besten gedeckt ist.

Auch aus diesem Grund des Aequivalentes von Nahrung und Leistung muss der Werth der Flugarbeit ein hoher sein. Versuche, den Werth der Flugarbeit auf ein niedrigeres Mass herunter zu rechnen, erregen deshalb schon von vornherein Bedenken.

Wenn über den Streckenflug und besonders über die Flugarbeit die Ansichten bisher zu einer ziemlichen Klarheit gediehen waren, so lässt sich das über das Segeln und Kreisen leider nicht aussagen. Was ich hierüber in der Literatur vorfand, ist so dürftig, vielfach so fehlerhaft, dass man gar nichts damit anzufangen weiss; ich musste mir hierüber eine ganz neue Theorie bilden.

Vor allem verdient H. Lilienthal Beachtung, welcher durch seine eigenen Versuche gefunden zu haben glaubt, dass jeder Wind eine aufsteigende Tendenz hat, etwa von 3—4°, und hierauf eine Theorie des Segelns gründet. Die Theorie wäre richtig, wenn es die Voraussetzung wäre. Aber eine aufsteigende Tendenz im Betrage von 3—4° hat der Wind nur nahe an der Erdoberfläche, dort, wo ihn Lilienthal mass, bis 8—10 m über dem Boden. Hieraus auf gleiches in höheren Luftschichten zu schliessen, ist bedenklich; dort eine eben solche aufsteigende Tendenz anzunehmen widerspricht sämmtlichen Erfahrungen des täglichen Lebens über Wolkenzug, Zug des Rauches und widerspricht den Erfahrungen der Meteorologie. Da ich das „Wenn“ Lilienthal's nicht zugeben kann, so muss ich auch seine Theorie des Segelns als verfehlt ansehen.

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

Eine andere Ansicht fand ich in einem Aufsatz des Hrn. Olshausen in „Gäa. 27. Jahrg. Heft VI. u. VII 1891. Das Segeln und Schweben der Vögel". Er sucht die Forderung Lilienthal's, dass der Wind eine aufsteigende Tendenz von 3—4" habe, als an vielen Orten erfüllt nachzuweisen. Aber die Art, wie er es thut, begegnet meistens den grössten Bedenken. Er behauptet, dass die Felswand Helgolands den Wind nach aufwärts ablenke, nicht bloss in geringem Abstand über dem Riff, sondern so, dass auch noch der 200 bis 300 m über Helgoland streichende Wind nach aufwärts abgelenkt werde, unter 45° sogar und 20—30 m hoch; und dort, meint er, segeln die Möven. Aber auch Helgolands Düne, ein Sandhaufen von 6 m Höhe, lenke auch den Wind bis weit hinauf um etliche Meter vom horizontalen Wege ab. Derartiges widerspricht der täglichen Anschauung, wie der Rauch des Dampfers über die Düne wegzieht. Und wie die Düne, so wirken nach Ansicht Olshausen's die Meereswellen selbst, die grossen breiten Wellen des Oceans; auch sie lenken bis auf grosse Höhen hin den Wind ab, so dass er noch 100 bis 200 m über dem Meere auf und absteige wie die Meereswellen, und das gestatte den Vögeln des Weltmeeres das Segeln.

Von ähnlicher Unmöglichkeit sind seine anderen Angaben, dass über einer Waldwiese, wenn sie von der Sonne beschienen wird, die Luft mit 5 m Geschwindigkeit aufsteige, damit dort der Storch kreisen kann; er vergisst zu rechnen, dass hiezu die Sonne nur auf die Wiese und ca. 80 mal stärker scheinen müsste, was einem mässigen Waldbrand ungefähr entspricht. Auch kreist Storch, Habicht und Bussard nicht nur über der Waldwiese, sondern über dem Wald und auch über den Wiesen und Aeckern und nicht nur, wenn Sonne scheint.

Ich verzichte darauf, auch noch die anderen Ansichten Olshausen's aufzuführen.

Segeln und Kreisen sind Flugarten von grossem Interesse besonders deshalb, weil hiebei der Vogel vorwärts, ja sogar aufwärts kommt, ohne selbst Arbeit zu leisten. Er rührt die Flügel nicht, hält sie horizontal ausgestreckt, höchstens gibt er ihnen ab und zu eine andere Stellung, wie der Seefahrer dem Segel, um den Wind passend zu fangen. Er arbeitet also selbst nichts, und doch kommt er vorwärts, sogar

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

gegen den Wind, und fällt nicht herab, und steigt immer höher und höher, so dass er fast dem Auge entschwindet.

Unter dem einfachen Segeln verstehe ich die Bewegung des Vogels gegen den Wind ohne Flügelschlag, ohne Verminderung seiner durchschnittlichen Geschwindigkeit und ohne Verminderung seiner Höhe. Es ist wesentlich zu unterscheiden vom einfachen Schweben oder dem Gleitflug.

Beim Gleitflug hält auch der Vogel seine Flügel ausgespannt und schlägt nicht und kommt vorwärts entweder gegen den Wind oder mit dem Wind. Aber wenn er horizontal fortschwebt wie die Rebhühner, so vermindert sich seine Geschwindigkeit, so dass er sich bald wieder einen Antrieb durch Flügelschlag geben muss, oder wenn er an Geschwindigkeit nichts einbüssen will, so muss er sich senken, kommt also bald auf den Boden. Er kann sogar schwebend steigen, aber um so rascher verliert er dann seine Geschwindigkeit. Der Gleitflug ist stets zeitlich und räumlich begrenzt und wird ausgeführt dadurch, dass der Vogel die in ihm schon vorhandenen Energien aufbraucht, nämlich seine Bewegungsenergie und seine Gravitationsenergie. Der Segelflug ist, solange die äusseren Umstände (Wind) sich nicht ändern, zeitlich und räumlich unbegrenzt; der Vogel kann stundenlang und meilenweit fortsegeln, und hebt sich durch Kreisen bis über die Gipfel der höchsten Berge.

Wie es beim Segeln zugeht, habe ich den Mauerseglern abgesehen, obwohl es bei deren unstätem Umherjagen oft schwer hält, auch nur einige aufeinanderfolgende Segelbewegungen gut zu beobachten.

Bei mässigem Wind (6—10 m) schwebt der Mauersegler gegen den Wind, bis seine Geschwindigkeit sehr gering geworden ist (2—4 m). Dann senkt er sich plötzlich in eleganter Kurve nach abwärts (1—2 m), lässt sich also fallen, und wendet sofort geschickt wieder gegen den Wind; nun steigt er sanft an, dabei wieder an Geschwindigkeit verlierend, bis er wieder die alte Höhe und die ursprüngliche Geschwindigkeit erlangt hat. Nun beginnt dasselbe Segelmanöver wieder, und es besteht sein Ansegeln gegen den Wind aus einer Aufeinanderfolge solcher einfachster Segelwellen.

Zur Ausführung solchen Segelns hat er keinen aufsteigenden Wind nöthig, obwohl ihm ein solcher sehr gelegen käme;

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

aber Wind hat er nöthig, gleichmässigen, horizontalen, mässigen Wind, und er muss sich zuerst herabfallen lassen; das ist zum Segeln nöthig.

Dadurch nämlich, dass er sich 1—2 m fallen lässt, wird seine Geschwindigkeit grösser. Nehmen wir an, es sei kein Wind vorhanden, so kann er nun mit der vergrösserten Geschwindigkeit weiterschweben, er kann hiebei sogar etwas ansteigen, und theoretisch, wenn keine Widerstände zu überwinden wären, würde er dabei wieder ebenso hoch hinauf kommen, als er sich hatte fallen lassen; praktisch, da er dabei im Gleitflug für Ueberwindung der Schwerkraft zu sorgen hat und Luftreibung zu überwinden hat, kommt er nicht wieder ebenso hoch; er könnte also auch nicht auf dieselbe Art weitersegeln.

Wenn aber ein Wind ihm entgegenweht, und er die Flügel ebenso hält wie vorher, so wird er nun in den Flügeln einen stärkeren Druck fangen als seiner eigenen Geschwindigkeit entspricht. Der Druck wird nicht nur genügen, um die Schwerkraft zu überwinden und ihn also zu tragen, sondern der Ueberschuss des Druckes wird ihn noch heben, so dass er theoretisch schliesslich höher steht als anfangs; praktisch steht er schliesslich ebenso hoch als anfangs, vielleicht, wenn der Wind nicht stark genug war, nicht ganz so hoch, vielleicht, wenn der Wind stark genug war, sogar höher als anfangs.

Auch ohne dass man diese Bewegungen zahlenmässig verfolgt, versteht man die Möglichkeit eines solchen Vorganges.

Hat der Vogel etwa 2 m Anfangsgeschwindigkeit und lässt er sich 2 m hoch herunterfallen, so hat er dadurch eine Geschwindigkeit von 6.6 m, und wenn nun kein Wind weht, so kann er mit 6,6 m Geschwindigkeit weiter schweben, die Flügel etwas aufdrehen und sich so heben lassen, so lange bis seine Geschwindigkeit wieder auf 2 m heruntergegangen ist. Dabei steigt er theoretisch wieder um 2 m. Hat er aber Gegenwind von etwa 8 m, so werden seine Flügel nun von einem Luftstrom getroffen, dessen Geschwindigkeit = 6,6 + 8 = 14,6 m ist, und von diesem kann er sich in die Flügel blasen lassen, so lange, bis die Geschwindigkeit des Luftstromes auf 2 + 8 = 10 m heruntergegangen ist. Man versteht auch ohne Rechnung, dass die Kraft dieses Luftstromes viel grösser ist als vorher, dass er sich also durch ihn in die Höhe heben lassen kann; oder, wenn er das nicht will, so lässt er sich nur auf gleiche Höhe heben und verwendet den Ueberschuss zur Ueberwindung der Luftreibung.

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

In obigem Beispiel ergiebt die Rechnung, dass er, wenn er die Flügel passend aufdreht, 2,25 m. hoch steigt, 15 m weit streicht und dazu 3,5" braucht, wobei schon für Luftreibung ausgiebig gesorgt ist.

Die eben beschriebene Art von Segelbewegung ist nicht die einzige Form, in welcher der Mauersegler segelt, aber sie ist die einfachste und durchsichtigste, und es mag genügen, an ihr zu erkennen, wie der Vogel ohne Flügelschlag gegen den Wind aufkommt und noch dazu Höhe gewinnt, gerade durch passende Ausnützung der Windkraft.

In seiner Form einfacher und bekannter ist das Kreisen der Vögel; jedermann hat schon gesehen wie ein Raubvogel, ein Storch, eine Möve in der Luft Kreise zieht, und dabei ohne den Flügel zu bewegen, immer höher und höher sich in die Luft hinaufschraubt.

Meistens sieht man den kreisenden Vogel nur von unten und erkennt dabei nicht gut, wo und wie er die Höhe gewinnt. Ich sah einmal einen Raubvogel in ungefähr gleicher Höhe am Abhang des Scheibelberges kreisen, und an diesem habe ich das Kreisen gelernt. Die Beobachtung zeigte Folgendes. Es wehte ein ziemlich starker Westwind von sicher 8 m Geschwindigkeit. Der Vogel schiesst in raschem Flug gegen Westen, dreht aber den Flügel auf und wird dadurch gehoben, zugleich verliert er an Geschwindigkeit. Das ist ein ächtes Segeln gegen den Wind. Zugleich schwenkt der Vogel gegen Süden ab und hat schliesslich nur mehr eine sehr geringe Geschwindigkeit. Er lüftet nun seinen rechten, dem Wind zugekehrten Flügel, fängt dadurch Wind, wird nochmals gehoben und zugleich abgetrieben in der Richtung nach Südost. Indem er sich noch einen letzten Druck vom Wind geben lässt, der ihn beschleunigt, streicht er nun nach Osten ab, sogar etwas sinkend, denn hiebei erhält er vom Winde keine Kraft mehr, da er sich rascher bewegt als der Wind. Aber er schiesst nicht lange nach Osten, sehr bald dreht er über Norden bei, stets noch etwas fallend und geht wieder in die westliche Richtung über. All die Geschwindigkeit, welche ihm der Wind vorher nach Osten gegeben hatte, hat er, durch mässiges Sinken die Reibung überwindend, nun noch unversehrt, und zwar in der Richtung nach Westen, also gegen den Wind. Mit dieser Geschwindigkeit schiesst er zunächst, wenn er Fortschritte nach Westen

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

zu machen gedenkt, eine Strecke weit fort, und dann beginnt wieder der Kreis, also ein mächtiges Heben durch den entgegenwehenden Wind, bis er seine Geschwindigkeit verloren hat und ein weiteres Heben, bis ihm der Wind wieder eine östliche Geschwindigkeit gegeben hat. Leicht ist zu sehen, dass diese Hebungen viel bedeutender sind, als die geringe Senkung, welche er auf dem hinteren Teil des Kreises braucht, um seine Geschwindigkeit zu konservieren. Zwar sind meine Rechnungen hierüber noch nicht ganz zum Abschluss gelangt, aber ich meine, soviel sieht man jetzt schon, dass das Kreisen nahe verwandt ist mit dem Segeln, dass es wie dieses auf der Ausnützung der Windkraft beruht, und dass hiebei der Wind sogar sehr gut ausgenützt wird.

Ohne Wind ist natürlich auch kein Kreisen möglich. Dies sah ich besonders gut an den Mauerseglern, welche Abends häufig gemeinschaftlich in einer Schaar von mehr als 50 zum Vergnügen kreisen. Auch ein schwacher Wind von 3—4 m genügt ihnen hiebei schon. Aber wenn Windstille ist, so dass rechts und links der Rauch senkrecht aufsteigt und träg in der Luft liegt, so wollen die Mauersegler doch auf ihren Abendspazierflug nicht verzichten, und sie beginnen zu kreisen wie sonst und schrauben sich in die Höhe, höher als der Kirchthurm, wie sonst, aber es geht nicht ohne Flügelschlag. Kaum einen Kreis bringt einer fertig, und schon hilft er wieder durch mehrere Flügelschläge nach, um sich Geschwindigkeit zu geben; mit dieser Geschwindigkeit zieht er dann im Kreis herum und steigt etwas; aber bald, oft auch schon nach dem halben Kreise, hilft er wieder mit den Flügelschlägen nach. Nur zu charakteristisch ist der Unterschied zwischen dem Kreisen bei Wind und diesem imitierten Kreisen bei Windstille.

Hat man einmal verstanden, dass Segeln und Kreisen nur durch Ausnützen des meist reichlich vorhandenen Windes geschehen, so fallen alle anderen absonderlichen Theorien von selbst weg, und die räthselhafte Erscheinung löst sich zu der Selbstverständlichkeit, dass die Vögel die überall reichlich vorhandene Naturkraft des Windes ausnützen, um ohne Anstrengung zu fliegen.

Nur eines habe ich mir bisher noch nicht erklären können, das Stehen mancher Raubvögel im Winde. Die Gabelweihe, der Falke steht, den Kopf dem Winde gerade entgegenhaltend, mit ausgebreiteten Flügeln ruhig in der Luft; keine Feder an

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

ihm bewegt sich. Ob dies Stehen auf einem sachten Wiegen in der Luft beruht, einer Art abgekürzten Segelns, ob der Vogel vielleicht dabei doch etwas sinkt, was aber den Beobachtungen nicht zu entsprechen scheint, ob er den längs eines Abhanges aufsteigenden Wind benützt, was ich am wenigsten glaube, da er oft in sehr bedeutenden Höhen steht, ist mir noch nicht klar geworden, und es fehlen mir noch ausser einigen Jugenderinnerungen passende eigene Beobachtungen.

Zum Schlusse bin ich schuldig zu bekennen, dass mir diese eingehenden Vergleichsstudien nicht möglich gewesen wären, wenn ich nicht von mehreren Herren sowohl innerhalb als ausserhalb des Vereins in freundlichster Weise mit frisch geschossenen Vögeln versorgt worden wäre, und ich spreche deshalb all diesen Herren meinen besten Dank aus.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 4

Autor(en)/Author(s): Winter W.

Artikel/Article: Ueber den Vogelflug. 50-63