



Ornithologische Gesellschaft in Bayern e.V. (gegründet 1897)
Münchhausenstr. 21, Zoologische Staatssammlung (ZSM), 81247 München

„Monatsversammlung“ am 17.03.2023, 19.00
als Online-Vortrag

Teilnehmendenzahl: 180

Leitung: Manfred Siering

Der OG-Vorsitzende begrüßt die OG-Mitglieder und die Freunde der monatlichen Abendvorträge ganz herzlich. Er stellt den Referenten, Dr. Walter Rathjen, vor. Dieser wurde 1939 in Bremen geboren. Dort absolvierte er ein Ingenieursstudium. Das zweite Studium für Luft- und Raumfahrt führte ihn an die TU München. Dann arbeitete er bei MBB in Ottobrunn im Bereich Luft- und Raumfahrt als Entwicklungsingenieur. Er kehrte anschließend an die TU München zurück und promovierte am Institut für Thermodynamik. Lange Jahre befasste er sich am Deutschen Museum mit vielen Themen z. B. mit dem Aufbau und der Leitung der Luft- und Raumfahrthalle und dem Aufbau der Abteilung Medizintechnik.

Dr. Walter Rathjen (München):
Wie Vögel fliegen und: Neues aus der Bionik
Online-Vortrag

Dr. Rathjen dankt vielmals für die Einladung und die nette Einführung und merkt an, dass er weder Ornithologe noch Biologe ist. Sein Interesse gilt allgemein dem Fliegen. Am Deutschen Museum leitete er die Ausstellung „Flug in der Natur“. Eingangs gibt der Referent einen kurzen Überblick über die beiden Hauptbesprechungspunkte: „Vogelflug und Menschenflug – Quelle an Inspiration“ und die „Biotechnologie des Vogelflugs – Ideen für Patente“. Als Schlüsselaspekt benennt er: „unsere Beziehung zur Natur – Mensch und Natur“ hier: „zum Fliegen und zur Welt der Vögel“. Dr. Rathjen bezeichnet den Mythos Dädalus und Ikarus als Motiv für die Sehnsucht nach und Flucht in die Freiheit und als Synonym für technisches Können, Wagemut und Übermut. Damit ist natürlich auch der Absturz infolge Übermut verbunden. Dieser ist verarbeitet in einem Song der Gruppe Bastille. In der Renaissance gelang der Aufbruch ins Zeitalter Wissenschaft und Technik. Leonardo da Vinci ist ein Paradebeispiel dafür. Er beobachtete außerordentlich viel und skizzierte die Beobachtungen sehr präzise. Konstruktionen oder Experimente führte er aber nicht durch. Bionik als Verbindung von Biologie und Technik fußt auf der Inspiration durch das Vorbild Natur. Der Referent zitiert auch Goethe aus Faust 1 „Wie nah war ich der Lösung.“ Fliegen wie ein Vogel? Keine Chance. Im Deutschen Museum wurde eine Ausstellung mit dem Titel „Vogelflug und Menschenflug“ erstellt (1984 bis 2022). Der Beitrag des Referenten war „Flug in der Natur“ mit Beratung u. a. von Werner Nachtigall. Der Referent stellt die Frage: Kann der Mensch aus eigener Kraft fliegen? Mit Armkraft ist dies nicht möglich. Dies wurde auch schon von G. A. Borelli (1608-1679) mit Studien und den ersten physikalischen Experimenten in der Biologie so beantwortet. Der Grund ist, dass die Brustmuskeln des Menschen viel zu schwach dazu sind. Dagegen macht beim Vogel die Brustmuskulatur ein Drittel des Körpergewichts aus, beim Menschen nur wenige Prozent. Mit Beinkraft kann der Mensch allerdings fliegen. Den Beweis lieferte Günter Rochelt 1984 mit seiner Leichtbaukonstruktion Musculair, mit der er den Kremer-Preis gewann. Später konstruierte er das Solair und Musculair II, die im Deutschen Museum zu bestaunen sind. Der Aufbruch in den Luftraum und damit die Geschichte der Luftfahrt ist mit Otto von Lilienthal (1848-1896) verbunden. Die Inspiration und die Fakten lieferten ihm die 20jährige Erforschung der Anatomie und der Flugtechnik der Störche. Dies ist nachzulesen in „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ von 1889. Nicht nur Otto von Lilienthal, sondern auch die Gebrüder Wright orientierten sich am Vogelflug. Sie ahmten den Vogelflug nach und entwickelten 1903

verwindbare Tragflächen, mit denen die Bewegung eines Flugapparates in der Längsachse kontrolliert werden kann. E. J. Marey (1830-1904) untersuchte experimentell den Vogelflug durch chronofotografische Methoden, indem er erstmals die Reihenbildfotografie einsetzte. Seine Messungen erlaubten dadurch erstmals eine genaue Analyse der schnellen Bewegungsabläufe. Der Referent stellt fest, dass es im 19. Jahrhundert viele Ideen nach dem „Vorbild der Natur“ gab und zeigt dazu eine Übersicht. Ein besonders klares Vorbild der Natur analysierte und setzte Igo Etrich (1879-1969) um. Er untersuchte die mit großen, sehr dünnen Flügeln versehenen Zanoniasamen und Tauben. Ohne wissenschaftliche Grundlagenkenntnis übernahm er Technik aus der Natur und konstruierte die Etrich-Taube. Er vertraute darauf, dass die Natur es in der jahrmillionen Jahre dauernden Evolution richtig gemacht hat. Otto von Lilienthal ging wissenschaftlich experimentell vor. Auf einem dafür aufgeschüttetem Berg in der Nähe seiner Fabrik unternahm er nach dem Rundlauf im Labor ca. 2.000 Flüge. Das besondere Problem beim Fliegen ist die Steuerung und Stabilität. Dies wollte er durch Gewichtsverlagerung lösen. Es erfordert aber eine außerordentliche Beweglichkeit, da Fliegen eine Bewegung in sechs Freiheitsgraden ist. Greift eine Böe beim Geradeausfliegen an, sind kompensatorische Bewegung erforderlich. George Caley hatte schon um 1800 erkannt, dass für das Fliegen eine Trennung von Auftrieb, Antrieb und Steuerung notwendig ist. Der Referent geht zum Ursprung des Fliegens von Vögeln zurück mit einem Blick vom Dino zum Vogel vor 160 Millionen Jahren. Für die genaue Entwicklung fehlen immer noch Zwischenschritte, auch wenn es viele neue Funde gibt. Der Archaeopteryx als ein Glied in der Kette ist im Museum zu bestaunen. Die Biotechnologie des Vogelfluges hat die Bionik: Lernen von der Natur begründet. Der Begriff wurde 1958 vom Amerikaner Jackie Steele definiert. Dr. Rathjen nennt als Ziel seines Vortrages die Auseinandersetzung mit der Natur und dem „Vorbild Natur“. Er merkt an, dass in Büchern die Aerodynamik oft nicht korrekt dargestellt wird und zwar wie der Vogel fliegt und wie Auftrieb und Vortrieb am Flügel entstehen. Besser ist die Darstellung im Buch von Werner Nachtigall „Warum die Vögel fliegen“. In diesem ist die Geschwindigkeit der Anströmung über der Tragfläche genau skizziert. Am schnellsten ist sie über der Mitte und am Ende der Tragfläche. Dort ist dadurch der Luftdruck am geringsten. Die konkrete Erklärung des Auftriebs lieferte schon Isaac Newton. Die Luft umströmt den Flügel und wird nach unten beschleunigt. Als Gegenkraft entsteht eine Kraft senkrecht zur Anströmung. Der Vogelflügel ist so geformt, dass die Luft möglichst verlustarm strömt. Dabei spielt der Anströmwinkel eine wichtige Rolle. Ist der Anströmwinkel zu groß, kann die Strömung abreißen und der Vogel abstürzen. Die Grundaufgabe für das Fliegen ist es, eine möglichst große Luftmasse mit einem optimierten Flügelprofil zu erfassen und mit möglichst geringen Verlust in die gewünschte Richtung abzulenken und zu beschleunigen. Im Einzelnen sind die Aufgaben: Auftrieb, Antrieb (Vortrieb), Minimierung des Gewichts bei maximaler Festigkeit (Leichtbau), Minimierung des Widerstands, effizienter Energieumsatz, Steuerung (Kontrolle), reaktionsschnelle Manövrierung. Die Leistung der Evolution ist die Anpassung an den jeweiligen Einsatzbereich z. B. Wald oder Meer. Der Referent bezeichnet die Flügel und Federn als Kernelemente. Der Auftrieb erfolgt mit der Armschwinge, der Vortrieb mit den Handschwingen, die sich erheblich verwinden können. Besonderheiten in der Flugtechnik der Vögel sind flexible Flächen, Auftriebshilfen, Grenzschichtbeeinflussung, Verminderung des Widerstand und viele weitere. Es gibt weltweit vielfältige Forschung und Entwicklung bezüglich der Besonderheiten und der Übertragbarkeit. Die Vögel haben höchst vielfältige Flugarten entwickelt z. B. Gleit-, Langstrecken-, Schnell-, Kampf-, Sturz-, Schwirr-, Bolzenflug und Starten, Landen, Fliegen auf der Stelle. Die große Besonderheit ist die Bewegung in den sechs Freiheitsgraden. Ein wichtiges Phänomen in der Strömungslehre ist die Grenzschicht. Sie kann laminar und turbulent sein und die Strömung kann sich ablösen und wieder anlegen. Die Forschung und Entwicklung für Strömungsbeeinflussung wird z. B. am Institut für Bionik und Evolutionstechnik der TU Berlin durchgeführt, das von Ingo Rechenberg (1934-2021) gegründet wurde, einem Pionier der Bionik. Neue Forschungsergebnisse sind evolutionsbiologische Algorithmen. Auch am Vogelflügel kann es zur Ablösung der Strömung kommen. Aufnahmen zeigen, dass dies durch sog. Rückstromtaschen bzw. Klappen verhindert wird, weil sich nach dem Aufstellen von kleinen Federn die Strömung wieder anlegt. Der Referent zeigt dies anschaulich an Skizzen und Fotos von Möwen bzw. Basstölpeln. Beim Langsamflug kann die Strömung abreißen. Für den Vogel ist in diesem Zusammenhang der Vorflügel bzw. die Alula wichtig. Beim Langsamflug werden die Federn der Alula abgespreizt und verhindern so das Abreißen der Strömung. Mit dem Video „the silent Killer“, der lautlose Flug der Eule verdeutlicht der Referent seine Ausführungen. Ein Problem ist auch der

induzierte Widerstand. Auf der Flügeloberfläche herrscht Unter-, auf der Unterseite dagegen Überdruck. Die Flügelenden werden dadurch umströmt und es kommt zu Turbulenzen. Am Adlerbild zeigt Dr. Rathjen die möglichen Verwirbelungen an der Flügelspitze. Das Vorbild Natur hat eine Reduzierung dieses induzierten Widerstands parat und zwar durch große Streckung der Flügel z. B. beim Albatross und die gespreizten Handschwingenfedern beim Adler. Die Forschungsergebnisse bei den Vögeln führten zur Einführung von Klappen bei den Flugzeugen Die Winglets bei den Flugzeugen seit den 1970er Jahren sind den „Multiwinglets“ bei den Adlerflügeln nachempfunden. Als Beispiel „Vorbild der Natur – Langstreckenflug gemeinsam“ präsentiert der Referent einen V-förmig fliegenden Kranichschwarm. Es ist bekannt, dass der Formationsflug energiesparend ist. Deshalb hat das DLR eine Studie angefertigt „Spritsparen mit Formationsflug über den Atlantik“. Ungefähr 5% könnten dadurch eingespart werden. Es ist allerdings fraglich, ob dies verwirklicht werden wird. Ein weiteres Forschungs-Ziel hat das Thema „Lernen vom Vogel(Möwen)flug durch Wing Morphing“. Die Universität Toronto hat mit anderen Partnern fliegende Möwen untersucht. Die Analysen der Möwenflügel im Windkanal könnten dazu verwendet werden, Flugobjekte einschließlich Drohnen für die Landwirtschaft oder das Umweltmonitoring effizienter zu designen. Die NASA und das DLR experimentieren mit adaptiven Flügeln (ohne Landeklappen und Vorflügel) durch eine kontinuierliche Änderung der Form nach dem Vorbild Vogel. Als nächstes Thema beleuchtet der Referent die Strukturelemente, denn neben der Aerodynamik und Steuerung spielt Strukturmechanik für geringstes Gewicht bei maximaler Festigkeit eine sprichwörtlich tragende Rolle. Das minimale Gewicht bei maximaler Festigkeit wird durch hohle Knochen mit Luftsack und Verstrebungen erreicht wie ein Schnitt durch einen Knochen zeigt. Das Vogelskelett ist dadurch stabil. Das Brustbein ist eine Anpassung als Ansatzstelle für die starke Brustmuskulatur. Das California Institut of Technology hat 2017 untersucht, wie durch dicke oder dünne Wände ein Widerstand gegen Biegung und oder Torsion erreicht wird. Dieses Prinzip ist bei den Knochen und auch bei der Federkonstruktion verwirklicht. Dazu wurden Anna-Kolibri und Anden-Condor verglichen. Sie sind in der Struktur vergleichbar, aber im Detail unterschiedlich. Selbst innerhalb einer Condor-Feder gibt es Unterschiede mit einer kontinuierlichen Änderung von Form und Durchmesser um Biegung und Torsion je nach Belastung zu begegnen. Dr. Rathjen zeigt im Bild, wie die Evolution auch die Gestalt des Flügelskeletts den sich verändernden Belastungen des jeweiligen Knochens geformt hat. Ein weiteres Beispiel für die Bionik ist die Abminderung der Druckwelle im Tunnel. Das Vorbild dazu ist der Eisvogel. Der eintauchende Eisvogel schiebt wie ein Zug im Tunnel eine Druckwelle vor sich her, die die Geschwindigkeit reduziert. Am Beispiel des japanischen Hochgeschwindigkeitszuges Shinkansen wurden die Erkenntnisse aus dem Studium des Eisvogel umgesetzt. Dies zeigt der Referent in einem Video. Durch das Vorbild Schnabelform des Eisvogels soll der Energieverlust um 30% reduziert werden. Ein weiteres Forschungsthema ist die effiziente Energieversorgung im Langstrecken- bzw. Dauerflug z. B. bei Gänsen, die von Südafrika nach Alaska und zurück fliegen, oder Mauerseglern, die das ganze Jahr in der Luft verbringen und dort sogar schlafen. Unter dem Stichwort Energieverschwendung führt der Referent den Kolibri mit seiner extremen Manövrierfähigkeit an. Im Film zeigt er bei einem balzenden Kolibri die außerordentliche Verwindung der Flügel bei seinen Flugeskapaden. Fliegen erfordert eine energetische Hochleistung. Vögel haben dieses Problem hervorragend gelöst. Für die maximale Sauerstoffaufnahme haben sie ein komplexes Luftsacksystem, das eine kontinuierliche Durchströmung der Lunge ermöglicht. Technisch erlaubt auch das Strahltriebwerk eine kontinuierliche Arbeitsweise. Dies ermöglicht den Zugvögeln nicht nur rekordverdächtige 80.000 Kilometer pro Jahr zurückzulegen, sondern auch in Höhen um 8.000 Metern noch zu fliegen. In diesem Zusammenhang sind auch die Navigation und die Kommunikation interessante Themen. Weiter vollbringen die Vögel erstaunliche Leistungen bei der Schwarmbildung. Fragen wie Schwarm-Intelligenz und Kommunikation sind Gegenstand der Forschung. Dazu präsentiert der Referent einen Film mit Prof. Peter Berthold. Die einzelnen Vögel richten sich dabei nach den umgebenden Artgenossen aus. Eine Kopie der Natur ist der SmartBird der Firma Festo. Er geht zurück auf Vorarbeiten im Rahmen einer Dissertation der Uni Groningen. Es handelt sich dabei um einen künstlichen Vogel, der die Flügel bewegt und bei dem aerodynamische Bedingungen weiter optimiert werden sollen. Dr. Rathjen betont, dass es sich dabei nicht nur um l'art pour l'art handelt, sondern viele Anwendungszwecke damit verfolgt werden können. Mit dem SmartBird ist z. B. Aufklärung auch innerhalb von Gebäuden, Hallen oder vorragenden Dächern möglich. In der Zusammenfassung betont der Referent, dass die Vielfalt der

Vogelwelt (allgemeiner der Natur) überwältigend ist und die Chancen davon zu lernen unbegrenzt sind. Unsere Herausforderungen für die Zukunft wachsen und wir sollten und können dafür die Chancen durch Lernen von der Natur nutzen. Abschließend berichtet er, dass weltweit Technik und Natur in verschiedenen Museen präsentiert werden. Dr. Rathjen plädiert dafür, diese Trennung aufzuheben wie es im Science and Technology Museum in Shanghai verwirklicht ist und schließt mit dem Satz „Lernen von der Natur“ und dem Dank an die Teilnehmenden.

Manfred Siering dankt dem Referenten für den tollen Vortrag und den faszinierenen Blick über den Tellerrand.

In der Diskussion berichtet ein Teilnehmer, dass schon von Holst künstliche Vögel gebaut hat. Der Referent ergänzt, dass Kolibris für kurze Strecken als Treibstoff Zucker nutzen. Für die lange Strecke von 8.000 Kilometer über den Golf von Mexiko wird dagegen Fett verwendet und es reichen für die Strecke sagenhafte 3-4 Gramm.

Zum Schluss dankt der Vorsitzende nochmals und stellt fest: es ist toll, was wir Menschen alles von der Natur lernen und umsetzen.

Mit dem Hinweis auf den nächsten Vortrag schließt der OG-Vorsitzende den Vortragsabend. Der Vortrag am 21. April wird von Dr. Lisa Gill (München) gehalten. Der Titel ist „Zuhören lohnt sich - Bioakustik in Monitoring, Forschung und Wissensvermittlung“.