

selten genau bekannt ist und durch Seitenkeulen größer sein kann als angenommen. Außerdem ist durch den anderen Anstrahlwinkel („aspect“) eine Überschätzung der Zahl v. a. hoch fliegender Vögel über dem Schiffsradar möglich. Dagegen schränken Reflexionen von Bodenstrukturen die Erfassbarkeit von Vogelechos unterhalb von ca. 50 m erheblich ein, so dass diese Schicht von den niedriger stehenden Schiffsradargeräten nicht vollständig erfasst werden konnte.

Sind Schiffsradargeräte nun für Vogelzugmessungen geeignet? Grundsätzlich ja, aber mit folgenden Einschränkungen:

1. Absolute Zugraten sind vorsichtig zu interpretieren – je nach Zugrichtung sind Überschätzungen, aber auch Unterschätzungen möglich.
2. Die Schiffsradargeräte mit drehender Vertikalantenne ermöglichen keine Vogel-Identifizierung (wie die Superfledermaus), daher entstehen Probleme z.B. bei Insektenzug oder anderen Störechos (siehe aber Hüppop 2007).

3. Sie geben keine Informationen über Zugrichtungen, daher ist auch keine entsprechende Korrektur der MTR möglich.

4. Eine stabile Radarausrichtung (optimal: 90° zur Zugrichtung) ist auf Schiffen nicht gewährleistet, auch dies beeinträchtigt die Berechnung der Zugraten.

Gefördert vom BMU aus Mitteln des Zukunftsinvestitionsprogramms Erneuerbare Energien (FKZ 0329948 und 0329983)

Literatur

Hüppop O, Exo K-M & Garthe S 2002: Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. Ber. Vogelschutz 39: 77-94.

Hüppop O 2007: How to see the invisible: remote techniques for study of offshore bird migration. Proc. NWCC Wildlife Workgroup Research Planning Meeting VI: 10-13.

Kontakt: Helmut Wendeln, Institut für Angewandte Ökologie GmbH, Alte Dorfstraße 11, 18184 Neu Broderstorf, E-Mail-Kontakt: wendeln@ifaoe.de.

Themenbereich „Funktionelle Morphologie bei Vögeln“

• Plenarvorträge

Bock W (New York/USA):

Die Naturgeschichte der Vogelmuskeln

Da die Verkürzung von Muskeln Energie verbraucht, sind ihr Bau und ihre Anordnung im Skelettsystem darauf ausgerichtet, den Verbrauch von Stoffwechselenergie so klein wie möglich zu halten. Je stärker sich ein Muskel zusammenzieht, desto größer ist sein Energieverbrauch, wobei die Wärme bei der Kontraktion für einen großen Teil dieser Energiekosten des Muskels steht. Der kleinste Energieverbrauch tritt dann auf, wenn sich Muskeln isometrisch, d.h. ohne Verkürzung, zusammenziehen. Stoffwechselenergie, die nicht in Arbeit umgesetzt wird, wird als Wärme abgebaut.

Funktionelle Eigenschaften von Muskeln (Kraftentwicklung, Strecke und Geschwindigkeit der Kontraktion) sind von der Kombination des Muskelfaserquerschnitts, der Faserlänge und dem Winkel der Fiederung abhängig. Die gefiederte Anordnung der Fasern, bei denen diese in einem Winkel zur Zugrichtung des gesamten Muskels ziehen, stellt ein Struktursystem dar, in dem eine große Anzahl kurzer Fasern in einem Muskel so angeordnet werden, dass sie besser in einem Tierkörper passen. Fast alle Vogelmuskeln sind zu einem gewissen Grade gefiedert, wobei aber der Winkel der Fiederung immer mit beachtet werden muss.

Die maximale Kraftentwicklung hängt von der Fläche des Faserquerschnitts ab, wobei eine größere Fläche (= mehr Fasern) mehr Kraft bedeutet. Alle Verkürzungseigenschaften (Kraft während der Verkürzung, Strecke und Geschwindigkeit der Verkürzung) hängen von der Faserlänge ab, wobei längere Fasern stärker und schneller kontrahieren und weniger Kraft verlieren als kürzere Fasern. Im Allgemeinen sind Faserquerschnitte maximiert und Faserlänge minimiert, damit Muskeln große Kraft bei kleiner Verkürzung entwickeln.

Alle Fasern in einem Muskel müssen an derselben Stelle ansetzen (bei kleinen Unterschieden, die durch die Fiederung bedingt sind). Außerdem sind Kontaktstellen an Knochen (vor allem für die Insertion) wegen der Arbeitsweise des Muskel-Knochen-Systems begrenzt. Diese zwei Aspekte verstärken den Bedarf nach gefiederter Anordnung der Fasern in vielen Muskeln.

Um eine Einschätzung zu erhalten, wie Muskeln arbeiten und schließlich auch, wie der Vogel sich bewegt, ist es notwendig, zusätzlich zu Ansatzstellen der Muskeln auch deren Faserlänge, Faserquerschnitt und Winkel der Fiedern zur Sehne zu beschreiben – wobei die letzten drei Maße fast nie in morphologischen Beschreibungen von

Skelettmuskeln angegeben werden. Wenn all diese Charakteristika von Muskeln sorgfältig beschrieben sind, ist es möglich, gute Ideen darüber zu formulieren, was die Muskeln im Alltag der Vögel tun.

Ein typischer Fall ist der *Musculus pectoralis* des Vogels, der als wichtigster Flugmuskel für den Abwärtsschlag während des Fluges sorgt. Dieser Muskel wird selten korrekt beschrieben. Es handelt sich um einen gefiederten Muskel, wie es auch aufgrund der weit verteilten Ansatzfläche dieses Muskels sein sollte. Wichtig ist, dass seine Fasern lang sind im Verhältnis zur Strecke, die der Oberarm am Muskelansatz zurücklegen muss. Lange Muskelfasern werden benötigt, damit es wenig Kräfteverlust gibt, während sich dieser Muskel beim Abwärtsschlag verkürzt. Außerdem verkürzen und verlängern sich die langen Fasern schneller, was bei vielen Vögeln aufgrund der hohen Anzahl an Flügelschlägen pro Minute notwendig ist.

Der Unterschied zu den viel kürzeren Fasern im *Musculus supracoracoideus*, der die Kraft zum Aufschlag

liefert, ist deutlich sichtbar. Bei den meisten Vögeln wird für den Aufschlag viel weniger Kraft benötigt, wobei Kolibris eine deutliche Ausnahme darstellen. Der Energieverbrauch des *M. pectoralis* ist während des Fluges hoch, was jedoch nicht nur in der großen Muskelmasse begründet liegt. Ein Großteil der Stoffwechselenergie, die der *M. pectoralis* verbraucht, wird in Wärme umgewandelt, die vom Körper abgegeben werden muss, was überwiegend durch die Verlängerungen der Luftsäcke erreicht wird, die bei vielen Vögeln in diesen Muskel eindringen.

Die Erkenntnis der Form-Funktions-Eigenschaften von Vogelmuskeln ist für das Verständnis der Naturgeschichte der Vögel und deren Evolution, beginnend mit der Untersuchung des Ursprunges des Fliegens, unabhängig und daher auch Gegenstand dieses Vortrages

Kontakt: Walter Bock, E-Mail: wb4@columbia.edu.

Duncker HR (Gießen):

Der Atemapparat der Vögel – Funktioneller Bau und Leistungsfähigkeit sowie Gedanken zu seiner Evolution

Die heute lebenden Vögel entstanden als eine der vielen Entwicklungslinien der bipeden Dinosaurier, von denen mehrere begrenzte oder gute Flugfähigkeit ausbildeten. Der Atemapparat der heute lebenden Vögel wurde konstruktiv dadurch möglich, dass diese Dinosaurier als Folge ihrer Bipedie einen recht starren Thorax ausbildeten, der zur Lungenventilation nur dorsoventrale Atembewegungen zuließ. Weiterentwickelt bei den heutigen Vögeln mit dem breiten Sternum ist der Thoraxraum seitlich nicht kompressibel und ermöglichte so in seinem dorsalen Abschnitt den Einbau von bei allen Atembewegungen volumenkonstant bleibenden Pleurahöhlen. Diese volumenkonstanten Pleurahöhlen ermöglichten den Lungen die Ausbildung von Parabronchien mit einem dicken Mantel aus einem Luftkapillar-Blutkapillar-Netzwerk, dessen Luftkapillaren durch ihren geringen Durchmesser eine so hohe Grenzflächenspannung aufweisen, dass sie nur in starrer Ausspannung offen gehalten werden können, da sie aus einem kollabierten Zustand nicht wieder entfaltet werden können. Sie ermöglichten eine wesentlich größere Luft-Blut-Austauschoberfläche als sie bei gleichgroßen Säugetieren vorhanden ist. Ventiliert wird die Vogellunge sehr wirksam mit großen Atemzugsvolumina von den an Sekundärbronchien angeschlossenen Luftsäcken, die ventral und kaudal der Lunge ausgebildet sind. Durch den spezifischen Bau und die hoch differenzierte Ventilation der Parabronchien ist die Vogellunge zu extrem hohen Austauschleistungen fähig, welche einerseits den Kolibris ihren Schwirrflug erlaubt, andererseits aber auch den

sibirischen Streifengänsen die Überquerung des Himalaja durch aktiven Schlagflug in mehr als 10.000 m Höhe. Die Zusammenhänge der quantitativen Ausbildung von Atemapparat, Kreislaufapparat und Flugmuskulatur werden dargestellt, um daraus die sehr unterschiedlichen Flugtypen der verschiedenen Vogelordnungen abzuleiten. – Bereits in der ontogenetischen Entwicklung der Vogellunge wirken die Konstruktionsprinzipien ihrer Volumenkonstanz während aller Atembewegungen und erzwingen die obligatorische Entwicklung aller Vögel in einem hartschaligen Ei. Die Prinzipien der darauf aufbauenden Evolution der Vögel von den Nestflüchtern zu den hoch differenzierten Nesthockern werden skizziert. In der Ontogenese findet eine drastische Reduktion des interstitiellen Bindegewebes zuerst in der Entwicklung der Lungen bereits vor dem Schlupf statt, während sie im übrigen Körper nach dem Abschluss des Größenwachstums mit der Ausbildung der verschiedenen Luftsackdivertikel erfolgt. Die ihr zu Grunde liegenden physiologischen Mechanismen werden erläutert. Diese bereits frühzeitig in der Evolution der bipeden Dinosaurier ausgebildeten Mechanismen stellen eine besondere Differenzierung ihres Wasserhaushaltes und ihres Stickstoff-Stoffwechsels dar, die eine Anpassung an süßwasserarme Lebensräume ermöglichten, aber auch ihre obligate Embryonalentwicklung in hartschaligen Eiern erzwingen.

Kontakt: Hans-Rainer Duncker, E-Mail: Hans-Rainer.Duncker@anatomie.med.uni-giessen.de.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [45_2007](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Themenbereich "Funktionelle Morphologie bei Vögeln" 337-338](#)