

vom Verfasser

8

Sonderdruck aus

Biologische Rundschau

Band 6 Heft 5 (1968)

Struktursystem des Algenaufwuchses nachgeahmte Struktur kann als eine Vielzahl von Formen aufnehmen.

Die Mitglieder der Taxozönose der Prästruktur dringen in Bereiche niedriger Entropie und höherer Strukturinformation ein und bilden hier neue abgeleitete Taxozöosen, die sich dann mit Taxozöosen anderer Systembereiche zu synökologischen Einheiten assoziieren. Der Aufbau dieser ökologischen Einheiten geschieht also auf dem Induktionsweg, analog dem Aufbau organischer Substanz in der Zelle. Nur wird die dazu notwendige Information nicht von einer Zentrale geliefert, sondern von den ökologischen Strukturen, auf denen Expansion, Evolution und Konnexbildung wie auf einer Schiene mit kontinuierlich zunehmendem Informationsgehalt gesteuert werden.

Literatur

1. CHODOROWSKI, A., Ecological differentiation of turbellarians in Harsz-Lake. *Polsk. Arch. Hydrobiol.* 6, 35—79 (1960).
2. HEYDEMANN, B., Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für

Anschrift des Verfassers:

Dr. W. SCHÖNBORN, Forschungsstelle für Limnologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 6902 Jena-Lobeda, Alte Landstraße 3.

die Tierwelt. *Verhandl. Deutsch. Zool. Ges. Hamburg* 1956. 332—347 (1957).

3. KÜHNELT, W., Die Leitformenmethode in der Ökologie der Landtiere. *Biol. Gen.* 17, 106—146 (1943).
4. REMANE, A., Die Grundlagen des natürlichen Systems, der Vergleichenden Anatomie und der Phylogenetik. Leipzig 1952.
5. SCHÖNBORN, W., Die Ökologie der Testaceen im oligotrophen See, dargestellt am Beispiel des Großen Stechlinsees. *Limnologica* (Berlin) 1, 111—182 (1962).
6. — Lebensformtypen und Lebensraumwechsel der Testaceen. *Limnologica* (Berlin) 2, 321—335 (1964).
7. — Untersuchung über die Ernährung bodenbewohnender Testaceen. *Pedobiologia* 5, 205—210 (1965).
8. — Untersuchungen über die Testaceen Schwedisch-Lapplands. Ein Beitrag zur Systematik und Ökologie der beschalteten Rhizopoden. *Limnologica* (Berlin) 4, 517—559 (1966).
9. — Taxozönök der beschalteten Süßwasserhizopoden. Eine raumstrukturanalytische Untersuchung über Lebensraumerweiterung und Evolution bei der Mikrofauna. *Limnologica* (Berlin). Im Druck.
10. STOUT, J. D., Aquatic Oligochaetes occurring in forest litter II. *Trans. Roy. Soc. N. Z.* 85, 289—299 (1958).
11. — The Terrestrial Plankton. *Tuatara* 11, 57—64 (1963).

Aus der Zoologischen Forschungsstelle der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Berliner Tierpark (Direktor: Prof. Dr. HEINRICH DATHE)

Physiologische und morphologische Aspekte der Muskelleistung fliegender Tiere

VON HANS OEHME

(Bei der Redaktion eingegangen am 8. März 1967)

Nach GRAY (18) reicht die spezifische Leistung des Säugetiermuskels von etwa 0,03 PS · kg⁻¹ für einen Delphin bei weitem nicht aus, um den beim schnellen Dauerschwimmen erforderlichen Vortrieb mit der vorhandenen Muskulatur zu erzeugen. Der Höchstwert von 0,03 PS · kg⁻¹ für Dauerleistung wurde aus Untersuchungen am Menschen und an Hunden gewonnen und als für alle Säugetiere, ja sogar für die Wirbeltiere schlechthin (21), gültig angesehen. Nun haben zwar PARRY (27) und HERREL (21) wahrscheinlich gemacht, daß der von GRAY angenommene

Widerstand zu groß war und daß bei Annahme reiner Laminarströmung Dauergeschwindigkeiten von 15 Knoten ($\approx 28 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) auch bei einer spezifischen Leistung der Muskeln von $0,03 \text{ PS} \cdot \text{kg}^{-1}$ möglich seien. Der endgültige Beweis, daß Delphine und Wale so extrem niedrige Widerstandsbeiwerte aufweisen, steht jedoch noch aus, und es ist durchaus möglich, daß die Muskeln dieser Hochleistungsschwimmer unter den Säugetieren in ihrer spezifischen Leistung über dem oben genannten Wert liegen.

Die Muskeelleistungen fliegender Tiere sind wesentlich größer. Die Kenntnis der Bewegungsabläufe beim Kraftflug und ihre aerodynamische Auswertung gestatten eine annähernde Bestimmung der Schwingenleistung und somit auch der die Flügel bewegenden Muskeln (21, 22, 25, 26, 33). Die Kontraktion der Muskelfasern ist an die Interaktion zwischen den Strukturproteinen Myosin und Actin und dem Adenosintriphosphat (ATP) gebunden. Es darf als gesichert gelten,

daß die vom Muskel freigesetzte Energie (mechanische und thermische) aus der Abspaltung der endständigen Phosphatgruppe des ATP gewonnen wird, wobei unter physiologischen Bedingungen die Energieausbeute etwa 10 kcal pro Mol beträgt (20, dort weitere Literatur). Der spezifischen Leistung des Muskels in $\text{PS} \cdot \text{kg}^{-1}$ muß dann eine bestimmte ATP-Spaltungsrate entsprechen. $1 \text{ PS} \cdot \text{kg}^{-1} \triangleq 17,6 \mu\text{Mol} \cdot \text{ATP} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. In der Abb. 1 sind die aus den Flugleistungen und den Muskelgewichten errechneten spezifischen Leistungen der Flugmuskeln von Insekten und Vögeln und die zugehörigen ATP-Spaltungsraten dargestellt. Bei der Errechnung der spezifischen Leistungen wurden „Getriebeverluste“ (z. B. Reibungsverluste bei der Kraftübertragung) nicht berücksichtigt. Andererseits ist nicht auszuschließen, daß die aerodynamische Güte des „Flugapparates“ besser ist, als bei den Rechnungen angesetzt wurde (26), und so die erforderliche Leistung etwas geringer sein kann.

An der Größenordnung der Werte ändert sich dadurch nichts. Die ATP-Spaltungsraten entsprechen aber lediglich der mechanischen Leistung. Die als Verkürzungswärme freigesetzte Energie wird jedoch ebenfalls aus der ATP-Spaltung gewonnen, so daß die den mechanischen Leistungswerten entsprechenden physiologischen Spaltungsraten höher sein müssen als angegeben.

Die Spaltungsgeschwindigkeit des ATP bei der Interaktion mit Myosin und Actin ist nicht konstant. Insbesondere beträgt sie unmittelbar nach Erregung der Muskelfaser (Initialspaltungsrate) ein Vielfaches der sich später einstellenden Rate der stationären Spaltung bei der Dauerkontraktion. Der höchste bekannte Wert für die Initialspaltung wird für den Biceps brachii des Menschen mit $16 \mu\text{Mol} \cdot \text{ATP} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ angegeben (20). Wenn die dabei gewonnene Energie restlos in mechanische Arbeit umgewandelt werden könnte, hätte dieser Muskel eine spezifische Leistung von $0,9 \text{ PS} \cdot \text{kg}^{-1}$. Die Flugmuskeln der in Abb. 1 aufgeführten Tiere arbeiten offensichtlich bei rhythmischer Tätigkeit über längere Zeit mit einer so hohen ATP-Spaltungsrate, wahrscheinlich mit einer noch erheblich höheren, vor allem, wenn die Wärmeproduktion noch berücksichtigt wird. Arbeiten zur experimentellen Klärung dieses Sachverhalts sind erforderlich.

Eine so rasche Spaltung des ATP macht eine entsprechend intensive Restitution erforderlich. Der Gewinn an ATP aus der Atmungskettenphosphorylierung (aerobe ATP-Restitution) ist ja bekanntlich viel größer als bei der Substratkettenphosphorylierung (Glykolyse). So nimmt es nicht wunder, daß die Thorakalmuskeln der Insekten und der Pectoralis vieler Vögel alle Merkmale zeigen, die für eine maximale ATP-Restitution auf aerobem Wege sprechen. Die Aktivität der Enzyme des Citratzyklus und der Atmungskette ist bei keinem anderen Muskel so hoch (1, 6, 20, 28). Damit deckt sich die Feststellung, daß hinsichtlich der Größe

und der Zahl der Sarkosomen (Mitochondrien) diese Flugmuskeln jeden anderen Muskel übertreffen (1, 6, 35). Zwanglos schließt sich hier an, daß die Insektenflugmuskeln die reichlichste Versorgung mit Tracheen und Tracheolen aufweisen und der Vogelpectoralis mit seiner Vaskularisation über jedem anderen Skelettmuskel steht (1, 2, 6, 11, 20, 23, 34). So hat nur der Vogelpectoralis unter den Wirbeltiermuskeln einen gleich hohen Sauerstoffverbrauch wie die Insektenflugmuskeln.

(1). Zu diesen im Muskel selbst liegenden Voraussetzungen für eine schnelle und reichliche ATP-Restitution tritt noch die besondere Leistungsfähigkeit der Respirationsorgane. Nach PARRY (27) ist nämlich die Atmungskapazität ein entscheidender Faktor, der die spezifische Leistung des Säugermuskels begrenzt. Denn selbst die für den Biceps des Menschen bestimmte stationäre Spaltungsrate (20) der isolierten kontraktilen Proteine ($3,2 \mu\text{Mol} \cdot \text{ATP} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) ergäbe noch eine spezifische Leistung von $0,18 \text{ PS} \cdot \text{kg}^{-1}$ und läge damit weit über dem von PARRY angegebenen Höchstwert. Daher ist eine Bearbeitung des Fluges und der Flugmuskulatur der Chiropteren wünschenswert, da bei diesen Säugetieren ähnliche Leistungs- und Bauverhältnisse wie bei Vögeln vorhanden sein müssen.

In den letzten Jahren sind zahlreiche Untersuchungen an der Flugmuskulatur der Vögel durchgeführt worden. Sie bringen eine Fülle interessanter Einzelheiten und stellen einen wichtigen Beitrag zur funktionellen Charakteristik der roten und weißen Muskelfasern dar. Am gründlichsten untersucht wurde der Pectoralis der Haustaube. In ihm finden sich 2 Faserformen: schmale rote und breite weiße Muskelfasern. Der Durchmesser der weißen ist über 2mal so groß wie der der roten. Die wichtigsten morphologischen und histochemischen Merkmale der beiden Fasertypen gibt Tabelle 1. Die Faserzusammensetzung ist nicht gleichmäßig im gesamten Muskel. An verschiedenen Teilen des Pectoralis wurde

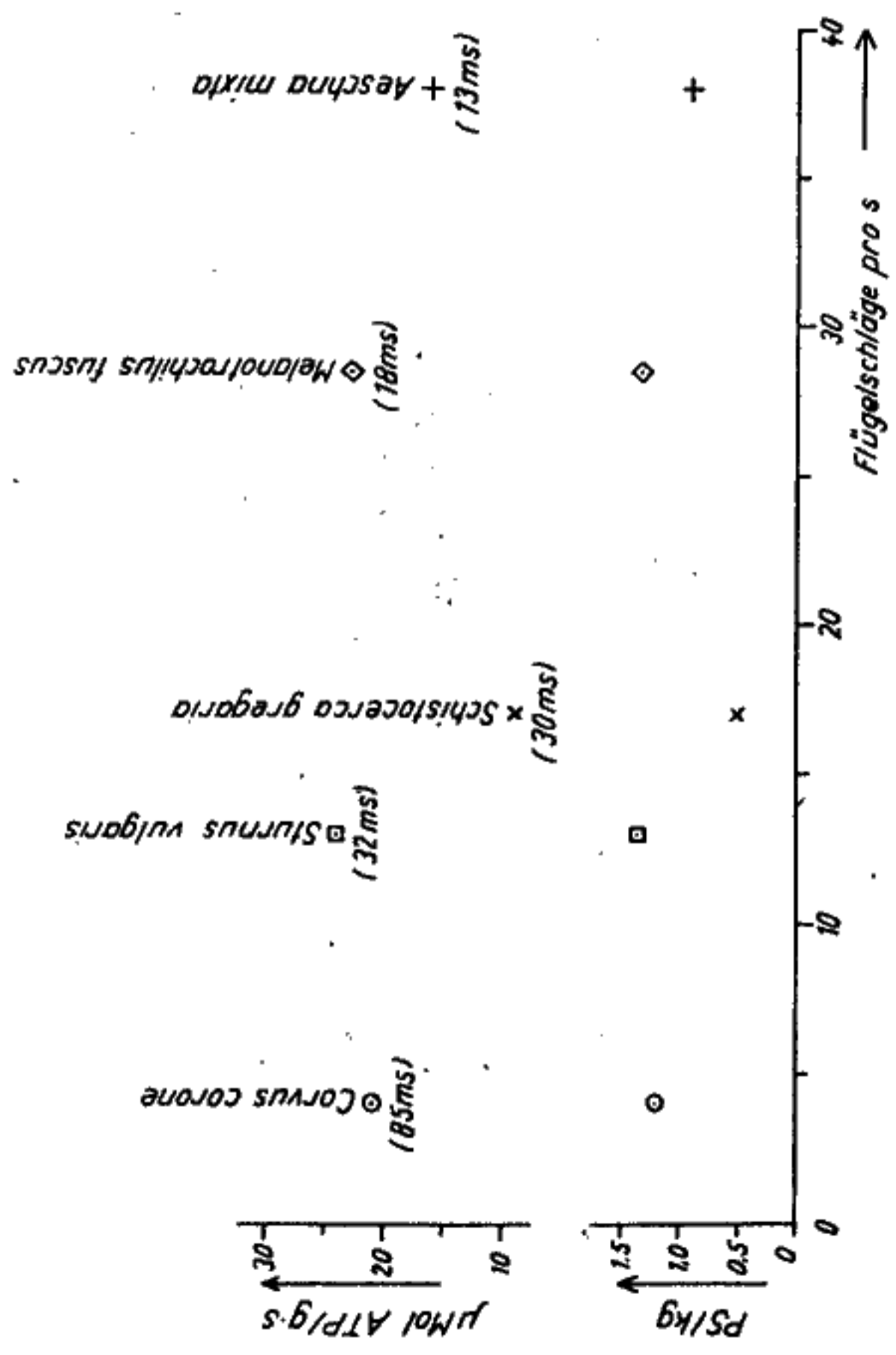


Abb. 1. Spezifische Leistung der Flügelsenker im Schnellflug und die der mechanischen Leistung entsprechende ATP-Spaltungsrate. Unter der Spaltungsrate ist die Dauer des Abstriches angegeben. Berechnung der spezifischen Leistung für *Schistocerca* nach Angaben von JENSEN (22) und WEIS-FOGH (33); für *Melanotrochilus* nach Angaben von GREENEWALT (19), HERTEL (21) und STOLPE und ZIMMER (29); für *Aeschna* nach Angaben von GREENEWALT (19).

Tabelle 1 Muskelfasertypen des Musculus pectoralis der Haustaube

	R-Faser	W-Faser
Farbe	rot	weiß
Durchmesser	klein	groß
Vaskularisation	stark	gering
Myoglobin	reichhaltig	wenig
Sarkoplasma	körnig	klar
Mitochondrien	zahlreich	selten
Glykogen	gering	hoch
UDPG-Glykogen-Transglucosylase	gering	hoch
Phosphorylase	gering	hoch
Aldolase	gering	hoch
Fett	hoch	gering
Lipase	hoch	gering
Zytoplasma-Lactatdehydrogenase	gering	hoch
Mitochondrien-Lactatdehydrogenase	hoch	gering
Succinatdehydrogenase	hoch	gering
Saure ATP-ase	gering	hoch
Neutrale ATP-ase	hoch	gering

Nach Befunden von CHINOY (5); GEORGE und NAIK (7, 8, 9, 10, 11); GEORGE und TALESARA (14, 15); GEORGE, SUSHKELA und VALLYATHAN (16); NENE und GEORGE (24); TALESARA (30); VALLYATHAN und GEORGE (32); WILSON, CAHN und KAPLAN (36).

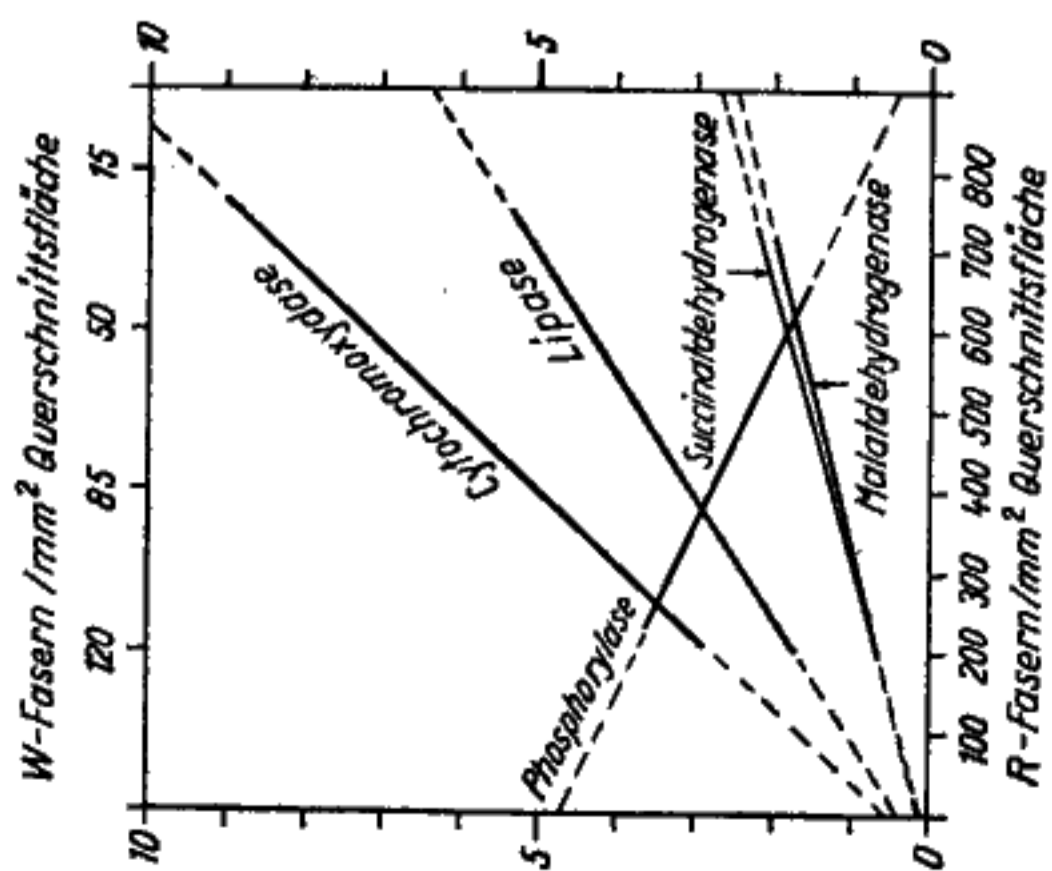


Abb. 2. Enzymaktivitäten und Faserzusammensetzung (Pectoralis der Haustaube). Die Enzymaktivitäten wurden an verschiedenen Teilen des Muskels bestimmt, die unterschiedliche Anteile von R- und W-Fasern besitzen. Die einzelnen Meßwerte sind nicht eingetragen, sondern nur die jeweiligen Ausgelenksgeraden. Für die Enzymaktivitäten gelten folgende Ordinateinheiten: 50 μ l O₂/mg Trockengewicht · h (Cytochromoxydase, Succinatdehydrogenase, Malatdehydrogenase); 10 μ l CO₂/mg Trockengewicht · h (Lipase); 10 μ g P/mg Trockengewicht · 15 min (Phosphorylase). Nach Befunden von GEORGE und TALESARA (13) und VALLYATHAN und GEORGE (31).

der Anteil der Fasertypen bestimmt und neben dem Gehalt an Inhaltsstoffen (Glykogen, Fett) die Aktivität einiger charakteristischer Enzyme ermittelt. Die Abb. 2 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen morphologischem und physiologischem Befund: Die roten Muskelfasern setzen vor allem Fett auf aerobem Weg zur ATP-Restitution um, die weißen benutzen die Glykolyse mit Glykogen als Substrat. Neben den schmalen, myoglobinsreichen und den breiten, myoglobinsarmen Fasern läßt sich im Pectoralis zahlreicher Arten noch ein dritter Fasertyp nachweisen, der zwischen den beiden die Mitte hält. CHANDRA-BOSE und GEORGE (3) unterscheiden: R-Fasern (rot, schmal), I-Fasern (intermediär), W-Fasern (weiß, breit). In Tabelle 2 sind für einige Arten die Ergebnisse der Analyse der Faserzusammensetzung des Pectoralis zusammengestellt. Es zeigt sich, daß der Faserdurchmesser nicht geeignet ist, den Muskelfasertyp zu kennzeichnen. Denn die Durchmesser der einzelnen Fasertypen bei verschiedenen Arten sind nicht gleich, und verschiedene Fasertypen unterscheiden sich in diesem Merkmal bei einer Art z. T. nur wenig voneinander. Die Kennzeichnung der

Tabelle 2 Muskelfasern des Pectoralis. Nach CHANDRA-BOSE und GEORGE (3)

Art	Fasertypen		Erste Zahl: Faserdurchmesser in μ m, zweite Zahl (in Klammern): prozentualer Anteil
	R	W	
<i>Pseudogyps bengalensis</i> (Accipitridae)	—	—	60,0—62,0 (100) zentral 42,5 (100) lateral 60,0 (46,8)
<i>Milvus migrans</i> (Accipitridae)	—	—	90,0 (58,2)
<i>Accipiter badius</i> (Accipitridae)	35,0 (29,5)	—	70,0 (20,0)
<i>Bubo bubo</i> (Strigidae)	48,0 (35,7)	—	58,0 (64,3)
<i>Athene brama</i> (Strigidae)	42,0 (14,6)	—	58,2 (85,4)
<i>Ardeola ibis</i> (Ardeidae)	37,5 (77,5)	—	—
<i>Porphyrio porphyrio</i> (Rallidae)	50,0 (80,6)	—	75,0 (19,4)
<i>Columba livia</i> (Columbidae)	30,0 (85,9)	—	70,0 (14,1)
<i>Apus affinis</i> (Apodidae)	37,5 (63,4)	—	—
<i>Merops orientalis</i> (Meropidae)	50,0 (52,1)	—	—
<i>Hirundo rustica</i> (Hirundinidae)	32,5 (74,0)	—	—
<i>Motacilla citreola</i> (Motacillidae)	50,0 (57,3)	—	—
<i>Pastor roseus</i> (Sturnidae)	36,5 (69,3)	—	—
<i>Acridotheres tristis</i> (Sturnidae)	42,5 (66,2)	—	—
<i>Corvus macrorhynchos</i> (Corvidae)	52,5 (78,0)	—	—
<i>Archilochus colubris</i> (Trochilidae)	25,0 (100)	—	—
<i>Riparia concolor</i> (Hirundinidae)	32,5 (100)	—	—
<i>Nectarinia asiatica</i> (Nectariniidae)	32,5 (100)	—	—
<i>Passer domesticus</i> (Ploceidae)	35,0 (100)	—	—
<i>Dicrurus adsimilis</i> (Dicruridae)	45,0 (100)	—	—

Fasern gründet sich vor allem auf ihr histochemisches Verhalten (Myoglobin-Gehalt). Die in der vierten Gruppe vereinigten Arten demonstrieren, daß die Gleichsetzung „rote Muskeln = langsame oder tonische Muskeln“ für den Vogelpectoralis nicht aufrechterhalten werden kann. Es handelt sich um kleine Vögel mit hoher Schlagfrequenz. Bei den 4 Passeriformes liegt sie zwischen 10 s⁻¹ und 20 s⁻¹, bei *Archilochus colubris* beträgt sie \approx 50 s⁻¹. Bei der zuletzt genannten Art muß man von einem ausgesprochenen Hochfrequenzmuskel sprechen, der in der Kon-

traktionsgeschwindigkeit dem Insektenflugmuskel gleichwertig ist. Zudem sind *Archilochus*, *Riparia* und *Dicrurus* nicht nur schnelle und gewandte, sondern auch recht ausdauernde Flieger, so daß man die roten Muskelfasern als kennzeichnend für Dauerleistungen bei hoher Kontraktionsfrequenz ansehen kann. Aber rote Fasern müssen durchaus nicht immer untereinander gleichwertig sein. Bei *Passer domesticus* z. B. wird für den Pectoralis nur eine Faserform angegeben, wenn man diese nur nach Durchmesser und Myoglobingehalt beurteilt. Die zentral liegenden Fasern erweisen sich aber

als von den peripheren verschiedenen. Diese führen mehr Glykogen, jene mehr Fett, und die SDH-Aktivität (als Merkmal der aeroben ATP-Restitution) ist in den zentralen Fasern höher (17). Erst recht müssen Verschiedenheiten zwischen roten Fasern verschiedener Arten erwartet werden, und das gleiche muß man auch bei den beiden anderen Fasertypen annehmen. Schließlich handelt es sich bei den Tabellenwerten um Durchschnitte für den gesamten Muskel, und eine Analyse der Faserzusammensetzung in verschiedenen Zonen desselben würde Unterschiede wie bei der Haustaube offenbar werden lassen.

Mit der gebotenen Vorsicht kann man trotzdem über die restlichen 3 Gruppen der Tabelle 2 einige allgemeine Feststellungen wagen. Die erste Gruppe umfaßt Arten, bei denen R-Fasern sehr zurücktreten oder auch fehlen. Bei den großen segelnden Raubvögeln (*Pseudogyps*, *Milvus*) ist eine über längere Zeit anhaltende rhythmische Aktivität nicht erforderlich. Dagegen muß der Vogel für kurze Zeit eine große mechanische Leistung aufbringen können, so z. B. bei Start und Abbremsen vor der Landung. Dafür scheinen die W-Fasern (großer Durchmesser) geeignet zu sein, deren Stoffwechseltyp (Glykolyse) auch auf die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen weist. Die I-Fasern dürften, wenn auch in geringem Maße, die gleiche Eigenschaft haben. Man könnte sie als „Mehrzweck-Fasern“ bezeichnen, die zu einer mäßigen Dauerleistung befähigt sind, außerdem aber in kurzen Leistungsspitzen erheblich mehr Energie freisetzen können. *Accipiter baebus* segelt weniger, sein Beutesuchflug ist ein von kurzen Gleitflugphasen unterbrochener langsamer Kraftflug. Im unmittelbaren Angriff auf die Beute entwickelt er dagegen eine hohe Geschwindigkeit. Diese Befähigung einmal zu länger anhaltender Aktivität, zum anderen zu recht beachtlichen Spitzenleistungen kommt in der Faserzusammensetzung des Pectoralis zum Ausdruck. Die beiden

Strigiformes fliegen in einem langsamen Kraftflug und besitzen nur eine mäßige Fähigkeit zu kurzzeitiger Beschleunigung. Das erklärt das Dominieren der I-Fasern. Andererseits fliegt *Athene* weniger als *Bubo*, dafür aber schneller und gewandter: das wäre — neben dem Größenunterschied — eine Erklärung für das noch stärkere Zurücktreten der R-Fasern.

Die zweite Gruppe umfaßt mittelgroße Vögel, deren Streckenflug reiner Kraftflug ist. Damit stimmt das Dominieren der R-Fasern überein. Die W-Fasern stehen im Dienste kurzzeitiger großer Kraftentfaltung, vor allem beim Start. Auch die Arten der dritten Gruppe fliegen nur im Kraftflug, manche davon sehr ausdauernd (*Apus affinis*, *Merops orientalis*, *Merops rustica*, *Pastor roseus*). So erklärt sich der hohe R-Faser-Anteil. Da es sich aber meist um kleinere Vögel handelt, ist eine so große zusätzliche Kraftentfaltung wie in der vorigen Gruppe nicht erforderlich. Die geringeren Leistungsspitzen werden von den I-Fasern gedeckt, die außerdem ja auch mit zur Dauerleistung beitragen. Bei dem großen Corviden genügt vielleicht deswegen die den kleinen Vögeln entsprechende Muskelausstattung, weil er eine recht niedrige Flächenbelastung aufweist und über keine große Beschleunigungsfähigkeit verfügt.

Diese Deutung der Befunde am Vogelpectoralis mag im allgemeinen recht überzeugend aussehen. Aber mehr als ein nur in groben Zügen richtiges Bild wird durch solche Faseranalysen nicht entstehen können. Es sei an die schon geäußerten Bedenken erinnert. Zu einer genaueren Kenntnis gehören viele Einzelheiten über die biochemischen Eigenschaften und möglichst genaue Leistungsdaten des Tieres. Erst wenn diese vorliegen, kann man an eine tiefergehende funktionelle Deutung der morphologischen Feststellungen denken. Ohne Kenntnis dieser Details ist z. B. der Unterschied im Faserbau des Pectoralis zwischen *Hi-*

Tabelle 3 Succinat-Dehydrogenase-Aktivität und Muskelfasertypen

	Pectoralis		Supracoracoideus	
	R	I	R	I
SDH-Aktivität (μg Formazan/mg/h)	10,44	77,5	22,5	4,18
SDH-Aktivität (μg Formazan/mg/h)	16,96	85,9	14,1	7,68
	19,00	71,4	28,6	7,22
	12,44	66,2	33,8	5,72
	23,00	69,3	30,7	9,80
	20,08	100	—	8,12
	21,80	100	—	23,00
				100

Nach Befunden von CHANDRA-BOSE und GEORGE (3,4); GEORGE und TALESARA (12); LA-SIEWSKI, GALEY und VASQUEZ (23).

runo rustica und *Riparia concolor* nicht erklärbar. Auch die Verhältnisse bei *Corvus macrorhynchos* (s. o.) sind ja so nicht ohne weiteres zu übersehen. Sehr augenfällig wird die Warnung vor übereilten Schlußfolgerungen aus morphologischen Befunden, wenn man die Tabelle 3 zu Rate zieht. Hier sind der Flügelheber (Supracoracoideus) gegenübergestellt. Es ist neben einem physiologischen Befund die Faserzusammensetzung nach den gleichen Gesichtspunkten wie in Tabelle 2 angegeben.

Gleichartiger Faserbau verschiedener Muskeln des gleichen Tieres bedeutet z. B. keine physiologische Gleichwertigkeit bei *Psittacula krameri*. Physiologischer und morphologischer Befund können sich aber auch fast decken wie bei *Calypte anna*. Von den Kolibris weiß man, daß Flügelheber und Flügelheber beim Rütteln (Schwirrflug am Ort) nahezu die gleiche Leistung vollbringen. Daher übertrifft der Supracoracoideus den (an Masse größeren) Pectoralis auch noch etwas in der Enzymaktivität. Der Pectoralis hat bei *Acridotheres tristis* und *Pastor roseus* fast die gleiche Faserzusammensetzung, aber bei der zweiten

Art ist der Stoffwechsel fast doppelt so intensiv wie bei der ersten. *Pastor roseus* ist ein Langstreckenflieger (Zugvogel), *Acridotheres tristis* ist es nicht (Standvogel). Allerdings sind die Fasern beider Typen bei *Pastor* schmaler als bei *Acridotheres*, doch ließ sich bisher keine eindeutige Korrelation zwischen dem Durchmesser der Fasern eines bestimmten Typs und seinen physiologischen Eigenschaften nachweisen. Der Supracoracoideus von *Passer domesticus* hat wiederum fast den gleichen Faseraufbau wie der Pectoralis der beiden soeben genannten Sturviden: Seine Enzymaktivität liegt aber noch weit unter der des Pectoralis von *Acridotheres tristis*, wogegen die Faserdurchmesser beider Typen im Supracoracoideus von *Passer* und im Pectoralis von *Acridotheres* fast übereinstimmen. So zeigt sich, daß die Kenntnis der Bewegung physiologie fliegender Tiere noch keineswegs vollständig ist. Um weitere Fortschritte zu erzielen, müssen möglichst genaue Leistungsdaten über den Flug selbst erarbeitet werden. Der Weg dazu ist die Analyse des Flugvorganges bei verschiedenen Arten. Es muß aber auch die Physiologie und Biochemie der Flugmuskeln bei diesen Arten weiter auf-

geklärt werden. Morphologische Untersuchungen sind zur Ergänzung nötig. Ein vollständiges Bild von den Besonderheiten, auf die die außerordentliche Leistungsfähigkeit der Flugmuskeln zurückzuführen ist, wird aus der Synthese der Ergebnisse solcher vielfältiger Untersuchungen entstehen.

Literatur

1. BUDDENBROCK, W. V., Vergleichende Physiologie. Bd. 5: Physiologie der Erfolgsorgane. Basel u. Stuttgart 1961.
2. CHANDRA-BOSE, D. A., and J. C. GEORGE, Pavo 2, 111—114 (1964).
3. — Pavo 3, 14—22 (1965).
4. — Pavo 3, 23—28 (1965).
5. CHINYOY, N. J., J. Anim. Morphol. Physiol. 10, 74—77 (1963).
6. GEORGE, J. C., and A. J. BERGER, Avian Myology. New York u. London 1966.
7. — and R. M. NAIK, Nature 181, 709—710 (1958).
8. — Nature 181, 782—783 (1958).
9. — Biol. Bull. 116, 239—247 (1959).
10. — J. Anim. Morphol. Physiol. 6, 16—23 (1959).
11. — Auk 77, 224—225 (1960).
12. — and C. L. TALESARA, Comp. Biochem. Physiol. 3, 267—273 (1961).
13. — J. Cell. Comp. Physiol. 58, 253—260 (1961).
14. — and C. L. TALESARA, Quart. J. Microscop. Sci. 102, 131—141 (1961).
15. — Quart. J. Microscop. Sci. 103, 41—46 (1962).
16. — A. K. SUSHEELA and N. V. VALLATHAN, J. Anim. Morphol. Physiol. 10, 24—30 (1963).
17. — Pavo 2, 116—119 (1964).
18. GRAY, J., J. Exp. Biol. 13, 192—200 (1936).
19. GREENEWALT, C. R., Dimensional relationships for flying animals. Greenville Del. 1960.
20. HASSELBACH, W., Muskelphysiologie. In: Fortschritte der Zoologie, Bd. 15, 1—91 (1963).
21. HEITEL, H., Struktur, Form, Bewegung — Biologie und Technik. Mainz 1963.
22. JENSEN, M., Phil. Trans. Roy. Soc. London, B, 511—552 (1956).
23. LASIEWSKI, R. C., F. R. GALEY and C. VASQUEZ, Nature 206, 404—405 (1965).
24. NENE, R. V., and J. C. GEORGE, J. Anim. Morphol. Physiol. 12, 85—89 (1965).
25. OEHME, H., Biol. Zbl. 82, 413—454, 569—587 (1963).
26. — Beitr. z. Vogelk. 11, 1—31 (1965).
27. PARRY, D. A., J. Exp. Biol. 26, 24—34 (1949).
28. SACKTOR, B., and D. G. COCHRAN, Arch. Biochem. Biophys. 74, 266—276 (1958).
29. STOLPE, M., and K. ZIMMER, J. Orn. 87, 136—155 (1939).
30. TALESARA, C. L., J. Anim. Morphol. Physiol. 8, 149—154 (1961).
31. VALLATHAN, N. V., and J. C. GEORGE, J. Anim. Morphol. Physiol. 10, 15—23 (1963).
32. — J. Anim. Morphol. Physiol. 12, 100—103 (1965).
33. WEIS-FOGH, T., Phil. Trans. Roy. Soc. London, B, 289, 459—510 (1956).
34. — J. Exp. Biol. 41, 229—256 (1964).
35. WEINREB, S., and J. W. HARMAN, J. Exp. Med. 101, 529—538 (1955).
36. WILSON, A. C., R. D. CAHN and N. O. KAPLAN, Nature 197, 331—334 (1963).

Anschrift des Verfassers:

Dr. H. OEHME, Zoologische Forschungsstelle der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Berliner Tierpark, 1136 Berlin, Am Tierpark 41.