

Histologische und anatomische Untersuchungen an der Hinterextremität einiger Vögel.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Von Jeffrey Theophilus Nel (Kokstad, Südafrika)

Historische Übersicht und eigene Fragestellung.

Schon sehr früh wird in der Literatur auf Unterschiede in der quergestreiften Skelettmuskulatur hingewiesen. Schloßberger zeigte bereits 1856, daß es bei den Vögeln ebenso wie bei den übrigen Wirbeltieren zwei Arten von Muskeln gibt, die sich durch ihre Farbe unterscheiden, nämlich rote und gelbe bzw. weiße. Für die Vögel wurden diese Verhältnisse zuerst von Krause (1884) untersucht. Er erblickte in der Farbe eine Folge des mehr oder weniger starken Gebrauches eines Muskels: viel gebrauchte Muskeln sind rot, während solche, die nur wenig und nicht ausdauernd in Tätigkeit sind, sich durch eine weiße Farbe auszeichnen. In neuerer Zeit finden wir diese Ansicht wieder bei Knoblauch (1912) und Heinroth (1924 ff.) vertreten. Grützner (1883) und Wörtz (1889) dagegen sahen einen wesentlich anderen Zusammenhang zwischen Farbe und Funktion eines Muskels. Nach ihnen zeichnen sich die roten Muskel durch eine schnelle, die weißen durch eine langsame Kontraktion aus, wobei allerdings Wörtz selbst auf gewisse Ausnahmen hinwies. Hinsichtlich des histologischen Baues lassen sich nach Schiefferdecker (1912) keine bedeutenden Unterschiede zwischen roten und weißen Muskeln feststellen. In anderem Zusammenhang war aber schon auf solche hingewiesen worden. Grützner und Knoll (1889 und 1891) unterschieden zwei Arten von Muskelfasern auf Grund des Gehaltes ihres Protoplasmas an Körnchen und behaupteten, daß diesem histologischen Unterschied insofern ein physiologischer parallel gehe, als die körnchenreichen Fasern sich träge, die körnchenarmen dagegen schnell kontrahieren. Ewald (1912) hat gezeigt, daß man nach der chemischen Beschaffenheit verschiedene Arten von Körnchen unterscheiden kann: myelinartige, eiweißartige und solche, die aus Eiweiß und fetthaltigen Substanzen zusammengesetzt sind. Ähnlich wie Grützner und Knoll stellte er fest, daß ein Zusammenhang zwischen dem Reichtum an Körnchen und dem mehr oder weniger ausgiebigen Gebrauch der betreffenden Faser besteht.

Wenn man nun alle diese Arbeiten, die sich mit Unterschieden in der Farbe und in dem Körnchengehalt des Protoplasmas der Muskeln beschäftigen, vergleicht, so zeigt sich, daß im ein-

zelen die Befunde und ihre Deutungen doch sehr weit auseinandergehen. Es ist unmöglich, daraus eine klare Vorstellung zu gewinnen, und ich glaube überhaupt, daß mit solchen Methoden und mit dieser Fragestellung eine tiefere Einsicht nicht erzielt werden kann.

Während also in der eben geschilderten Weise ein einheitlicher und klarer Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit der Muskulatur und ihrer Leistung nicht aufgezeigt werden konnte, ergibt sich aus den jüngsten Arbeiten, daß sehr wohl eine Beziehung zwischen dem histologischen Aufbau einer Muskelfaser und ihrer physiologischen Aufgabe besteht. Krüger (1929 und 1931) und seine Schüler Furlinger (1930), Danzinger (1937), Köhler (1938) und Thiel (1940) haben bei Amphibien, Säugetieren und Reptilien stets zwei Arten von Fasern hinsichtlich der Feinstruktur feststellen können: Fasern mit einfacher Fibrillenfelderung und Fasern mit Säulchenfelderung. Sie konnten zeigen, daß jene für die tetanische, diese für die tonische Leistung der Muskeln verantwortlich zu machen sind. Ich selbst habe in dieser Richtung verschiedene Vogelmuskeln untersucht. Zunächst sollte festgestellt werden, ob auch hier beide Fasertypen vertreten sind, und in welcher Beziehung sie zur Funktion der betreffenden Muskeln stehen. Diese letztere Frage versuchte ich dadurch zu lösen, daß ich zur Untersuchung Vogeltypen heranzog, die sich bewegungsphysiologisch stark unterscheiden. Die Herausstellung dieser Typen erfolgte auf Grund der Lebensweise, sowie vergleichend anatomischer Studien am Skelett der Hinterextremitäten.

Material und Methodik.

Es wurden untersucht: *Passer domesticus* L. als Typus eines hüpfenden und *Galerida cristata* L. als Typus eines laufenden Bodenvogels; *Hirundo rustica* L. und *Micropus apus* L. als Formen, deren Leben sich fast ausschließlich im Fluge abspielt, und die ihre Hinterextremitäten lediglich zum Sitzen beziehungsweise Anklammern gebrauchen; *Picus viridis* L. und *Certhia familiaris* L. als typische Baum- und Klettervögel, sowie *Jynx torquilla* L., der zwar wie jene ein Baumvogel ist, aber nicht als ausgesprochener Klettervogel angesehen werden kann. Die histologischen Untersuchungen beschränkten sich auf die Muskulatur des Oberschenkels, weil diese ihrer Anatomie und ihrer Funktion nach am besten bekannt ist, und weil auf Grund der im Gegensatz zur Muskulatur des Unterschenkels funktionell weit vielseitigeren Aufgaben gerade hier auch eine stärkere histologische Differenzierung erwartet werden konnte.

Alle untersuchten Vögel wurden sofort nach dem Abschießen an Ort und Stelle präpariert und fixiert. Tiere, die sich längere Zeit in Gefangenschaft befanden, wurden in keinem Fall verwendet. Was die Präparation betrifft, so wurde nach sorgfältiger Entfernung der Haut die Extremität vom Körper losgelöst und als Ganzes fixiert, um auf diese Weise die einzelnen Muskeln in natürlicher Lage und in möglichst gleichmäßig kontrahiertem Zustand zu erhalten. Als Fixierungsflüssigkeit kam ausschließlich das Sublimat-Trichloressigsäuregemisch „Susa“ nach Heidenhain zur Anwendung, da es sich im Vorversuch herausgestellt hatte, daß es gegenüber den Gemischen von Zenker, Bouin und Carnoy weitaus die besten Ergebnisse lieferte. Vor der Fixierung wurde die Flüssigkeit immer bis zur Körpertemperatur des Vogels erwärmt. Die einzelnen Muskeln wurden dann über Methylbenzoat-Celloidin in Paraffin eingebettet und 3–5 μ dick geschnitten. Zum Studium der Feinstruktur wurde stets mit Heidenhainschem Eisenhämatoxylin gefärbt. Nur zu Übersichtsbildern und Kontrollfärbungen wurde noch Hämatoxylin-Eosin herangezogen.

Bei der Bezeichnung der einzelnen Muskeln wurden die im „Bronn“ und die bei Stolpe (1932) benutzten Namen verwendet.

Herausstellung biologischer Typen.

Wenn im folgenden verschiedene Vogelarten unter dem Begriff eines biologischen Typus zusammengestellt werden, so sollen damit in keiner Weise irgendwelche phylogenetischen oder verwandtschaftlichen Beziehungen zum Ausdruck gebracht werden. Maßgebend für die Aufstellung der Typen war lediglich der infolge der ähnlichen Lebensweise gleiche oder doch ähnliche Gebrauch der Hinterextremitäten. In der weiteren Darstellung wird gezeigt werden, daß in Übereinstimmung damit gemeinsame Züge in der Ausgestaltung des Skeletts und der histologischen Differenzierung der Muskulatur der Hinterextremität gefunden werden.

1. *Certhia familiaris*, *Picus viridis* und *Jynx torquilla*. Diese drei Formen können als Baumvögel bzw. Klettervögel charakterisiert werden. Selbstverständlich bestehen auf Grund verschiedener Lebensgewohnheiten und Besonderheiten der Nahrungssuche gewisse artliche Unterschiede. Aber im allgemeinen kann man sagen, daß ihre Hinterextremitäten zum Festhalten und Klettern — wenigstens bei *Certhia* und *Picus* — an senkrechten und schrägen Baumstämmen und Ästen eingerichtet sind. Am deutlichsten erweist sich *Certhia* als Klettervogel. Er fliegt den unteren Teil eines Baumes an und bewegt sich ohne längere Ruhepause bis fast in die letzten Verzweigungen des Hauptstammes.

Nur äußerst selten kann man ihn auf dem ebenen Boden beobachten, wo er sich in etwas ungeschickter Weise hüpfend fortbewegt. *Picus* klettert in ähnlicher Weise am Stamm — und zwar nur an diesem — empor, schaltet aber dabei des öfteren längere Ruhepausen ein. Weit häufiger und regelmäßiger als *Certhia* kann man ihn auch — vor allem nach Ameisen suchend — auf dem Boden antreffen, wo er sich wie dieser hüpfend, aber viel gewandter fortbewegt. *Jynx* wird deswegen in dieser Gruppe aufgeführt, weil er sich in der gleichen charakteristischen Weise wie die beiden vorgenannten Arten an senkrechten Baumstämmen anklammern kann. Ein Klettern im Sinne von *Certhia* und *Picus* kommt bei ihm nicht in Frage; auf dem Boden bewegt er sich wie *Picus*. Ein abweichendes Verhalten zeigt *Jynx* insofern, als er beim Aufenthalt auf Bäumen dünne und quergestellte Äste bevorzugt, wobei sein Fuß nicht als Kletterfuß, sondern als Sitzfuß funktioniert. Es wird später noch gezeigt werden, daß diese Unterschiede zwischen *Picus* und *Jynx*, die ja verwandtschaftlich einander sehr nahe stehen und auch im anatomischen Bau ihrer Hinterextremitäten im wesentlichen übereinstimmen, in der histologischen Beschaffenheit der Muskulatur zum Ausdruck kommen.

2. *Passer domesticus*. Diese Art stellt einen Baum- und zugleich einen Bodenvogel dar, wobei die Fortbewegung auf dem Boden hüpfend erfolgt, jedoch viel gewandter als bei *Picus* und *Jynx*. Beim Aufenthalt auf Bäumen wirkt sein Fuß als typischer Sitzfuß.

3. *Galerida cristata* ist ein ausgesprochener Bodenvogel. Die Fortbewegungsweise ist nicht hüpfend wie beim Sperling, sondern laufend. Ein Aufenthalt auf Bäumen wird nicht beobachtet.

4. *Hirundo rusticata* und *Micropus apus*. Hier handelt es sich nun um Formen, die für ein langes und ausdauerndes Fliegen spezialisiert sind, und deren Leben, zum mindesten bei *Micropus*, sich fast ausschließlich im Fluge abspielt. Den Hinterextremitäten kommt für die Fortbewegung so gut wie keine Bedeutung zu. Bei *Hirundo* dienen sie noch in ausgedehntem Maße als Sitzbeine, bei *Micropus* dagegen werden sie lediglich zum Anklammern an Mauern und Felsen verwendet. Die Tiere können sich damit außerordentlich lange festhalten und sogar in dieser Stellung schlafen, wovon ich mich in Afrika durch eigene Beobachtung überzeugen konnte. Von einem Gebrauch der Beine als Gehwerkzeuge kann bei *Micropus* überhaupt nicht die Rede

sein, während bei *Hirundo* höchstens beim Sammeln von Lehm zum Nestbau kurze Strecken in einem ungeschickten Gehen zurückgelegt werden.

Vergleichende Untersuchungen am Beinskelett.

Während im vorliegenden versucht wurde, die untersuchten Vogelarten in einzelne, ihrer Lebensweise nach charakterisierte Gruppen einzuordnen, soll im folgenden besprochen werden, ob die Arten innerhalb einer solchen Ähnlichkeit im anatomischen Aufbau, vor allem im Skelett, erkennen lassen. Wenn tatsächlich

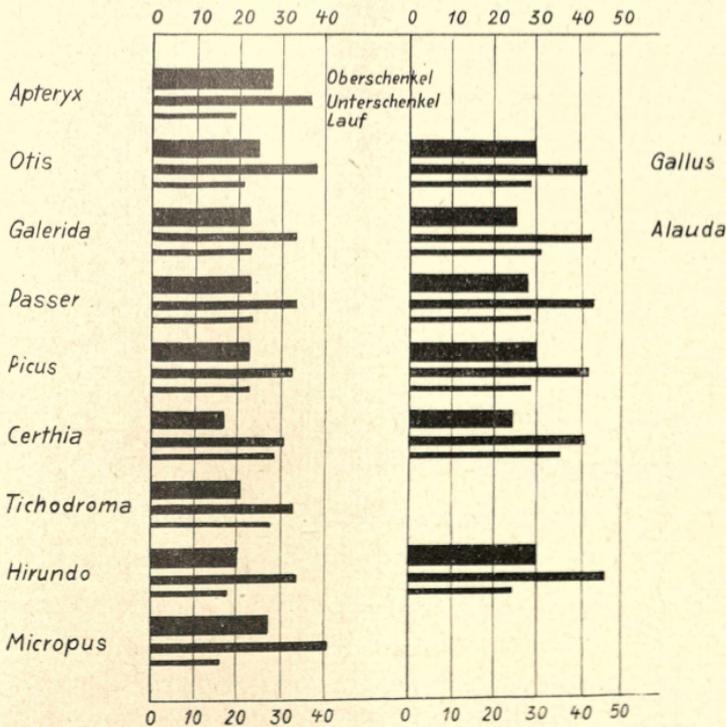


Abb. 1: Die Längen von Oberschenkel, Unterschenkel und Lauf, ausgedrückt in Prozent der gesamten Beinlänge.

Beziehungen zwischen der Lebensweise und dem Bau der Gliedmaßen bestehen, so müssen sie sich am einfachsten schon in den Proportionen der Glieder der Extremitäten äußern, da eine verschiedene Lebensweise andere mechanische Anforderungen stellt. Es ist aber von vornherein anzunehmen, daß die Extremität als Ganzes, mit allen ihren Gliedern dem Einfluß der von der Lebens-

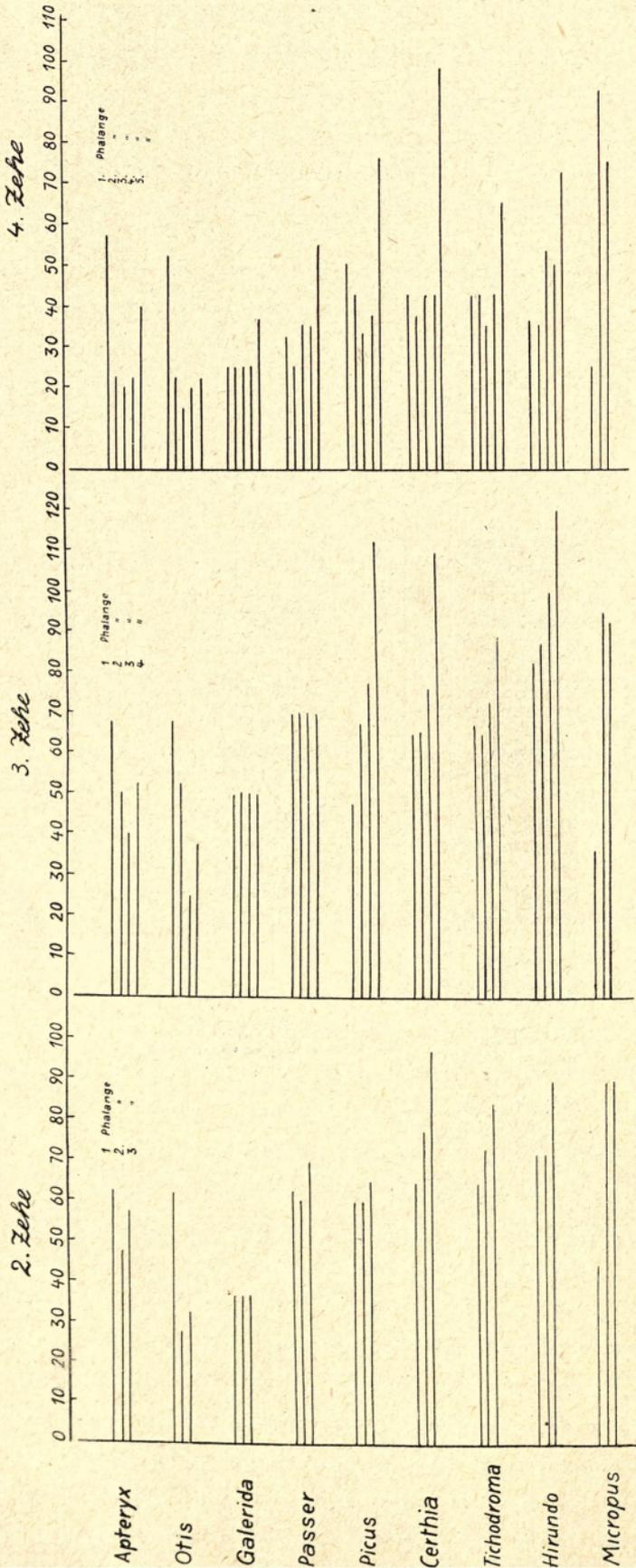


Abb. 2: Die Längen der Phalangen der 2., 3. und 4. Zehe, ausgedrückt in Prozent der gesamten Beinlänge.

weise an sie gestellten Aufgabe unterliegt, daher sollen die Gliedmaßen auch als Ganzes untersucht werden. Obwohl Blechschmidt (1929) schon früher ähnliche Gedanken äußerte, so hielt sie sich doch bei ihren Untersuchungen nicht an diese Erkenntnis und beschränkte sich einfach darauf, die Proportionen der Phalangen festzustellen.

Da die hier untersuchten Vogelarten bedeutende Unterschiede in der Größe aufweisen, wurden, um den Vergleich zu erleichtern, die Längen von Oberschenkel, Unterschenkel, Lauf und der Phalangen der 2., 3. und 4. Zehe in Prozenten zu ihrer Summe, d. h. der größten Länge der gesamten Hinterextremität, ausgedrückt. Außer den oben genannten Arten wurden für diese Frage auch noch *Otis tetrax* L., *Apteryx australis* Shaw und *Tichodroma muraria* L. herangezogen. Die Ergebnisse der Messungen sind in Abbildung 1-2 graphisch dargestellt. In Abbildung 1 sind auch einige Angaben von Palmgren von den gleichen oder als Bewegungstypen nahestehenden Arten zum Vergleich mit herangezogen worden. Trotz der „bedeutenden praktischen Schwierigkeiten“, die Länge der Extremitätenabschnitte von Drehachse zu Drehachse zu messen, stimmen die von Palmgren gefundenen Proportionen zum Teil sehr gut mit den hier veröffentlichten überein oder bestätigen mindestens größenordnungsmäßig die Gruppenzugehörigkeit.

Eine Betrachtung der relativen Länge von Oberschenkel, Unterschenkel, Lauf (bezogen auf die Gesamtlänge des Beines einschließlich der dritten Zehe) zeigt die Zusammengehörigkeit von *Apteryx*, *Otis* und *Gallus* (Läufer, Schreiter), von *Galerida*, *Passer*, *Picus*, auch *Alauda*, von *Certhia* und *Tichodroma* (Kletterer) und von *Hirundo* und *Micropus*, deren Beinausgestaltung und -leistung schwer einem besonderen Bewegungstyp zuzuordnen sind, aber doch unter sich viel Ähnlichkeit zeigen. Drückt man die relative Länge von Unterschenkel und Lauf in Prozent der Länge des Oberschenkels und die relative Länge des Laufes in Prozent des Unterschenkels aus, so treten diese Gruppen noch schärfer hervor (Tabelle; die Werte aus Palmgren sind schräg herausgesetzt):

	Ober- schenkel	Unter- schenkel	Lauf	Differenz Unter- schenkel- Lauf	Unter- schenkel	Lauf
<i>Apteryx</i> . .	100	137	70	67	100	51
<i>Otis</i>	100	158	87	71	100	55
<i>Gallus</i>	100	142	97	45	100	68
<i>Galerida</i> . .	100	150	105	45	100	70
<i>Alauda</i>	100	167	124	43	100	74
<i>Passer</i> . . .	100	143	100	43	100	70
		153	100	53		68
<i>Picus</i>	100	145	100	45	100	69
		139	90	49		68
<i>Certhia</i> . . .	100	188	175	13	100	93
		169	146	19		86
<i>Tichodroma</i>	100	160	135	25	100	84
<i>Hirundo</i> . .	100	174	89	85	100	42
		153	90	63		53
<i>Micropus</i> . .	100	154	58	96	100	38

Diese Zusammenhänge treten auch bei einem Vergleich der relativen Phalangenlängen hervor. Der Gebrauch der Zehen ist ja bei den verschiedenen Bewegungstypen ganz abweichend voneinander. Das muß sich auch in den Größenverhältnissen der einzelnen Glieder ausdrücken. Man vergleiche in dieser Hinsicht die Maße bei kletternden und klammernden Typen, wie *Picus*, *Certhia*, *Tichodroma*, *Hirundo* und *Micropus*. Sie weichen grundsätzlich ab von denen eines laufenden Bodenvogels (Renner, *Galerida*) oder denen — offenbar einem ganz anderen Typus angehörenden — von *Otis* und *Apteryx*, die unter sich wieder große Ähnlichkeiten aufweisen. Bei diesen (Schreitern) ist das mittelste Phalangenglied das kürzeste, das 1. das längste. *Galerida* zeigt — mit Ausnahme des 5. Gliedes der 4. Zehe — gleich lange Glieder. Völlig gleich gestaltet ist die 3. Zehe von *Passer*, bei dem die 2. und 4. Zehe charakteristisch anders ausgebildet, offenbar

für das Umklammern von Zweigen günstig gestaltet sind. Alle klammernden Formen sind ausgezeichnet durch das große Endglied der Zehen. Bei *Hirundo* und vor allem bei *Micropus* wird von dieser Vergrößerung auch das vorletzte Glied ergriffen. Bei *Picus* erinnern die 2. und 4. Zehe an die Verhältnisse bei *Passer*. *Certhia* und *Tichodroma* weichen stärker von *Picus* ab und stehen einander näher. Auch *Hirundo* läßt noch gleiche Züge wie *Passer* erkennen. Einen Typus für sich bildet *Micropus*.

Anhangsweise soll noch besonders darauf hingewiesen werden, daß auch die Verteilung des Körpergewichts auf die einzelnen Gelenke bei Kletter- und Klammervögeln ganz anders erfolgt als bei Bodenvögel. Nach Stolpe wirkt die Schwerkraft bei Klettervögeln ungefähr in der Richtung der Körperlängsachse, während sie bei Bodenvögeln einen fast rechten Winkel mit dieser bildet. Bei Klettervögeln werden die Gelenke hauptsächlich auf Zug beansprucht, während bei Bodenvögeln das Körpergewicht auf den Gelenken lastet, sie gewissermaßen zum Einknicken bringen will. Die in so verschiedener Richtung erfolgende Beanspruchung der Extremitäten mag auch auf die Ausbildung der Muskulatur nicht ohne Einfluß bleiben. Bei den Klettervögeln hilft auch der Schwanz zum Tragen des Körpers mit.

Untersuchungen über das Vorkommen von Fibrillen- und Säulchenstruktur.

Die histologische Untersuchung der Beinmuskulatur ergab, daß sie sich aus folgenden Muskelfasertypen zusammensetzt:

a) Fasern mit Fibrillenfelderung. Die Fibrillen sind im Querschnitt ganz gleichmäßig verteilt. Dieser Fasertypus ist bei allen untersuchten Vögeln in völlig gleicher Ausbildung vorhanden.

b) Fasern mit Säulchenfelderung. Die Fibrillen sind im Querschnitt nicht gleichmäßig verteilt, sondern stehen in Gruppen zu 2 bis 5, in ähnlicher Weise wie sie auch Köhler bei Reptilien, Thiel bei Urodelen beschreiben; nur bei *Picus* finden sich im *M. ischio-flexorius* solche von bandförmiger Gestalt.

c) Fasern mit Säulchen und Fibrillen („Übergangsstrukturen“ nach Köhler; s. Thiel). Dieser Muskel-

typus kommt vor allem im *M. ischio-flexorius*, *M. pubo-ischio-femoralis*, *M. femori-tibialis internus* und *externus* vor.

Untersuchung der einzelnen Muskeln.

(Abb. 3.)

M. Ilio-tibialis (posterior und anterior).

Der hintere Teil des Muskels fehlt bei *Micropus* und ebenso, wie ich beobachten konnte, bei *Hirundo*. Bei den anderen

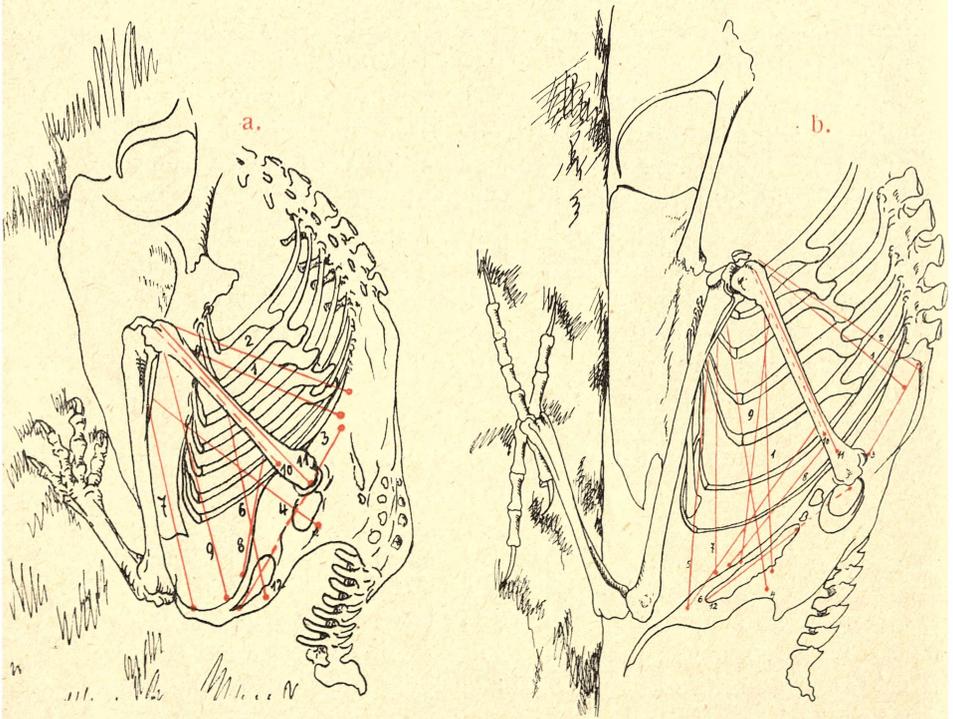


Abb. 3: Schematische Darstellung der Stellung des Skelettes und des Verlaufes der hauptsächlichsten Muskeln an der Hinterextremität von *Micropus apus* (a) und *Picus viridis* (b) beim Anklammern. — 1. *M. ilio-tibialis posterior* (*anterior*). 2. *M. sartorius*. 3. *M. ilio-trochantericus*. 4. *M. ilio-fibularis*. 5. *M. caudalis-ilio-flexorius*. 6. *M. caudalis-ilio-femoralis*. 7. *M. ischio-flexorius*. 8. *M. ischio-femoralis*. 9. *M. pubo-ischio-femoralis*. 10. *M. femori-tibialis internus*. 11. *M. femori-tibialis externus* und *medius*. 12. *M. obturator*. — (K. Walther gez.)

Arten entspringt er am latero-dorsalen Kamm des postacetabularen Ilium. Der Muskel ist zwar flach, doch recht kräftig, und gliedert sich in eine verschiedene Anzahl von Abteilungen. So zählt man bei *Certhia* 30, bei *Galerida* 50 und bei *Picus* 40 bis 50 solcher Abschnitte. Diese Zahlen stellen nur Größenordnungen dar, da eine genaue Zählung sehr schwierig ist. Während die Abteilungen sonst, z. B. auch bei *Certhia*, keine spindelförmige Gestalt besitzen, sind sie bei *Picus* ausgesprochen spindelförmig. Nur hier finden sich Fasern mit Säulchenfelderung, deren Anzahl recht hoch ist (20 bis 30 %). Beim Specht besteht die Funktion des Muskels darin, eine Rotation der Extremität nach außen herbeizuführen.

Der vordere Teil entspringt vor allem an der Linea ilio-dorsalis. Er kommt bei allen untersuchten Vögeln vor und ist bei *Picus* und *Certhia* besonders kräftig entwickelt. Die Zahl seiner Abteilungen wechselt bei den einzelnen Arten, von 20 bis 30 bei *Hirundo* bis etwa 130 bei *Picus*. Die Abteilungen haben bei allen Vögeln eine spindelförmige Gestalt. Nur bei *Hirundo* und *Micropus* sind Fasern mit Säulchenfelderung in diesem Muskelteil enthalten (20 bis 30 bzw. 10 bis 20 %). Dieses Ergebnis ist bemerkenswert, da gerade bei diesen ausdauernden Fliegern der Muskel den Oberschenkel während des Fluges ausgezogen halten muß.

M. femori-tibialis.

Dieser Muskel setzt sich aus drei Teilen zusammen; dem *M. femori-tibialis externus*, einer Muskelmasse, die an der Außenseite des Femur liegt, dem *M. femori-tibialis medius* und dem *M. femori-tibialis internus*. Die beiden ersten Teile sind bei *Passer* verwachsen.

In allen diesen Muskelteilen kommen Fasern mit Säulchenfelderung vor. Der mittlere Teil weist bei *Micropus* mit 60 bis 70 %, bei *Hirundo* mit 70 bis 80 % und bei *Certhia* mit 50 bis 60 % den Höchstgehalt an Fasern mit Säulchen auf. *Picus* mit durchschnittlich 40 % leitet über zu Baum- und Bodenvögeln vom Typus *Passer* und *Galerida*, deren Gehalt an Fasern mit Säulchenfelderung in diesem Muskelteil zwischen 30 und 40 % schwankt. Interessant sind die Verhältnisse bei *Jynx*. Anatomisch den spechtartigen Klettervögeln sehr nahestehend, zeigt er hier den geringsten Prozentsatz an Fasern mit Säulchen unter allen

untersuchten Arten. Dieser Befund läßt sich sehr gut mit der schon an anderer Stelle geschilderten, von *Picus* abweichenden Lebensweise dieses Vogels vereinbaren.

Beim *M. femori-tibialis externus* wie *internus* kommt man zu gleichen Werten, wenn man außer den Fasern mit reiner Säulchenfelderung auch jene berücksichtigt, die neben Säulchen noch Fibrillen enthalten. Sie kommen im Bereiche dieses Muskels nur in diesen beiden Teilen vor.

Der Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Fasern mit Säulchen und der Funktion wird am deutlichsten beim *M. femori-tibialis internus*, der den Oberschenkel an den Unterschenkel heranzieht. Es ist klar, daß diese Leistung bei einem Klammer- oder Klettervogel, bei dem der Körper fest an die Unterlage herangezogen werden muß, viel stärker tonisch bedingt sein muß, als bei einem Laufvogel. *M. femori-tibialis externus* und *medius* müssen von vornherein bei allen Vögeln eine gewisse tonische Leistung zeigen, da eine ihrer wichtigsten Aufgaben im Zusammenhalten des Kniegelenkes besteht. Aber auch diese Leistung muß bei Klammer- und Klettervögeln stärker sein, weil hier das ganze Körpergewicht bestrebt ist, die Gelenke auseinander zu ziehen, und weil außerdem der betreffende Muskel der Verschiebung entgegenwirken muß, welche die Drehung des Beines nach außen beim Klammern und Klettern zur Folge hat.

M. ilio-fibularis.

Im allgemeinen erstreckt sich der Ursprung dieses Muskels über den größten Teil des Margo latero-dorsali des postacetabularen Ilium. In seinem weiteren Verlauf spitzt er sich zu, zieht durch eine Sehnenschlinge und inseriert schließlich zwischen den äußeren und mittleren Köpfen des *M. gastrocnemius* an der Tuberositas fibulae. Bei *Picus*, *Certhia* und *Jynx* nimmt die Ursprungsstelle des Muskels ungefähr drei Viertel der postacetabularen Gegend des Ilium ein, bei *Micropus* etwas weniger, bei *Galerida* etwa die Hälfte und bei *Passer* noch weniger. Bei *Picus* inseriert er am distalen Drittel, bei Bodenvögeln dagegen am distalen Fünftel der Fibula.

Die Funktion des *M. ilio-fibularis* besteht hauptsächlich im Anziehen des Unterschenkels an den Körper. Sein Gehalt an Fasern mit Säulchenfelderung ist im allgemeinen ziemlich groß. Man kann dies damit in Zusammenhang bringen, daß er beim

Heranziehen der Beine während des Fluges eine tonische Leistung auszuführen hat. Den höchsten Prozentsatz zeigen *Micropus* (60 bis 70 ‰), *Picus* (50 bis 60 ‰) und *Certhia* (50 bis 60 ‰), bei denen beim Anklammern und Klettern noch eine weitere Haltefunktion hinzukommt. Wie nach der Lebensweise zu erwarten ist, zeigen *Hirundo* (40 bis 50 ‰) und *Jynx* (30 bis 40 ‰) einen geringeren Prozentsatz an Fasern mit Säulchenfelderung. Zu diesen Fasern mit reiner Säulchenfelderung kommen nun noch bei *Hirundo*, *Jynx* und *Galerida* Fasern, die Säulchen und Fibrillen zugleich enthalten. Wenn man diese Fasern ebenfalls in Rechnung setzt, ändert sich jedoch an dem Verhältnis der Prozentsätze zwischen den einzelnen Arten nichts.

M. ilio-trochantericus.

Der Muskel entspringt an der Außenfläche des praeactabularen Ilium und zieht zur proximalen Außenfläche des Femur. Er besteht zumeist aus einer großen Anzahl abgeplatteter und spindelförmiger Abteilungen.

Seine Funktion besteht im Heben des Oberschenkels; außerdem bewirkt er dessen Rotation nach innen. Bei *Micropus*, *Hirundo* und *Picus* hat dieser Muskel bei einem nur hier vorkommenden längeren Verweilen in angeklammertem (bzw. bei *Hirundo* sitzendem) Zustand eine ausgesprochene Haltefunktion. Dementsprechend findet man bei ihnen den höchsten Prozentsatz an Fasern mit Säulchen (durchschnittlich 40 bis 50 ‰). Die geringe Zahl der Fasern mit Säulchen bei *Certhia* (20 bis 30 ‰) erscheint zunächst auffallend. Sie wird jedoch verständlich, wenn man bedenkt, daß bei diesem Vogel, der ohne längere Ruhepausen klettert, die Bewegungsfunktion des *M. ilio-trochantericus* mehr ins Gewicht fällt als die Haltefunktion.

M. obturator.

Dieser Muskel kommt bei allen untersuchten Formen vor und ist besonders bei den Kletter- und Klammervögeln stark entwickelt. Der Grund hierfür liegt darin, daß seine Funktion in einer Rotation des Beines besteht, die gerade für diese Kletter- und Klammervögel von großer Bedeutung ist, weil dadurch ein dichteres Anschmiegen an die Unterlage gewährleistet wird (Stolpe). Bei den Vögeln nun, bei denen diese Rotation eine Dauerleistung darstellt — indem sie mit nach außen gedrehten

Beinen sich längere Zeit anklammern, wie *Picus* und *Jynx*, oder klettern wie *Certhia* —, findet man einen hohen Prozentsatz an Fasern mit Säulchen: *Picus* und *Jynx* 40 bis 50 %, *Certhia* 60 bis 70 %. Bei *Hirundo* und *Micropus*, für die die gleichen Voraussetzungen gelten, ist zwar der Prozentsatz der Fasern mit reiner Säulchenfelderung gering (10 bis 20 %), dafür zeigen diese beiden aber einen hohen Gehalt an Fasern, in denen Säulchen und Fibrillen gemischt vorkommen (60 bis 70 bzw. 70 bis 80 %). Bei Boden- und Laufvögeln ist diese Rotation weder sehr wesentlich, noch kann sie als eine Dauerleistung angesehen werden. Man findet daher bei *Galerida* höchstens 30 % Fasern mit Säulchenfelderung.

M. pubo-ischio-femoralis.

Der Muskel entspringt gewöhnlich am Sitzbein, bei *Micropus* dagegen in der ersten Hälfte des Schambeines, und inseriert distal an der hinteren Fläche des Femurschaftes. Er ist stark, bandförmig und teilt sich in Abteilungen von verschiedener Form, deren Zahl bei den einzelnen Arten bedeutende Unterschiede aufweist (*Jynx* 60 bis 80, *Certhia* 50 bis 60, *Picus* bis zu 150).

Die Funktion dieses Muskels besteht darin, den Oberschenkel vom Körper weg nach hinten zu ziehen. Dadurch ist er maßgeblich an dem Zustandekommen der Körperhaltung beteiligt. Bei den Laufvögeln wirkt er vor allem dem Gewicht des Vorderkörpers entgegen, während er bei den Klammer- und Klettervögeln den Hinterkörper an die Unterlage heranzieht und dadurch die schräge Lage des Körpers zu dieser bedingt. Es leuchtet ein, daß die Leistung dieses Muskels ganz allgemein ziemlich stark tonisch sein muß, besonders stark aber bei jenen Vögeln, die sich sehr lange an einem Baum oder einer Mauer anklammern können. In Übereinstimmung damit findet man den höchsten Prozentsatz an Fasern mit Säulchenfelderung bei *Picus* (80 bis 90 %), *Micropus* (70 bis 80 %) und *Certhia* (50 bis 60 %). *Passer* und *Galerida* dagegen zeigen nur 40 bis 50 %. Bei *Jynx* und *Hirundo* ist es sehr schwer, den Prozentsatz der Fasern mit Säulchenfelderung anzugeben, da hier neben den Säulchen in der gleichen Faser fast immer noch einzelstehende Fibrillen vorkommen. Diese Fasern machen bei *Hirundo* 10 bis 20 % und bei *Jynx* 30 bis 40 % aus.

M. ischio-femoralis.

Bei *Picus* und *Jynx* entspringt dieser Muskel fast ohne Sehne von der Peripherie der ilio-ischiatischen Fenestra und des konkaven Teiles der Außenfläche des Ischium. Bei den anderen Arten erstreckt sich sein Ursprung weit über den distalen Teil des Ischium.

Die Funktion des Muskels besteht im Zurückziehen des Oberschenkels. Sie ist somit im wesentlichen die gleiche wie die des *M. pubo-ischio-femoralis*. Wenn auch die Prozentsätze der Fasern mit Säulchenfelderung ihrem Absolutwert nach nicht mit denen dieses Muskels übereinstimmen, so stehen sie doch untereinander im gleichen Verhältnis wie dort. *Certhia* und *Jynx* fallen allerdings aus der Reihe heraus, indem sie nur eine geringe Zahl von Säulchen besitzen (20 bis 30 % bzw. 5 bis 10 %). Man kann aber dieses Verhalten verstehen, wenn man bedenkt, daß diese Vögel viel rühriger klettern (*Certhia*) bzw. hüpfen als *Picus*, und daß gerade dabei der *M. ischio-femoralis* an dem Zustandekommen der Bewegungen des Beines maßgeblich beteiligt ist, wobei seine Leistung keine tonische ist.

M. caud-ilio-femoralis.

Von diesem Muskel ist bei den untersuchten Arten nur die *Pars caudalis* vorhanden; sie entspringt am Ilium und inseriert am Femur.

Vergleicht man den Gehalt des Muskels an Fasern mit Säulchenfelderung mit dem vorher besprochenen Muskel, so ergibt sich zwischen den einzelnen Arten dasselbe Verhältnis wie bei dem *M. ischio-femoralis*. Es ist lediglich der Prozentsatz in allen Fällen geringer. Die Funktion des Muskels besteht darin, das Femur nach hinten und den Schwanz nach unten und seitlich zu ziehen. Der Muskel verursacht die wippende Bewegung des Schwanzes der Vögel beim Laufen. Vögel, die sehr wenig oder gar nicht laufen, wie *Micropus* und *Hirundo*, zeigen einen hohen Prozentsatz von Fasern mit Säulchenfelderung in diesem Muskel. Man könnte auch erwarten, daß bei *Picus* in diesem Muskel ein hoher Prozentsatz von Fasern mit Säulchenfelderung vorkommen sollte, da dieser Vogel den Schwanz ja als Stütze verwendet, aber dies ist nicht der Fall. Die Funktion, den Schwanz gegen die Unterlage zu pressen, übernehmen bei *Picus* Muskeln des Schwanzes selber.

Nur bei *Hirundo* und *Micropus* kommen auch Fasern mit Säulchen- und Fibrillenfelderung (10 bis 20 %) vor.

M. ischio-flexorius.

Dieser Muskel ist bei allen untersuchten Vögeln vorhanden. Bei *Micropus* entspringt er als flacher Muskel an der latero-distalen Außenfläche des Ischium bis zur Naht mit dem os pubis und inseriert an der Crista anterior des Tibiahalses. Bei *Picus* entspringt er als sehr starker Muskel am hinteren Viertel des Ischium und inseriert innen am Tibiotarsus. In allen übrigen Fällen hat der Muskel die Form eines Blattes, wie z. B. bei *Passer*. In sämtlichen Fällen können Abteilungen unterschieden werden, z. B. beim Sperling 70 bis 80. Bei allen untersuchten Vögeln sind hier Fasern mit Säulchenfelderung vorhanden, die schon Schief-fer-decker gesehen haben muß, da er schreibt: „Die Muskelfaserquerschnitte sind polygonal mit abgestumpften Ecken und liegen gewöhnlich mit einem Teil ihrer Kanten ziemlich dicht aneinander, während andere Teile weiter voneinander entfernt bleiben.“ Infolge einer offenbar nicht ausreichend guten Fixierung kommt er zu folgender Anschauung: „Man sieht innerhalb der Abteilungen eine große Anzahl von verhältnismäßig großen hellen, meist mehr sternförmigen Räumen.“

Die meisten Säulchenfasern hat der Muskel bei *Certhia* und *Picus* (70 bis 80 bzw. 50 bis 60 %). Dann schließen *Micropus* und *Hirundo* mit ungefähr 30 bis 40 % an. *Jynx* hat bloß 10 bis 20 % Fasern mit Säulchen. Auch Fasern mit Säulchen und Fibrillen kommen vor und zwar bei *Picus* 25 %, bei *Jynx* 15 bis 20 % und am wenigsten bei *Certhia* 3 bis 5 %. *Jynx* klettert sehr wenig, und so ist es bemerkenswert, daß sein Muskel selbst — wenn man die Säulchenfasern und die Fasern mit Säulchen und Fibrillen zusammenrechnet — nicht die Zahlen der echten Klammer- und Klettervögel erreicht. Die Leistung dieses Muskels besteht bei den letzteren hauptsächlich in einem dauernden Anziehen des Oberschenkels, während der Muskel beim Laufen nur ein rasches Beugen des Unterschenkels bewirkt. Dementsprechend findet man bei Laufvögeln, wie *Galerida* und *Passer*, die kleinste Menge an Säulchenfasern.

M. caud-ilio-flexorius.

Dieser Muskel zieht parallel zu dem ebenbesprochenen, zeigt auch dieselben Eigenarten wie der vorige, nur in weniger ausgeprägter Weise. Bei *Micropus* und *Hirundo* fehlt er.

M. Sartorius.

Bei den meisten der untersuchten Vögel zeigt der Muskel einen Gehalt von Fasern mit Säulchenfelderung von etwa 20 %. Eine Ausnahme bilden *Hirundo* und *Jynx*, die bloß 5 bzw. 10 % haben. Wenn man aber die Fasern mit Fibrillen- und Säulchenfelderung dazurechnet, so kommt man auch hier zu obigen Werten. Obwohl *Hirundo* und *Micropus* Dauerflieger sind, so zeigen sie dennoch bei diesem Muskel keine wesentlichen Unterschiede den anderen Vögeln gegenüber. Man müßte doch erwarten, daß auch dieser Muskel am Anziehen des Beines während des Fluges beteiligt ist. Vielleicht wird aber dieses zunächst unerwartete Verhalten daraus verständlich, daß der parallel ziehende *M. ilio-tibialis anterior* bei diesen Vögeln ausgesprochen reichlich mit Säulchenfasern ausgestattet ist.

Messungen der Faserstärke.

Messungen der Stärke von Muskelfasern wurden schon 1840 von Bowman vorgenommen. Seit dieser Zeit sind diese Untersuchungen von verschiedenster Seite (Knoll, 1880; Wörtz, 1889; Knoblauch, 1912) fortgesetzt worden, wobei man bemüht war, einen Zusammenhang zwischen Faserstärke und Funktion zu finden. Die eingehendsten Untersuchungen dieser Art stammen von Mayeda (1890) und Schiefferdecker. Mayeda hat bei einer großen Anzahl der verschiedensten Muskeln die Faserstärken miteinander verglichen. Schiefferdecker glaubt, daß Muskeln, die eine Dauerarbeit leisten — z. B. die Flugmuskeln — stärkere Fasern besitzen. Er, sowie Hauck, Ewald (1912) und Schaffer (1893) haben gezeigt, daß das Faserkaliber durch sehr viele Einflüsse (Länge der Totenstarre, verschiedenartige Fixierungsmittel und Einbettungsmethoden: Paraffin oder Celloidin) verändert werden kann. Sie kommen zur Unterscheidung von zwei Arten von Fasern, die sich mit den schon auf anderem Wege unterschiedenen trüben und hellen Fasern decken, und die hinsichtlich der Veränderungen ihres Kalibers während und nach der Totenstarre ein verschiedenes Verhalten zeigen.

Die Messungen der Faserstärke, über die im folgenden berichtet wird, sollen in erster Linie dazu dienen, einen Überblick über die Größenverhältnisse der verschiedenen Fasertypen bei

Durchschnittlicher Faserdurchmesser in μ .

		ilio-trochantericus	obturator	ischio-femoralis	caud-ilio-femoralis	pubo-ischio-femoralis	ilio-tibialis posterior	ilio-tibialis anterior	sartorius	femori-tibialis medius	femori-tibialis externus	femori-tibialis internus	ilio-fibularis	ischio--flexorius	caud-ilio-flexorius	Durchschnitt sämtlicher Säulchenfelderung	Durchschnitt sämtlicher Fibrillenfelderung	Maximalwerte (Durchschnitt)	Maximalwerte (Durchschnitt)	Maximalwerte (Durchschnitt)	Maximalwerte (Durchschnitt)
Galerida . . .	S.-F.	15	15	12	9	24	—	—	16,5	24	21	18	16,5	19	—	17,2	—	23	—	—	—
	F.-F.	21	19,5	12	27	27	27	27	24	27	24	27	24	27	24	—	24,1	—	—	—	32
Passer	S.-F.	19,8	—	12	16,5	15	—	—	13,5	15	15	15	15	12	—	14,9	—	20	—	—	—
	F.-F.	18	—	24	24	21	22,5	21	21	25,5	25,5	21	27	19,5	24	—	22,6	—	—	—	—
Jynx	S.-F.	24	13,5	14,5	18	26	—	—	15	24	21	21	15	18	—	19	—	25,4	—	—	—
	F.-F.	25,5	16,5	27	26	27	18	27	18	27	21	27	21	21	24	31,5	24	—	—	—	36,5
Picus	S.-F.	25,5	19,5	21	27	29,7	21	—	18	24	—	21	22,5	24	21	23,7	—	29	—	—	—
	F.-F.	28,5	24	27	33	29,7	27	28,5	22,5	27	—	21	27	27	24	—	—	—	—	—	—
Certhia . . .	S.-F.	16,5	16,5	15	18	12	—	—	13,5	15	15	15	15	21	15	15,6	—	22	—	—	—
	F.-F.	24	21	24	27	27	19,5	25,5	18	21	18	18	24	24	27	—	22,7	—	—	—	—
Hirundo . . .	S.-F.	21	13,5	15	18	18	12	—	15	15	—	15	18	15	—	16	—	20,3	—	—	—
	F.-F.	27	18	18	27	21	18	—	18	18	21	18	18	24	—	—	—	20,5	—	—	—
Micropus . . .	S.-F.	24	12	15	18	27	—	12	10,5	19,5	15	18	16,5	16,5	—	17	—	24	—	—	—
	F.-F.	25,5	15	21	28,5	27	—	18	13,5	24	18	18	18	21	21	—	20,6	—	—	—	—

S.-F. == Fasern mit Säulchenfelderung.
F.-F. == Fasern mit Fibrillenfelderung.

den Vögeln zu geben. Die Ergebnisse finden sich in einer Tabelle (S. 240). Die Kurven (Abb. 4) sollen zeigen, mit welcher Häufigkeit die einzelnen Maxima der Fasergrößen, sowohl bei Fasern mit Fibrillen- als auch mit Säulchenfelderung über die

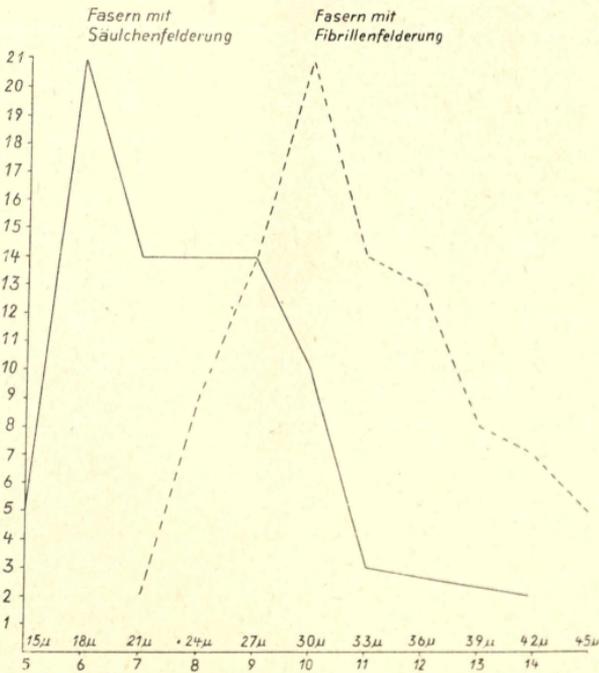


Abb. 4: Häufigkeit der einzelnen Maxima der Faserdurchmesser in der Summe der Muskeln aller untersuchter Vögel: — Fasern mit Säulchenfelderung, - - - - - Fasern mit Fibrillenfelderung.

gesamte untersuchte Muskulatur verteilt sind. Auf der Abscisse sind die Fasergrößen-Maximalwerte, auf der Ordinate die Anzahl der Muskeln (Summe der Muskeln bei allen untersuchten Vögeln) aufgetragen, in denen jene Größen vorkommen.

Aus der graphischen Darstellung geht ohne weiteres hervor, daß die Fasern mit Säulchenfelderung im allgemeinen kleiner sind als die Fasern mit Fibrillenfelderung. Die größte Anzahl von Muskeln zeigt Fasern mit Säulchenfelderung, die einen maximalen Durchmesser von $18\ \mu$ haben, während die größte Anzahl von Muskeln, die sich aus Fasern mit Fibrillenfelderung zusammensetzen, solche mit einem Durchmesser von $30\ \mu$ aufweisen. Eigenartig ist der unregelmäßige Abfall beider Kurven. Zu einer möglichen Erklärung dieses Umstandes soll Folgendes bemerkt werden:

1. Die Unregelmäßigkeit könnte durch eine Streuung zustande kommen und müßte nach einer statistischen Bearbeitung eines größeren Messungsmaterials zu beseitigen sein.
2. Die Unregelmäßigkeit könnte durch die angewandte Methodik bewirkt werden, dadurch, daß
 - a) die Fasern mit steigendem Querschnitt immer unregelmäßiger werden, und es dadurch immer schwieriger wird, den richtigen Durchmesser festzustellen, oder
 - b) die Fasern mit größerem Querschnitt bei der Fixierung stärker schrumpfen.
3. Beide Kurven laufen bis zu einer ganz bestimmten Faserstärke parallel, und von da ab unregelmäßig. Diese Unregelmäßigkeit könnte dadurch bedingt sein, daß von einer kritischen Faserstärke ab der Einfluß eines in jedem einzelnen Fall verschieden starken Trainings sich bemerkbar macht. Mit zunehmender Arbeitsbeanspruchung wächst bekanntlich der Durchmesser der Faser.

Die vorliegenden Messungen (s. Tabelle S. 240) geben selbstverständlich nur eine grobe Vorstellung von den tatsächlichen Verhältnissen. Wenn man aber die Gesamtheit der untersuchten Muskeln betrachtet, so fällt doch auf, daß *Jynx* und *Picus* durch Fasern mit großem Durchmesser ausgezeichnet sind. *Galerida* und *Micropus*, auch *Certhia* weisen recht hohe Werte für die Fasern mit Säulchenfelderung auf, *Passer* und *Hirundo* zeigen auffallend kleine Werte für diese. Das trifft bei *Hirundo* und *Micropus* auch für die Fasern mit Fibrillenfelderung zu. Möglicherweise spielen hier auch artliche Unterschiede eine Rolle.

Vergleicht man nun einen bestimmten Muskel bei den untersuchten Vogelarten, so heben sich ganz deutlich einzelne durch besonders hohe Werte heraus. Hier nimmt *Picus* eine Sonderstellung gegenüber allen anderen ein, in entgegengesetzter Richtung *Passer*. *Passer*, *Jynx* und *Galerida* zeigen die niedrigsten Werte für die Anzahl der Fasern mit Säulchenfelderung im Querschnitt aller Muskeln. Die absolut höchsten Werte im Faserquerschnitt wurden beim *M. pubo-ischio-femoralis* von *Picus* und *Micropus* mit 42 μ gefunden. Auffallend ist der kleine Wert für den *M. ischio-femoralis* bei *Galerida*. Einzelne Muskeln sind übereinstimmend bei den Kletter- und Klammervögeln durch hohe Werte der Fasern mit Säulchenfelderung ausgezeichnet. So die

M. ilio-trochantericus, obturator, caud-ilio-femoralis, pubo-ischio-femoralis, femori-tibialis medius und internus, ilio-fibularis und ischio-flexorius. Die vorhandenen Unterschiede sind wohl als der Ausdruck der verschiedenen Beanspruchung anzusehen. Die relativ geringe Ausbildung der Fasern mit Säulchenfelderung (Zahl und Durchmesser) erklären sich vielleicht aus der relativ geringen Beanspruchung der Muskeln beim Baumleben (Haltemechanismen). Die Lauftätigkeit (*Galerida*) bedeutet offensichtlich in viel höherem Maße eine Dauerleistung.

Messungen der Kerngröße.

An allen untersuchten Arten wurden in großer Anzahl Kernmessungen vorgenommen. Eine eindeutige Beziehung zwischen Kerngröße und Funktion eines Muskels, wie sie von Schiefferdecker angegeben wird, indem er behauptet, daß die Kerne umso größer sind, je mehr und je ausdauernder sich der Muskel in Tätigkeit befindet, konnte durch die vorliegenden Messungen nicht aufgezeigt werden.

Die Lage der Kerne war stets randständig; innenständige Kerne wurden nur in ganz vereinzelt Fällen angetroffen. Die von Schiefferdecker angenommenen Kernreihen konnten nie aufgefunden werden.

Zusammenfassung.

1. Es wurde an der Muskulatur der Hinterextremität einer Reihe von Vögeln untersucht, ob auch hier die bisher in den verschiedensten Wirbeltierklassen nachgewiesenen Fasern mit Säulchen- bzw. Fibrillenfelderung vorkommen.

2. Da vermutet wird, daß die Verteilung der beiden Faserarten funktionell bedingt ist, wurde schon bei der Wahl der zur Untersuchung gelangten Arten darauf geachtet, daß sich darunter Vertreter mit ganz verschiedener, für die Ausgestaltung der Hinterextremität maßgebende Faktoren enthaltender Lebensweise, wie Laufen und Hüpfen, Klettern und Klammeren, befanden.

3. Eine noch deutlichere Herausstellung der Vogeltypen erfolgte durch vergleichende Längenmessungen am Skelett und vergleichend-anatomische Untersuchung der Beine.

4. Die mengenmäßige Verteilung von Säulchen- und Fibrillenfasern ließ sich im selben Sinn mit der Leistung der Muskeln

in Einklang bringen, wie es bei anderen Vertebratengruppen bisher geschehen ist.

5. Messungen der Fasergröße zeigten, daß die Säulchenfasern durchschnittlich kleiner als die Fibrillenfasern sind; ferner konnte ein gewisser Zusammenhang zwischen Fasergröße und dem mehr oder weniger ausgiebigen Gebrauch eines Muskels beobachtet werden.

6. Eine Beziehung zwischen Kerngröße und Leistung der einzelnen Muskeln konnte in keinem Falle klargelegt werden.

Literatur.

(Weitere Literatur in den Arbeiten von Danzinger, Köhler und Thiel.)

- Bleichschmidt, H.: Messende Untersuchungen über Fußanpassungen der Baum- und Laufvögel. — *Morphol. Jahrb.* 61, 1929.
- Bowman, Will.: On the minute structure and movements of voluntary muscles. — *Phil. Trans. R. Soc. London.* 1840.
- Danzinger, F.: Über Fasern mit Säulchen- und Fibrillenfälderung in den Muskeln einiger Säugetiere. — *Zeitschr. Zellforsch.* 25, 1937.
- Ewald, W.: Über helle und trübe Muskelfasern bei Wirbeltieren und Menschen. — *Abh. Senckenberg, naturforsch. Ges.* 31, 1912.
- Gadow, H.: Vögel. — *Bronn, Klassen und Ordnungen* 6, 1891.
- Grützner, P.: Zur Muskelphysiologie. — *Breslauer Ärzt. Zeitschrift.* 1886.
- Heinroth, O. u. M.: Die Vögel Mitteleuropas. — Berlin 1924—1932.
- Knoblauch, A.: Der histologische Aufbau der quergestreiften Muskulatur aus „hellen“ und „trüben“ Muskelfasern. — *Abh. Senckenberg, naturforsch. Ges.* 31, 1912.
- Knoll, Rh.: Über Myocarditis und die üblichen Folgen der Vagussektion bei Tauben. — *Zeitschr. f. Heilkde.* 1, 1880.
- Köhler, H.: Histologische Untersuchungen an Skelettmuskeln von Reptilien. — *Zeitschr. Zellforsch.* 28, 1938.
- Mayeda: Über Kaliberverhältnisse der quergestreiften Muskelfasern. — *Zeitschr. Biol.* 27, 1890.
- Palmgren, P.: Beiträge zur biologischen Anatomie der hinteren Extremitäten der Vögel. — *Acta Soc. Fauna Flora Fennica* 60, 1937.
- Schiefferdecker, P.: Untersuchungen einer Anzahl von Muskeln von Vögeln in bezug auf ihren Bau und ihre Kernverhältnisse. — *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 150, 1913.
- Schloßberger, J.: Erster Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Tierchemie. — Leipzig und Heidelberg 1856.
- Stolpe, M.: Physiologisch-anatomische Untersuchungen über die hintere Extremität der Vögel. *J. Ornithologie* 80, 1932.
- Stresemann, E.: Aves. — *Handb. Zool. von Kükenthal.* 7, 1927—1934.
- Thiel, H.: Histologische Untersuchungen an Skelettmuskeln von Urodelen. — *Zeitschr. Zellforsch.* 30, 1940.
- Wörtz: Ein Beitrag zur Chemie der roten und weißen Muskeln. — *Dissertation Tübingen,* 1889.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg](#)

Jahr/Year: 1935-1941

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Nel Jeffrey Theopilus

Artikel/Article: [Histologische und anatomische Untersuchungen an der Hinterextremität einiger Vögel 223-244](#)