

Ernährungsadaptive Radiation des Verdauungstraktes bei Meisen (Paridae)

von

Ivan BALLA und Vinzenz ZISWILER ¹

Mit 4 Abbildungen

ABSTRACT

Nutritive adaptations in the alimentary tract of tits (Paridae). — The alimentary tracts of 23 individuals belonging to 6 species of tits (Paridae) have been analyzed morphologically and histologically. Their gross morphology was found to be quite similar in all of the species investigated, comprising several characteristics which are specific of the family. The alimentary tracts differ however considerably with regard to their fine structure, in particular the surface-enlargement of several glands in the esophagus and in the glandular stomach, the dimensions of the gizzard, and the inner surface of the intestine. These differences are recognized as adaptations to specific diets, the modes of nutrition ranging from strictly insectivorous (*Agithalos*) over omnivorous to largely granivorous (*Parus palustris*, especially in autumn and winter). Phylogenetic and taxonomical implications are discussed.

EINLEITUNG

Die Morphologie und Feinstruktur des Verdauungstrakts von Vögeln hat sich sowohl als ergiebige Indizienquelle zum Studium ernährungsadaptiver Radiation innerhalb bestimmter Taxa, als auch als zuverlässiger Leitmerkmalskomplex für stammesgeschichtliche Ableitungen erwiesen (ZISWILER 1967, 1972).

Mit inzwischen standardisierten Methoden versuchen wir hier, von 6 einheimischen Meisenarten, deren Diätgewohnheiten einigermassen bekannt sind, die Grob- und Feinstruktur der Verdauungstrakte zu analysieren, miteinander zu vergleichen und mit den artspezifischen Diätgewohnheiten zu interpretieren. Von den untersuchten Arten ist

¹ Diese Arbeit ist Teil eines Forschungsprogrammes des 2. Autors, das unterstützt wird vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Vortrag gehalten auf der Jahresversammlung der SZG in Zürich, 2.—3. März 1979.

Aegithalos caudatus insectivor, während alle andern omnivor sind. Von den omnivoren Formen hat sich *Parus palustris* am meisten in Richtung Granivorie spezialisiert. Vor allem im Winter machen Sämereien einen Hauptteil seines Futters aus.

Wir danken Herrn Wendelin Fuchs, Ibach, bestens für seine wertvolle Hilfe bei der Materialbeschaffung.

MATERIAL UND METHODEN

Sämtliches Material stammt von frishtoten Vögeln. Es standen uns zur Verfügung: 8 *Parus major*, 5 *Parus caeruleus*, 2 *Parus cristatus*, 4 *Parus palustris*, 3 *Parus ater* und 1 *Aegithalos caudatus*.

Um allfällige in Zusammenhang mit jahreszeitlichem Diätwechsel auftretende Modifikationen im Verdauungssystem erfassen zu können, wurden mit Ausnahme von *P. ater* und *Aegithalos caudatus* stets Fänglinge aus verschiedenen Jahreszeiten untersucht.

Zwecks besserer Vergleichbarkeit wurden alle Vögel vor dem Tod 6 Stunden ohne Nahrung, aber mit Trinkwasser gehalten. Die Präparation für die lichtmikroskopische Untersuchung erfolgte nach klassischen, für unsere Zwecke oft modifizierten und standardisierten Präparationsmethoden. Einzelne Abschnitte des Verdauungssystems wurden zudem Raster-elektronenmikroskopisch dargestellt und verglichen. Als Transformationsgrösse zur Relativisierung von eindimensionalen Messwerten wurde die „Gewichtslänge“ von RENSCH (1946), die Kubikwurzel des Körpergewichts in g verwendet.

ERGEBNISSE

a) GROBMORPHOLOGIE

In bezug auf die Situstopographie entsprechen sich die untersuchten Verdauungstrakte weitgehend. Interspezifische Längenunterschiede im Gesamtverdauungskanal oder in seinen einzelnen Abschnitten lassen sich zwar teilweise statistisch sichern, sind aber trotzdem geringfügig, mit wenigen Ausnahmen (Tab. 1). Der relativ kürzeste Verdauungstrakt von *P. major* ist nur ca. 15% kürzer als der längste von *P. cristatus*. Was die einzelnen Abschnitte des Verdauungsrohres betrifft, so ergeben sich auffälligere Unterschiede nur in der Ösophaguslänge und im Enddarm. Auffällig ist hier *P. ater* mit einem Minimalwert, der weniger als 30% des Maximalwerts von *P. cristatus* beträgt.

TABELLE 1

Verdauungstrakt-Längenmasse, transformierte Millimetermasse, Mittelwerte.

Art	Oeso- phagus	Drüsen- magen	Dünn- darm	Blind- darm	End- darm	Gesamt- länge
<i>P. major</i>	8,7	2,9	48,5	1,3	5,2	64,3
<i>P. caeruleus</i>	7,7	2,5	52,3	1,1	5,4	67,9
<i>P. cristatus</i>	11,6	2,8	52,6	1,2	6,9	73,8
<i>P. palustris</i>	11,2	3,4	53,3	0,8	5,4	73,3
<i>P. ater</i>	9,0	2,8	54,6	1,1	2,1	68,5
<i>A. caudatus</i>	11,4	3,0	48,2	1,0	6,6	69,1

TABELLE 2.
Ösophagus, transformierte Mittelwerte aus dem vorderen, mittleren und hinteren Ösophagusdrittel und Drüsencharakteristik.
Str. (Streckung) : Länge der ausgestreckten Lamina epithelialis. t : tubulöse ; a : alveoläre ; k : gekammerte Ösophagusdrüsen.

Art	Lamina epithelialis				Drüsen Anzahl/ Querschnitt	Muskulatur Mächtigkeit	
	Durchmesser	Str.	Dicke	Abplattung	Form	M. mucosa	M. propria
<i>P. major</i>	572	2 994	30	50%	t, a, k	65	50
<i>P. caeruleus</i>	484	2 492	18	—	t, a	34	18
<i>P. cristatus</i>	712	2 925	27	40%	t, a	43	28
<i>P. palustris</i>	476	2 202	26	70%	t, a, k	32	23
<i>P. ater</i>	545	2 823	25	30%	t, a, k	48	37
<i>A. caudatus</i>	639	3 381	41	—	a, k	44	39

b) MIKROSKOPISCHE ANATOMIE

Es wurden im ganzen über 100, teils quantitative, teils qualitative Merkmale verglichen; wir erwähnen hier nur solche, die deutliche zwischenartliche Unterschiede ergaben.

Ösophagus

Alle untersuchten Arten sind kropflos, hingegen ist der *Ösophagus* auf die ganze Länge extrem dehnbar. Einen Vergleich der *Ösophagus*struktur erlaubt Tab. 2.

Einen Ausdruck für diese extreme Dehnbarkeit liefert das Mass „Streckung“, die Länge der ausgestreckten Lamina epithelialis, welche bei *Aegithalos* einen Maximalwert erreicht. Die Lamina epithelialis ist mächtig und vielschichtig ausgebildet, aber nie verhornt, die peripheren Schichten sind bei einigen Arten höchstens abgeplattet, und ihre Zellen zeigen spindelförmige und z. T. degenerierende Kerne. Eine Verhornung der L. epithelialis konnte nie beobachtet werden.

Die *Ösophagus*drüsen sind relativ einfach gebaut, ihre Dichte ist verglichen mit andern Vogelfamilien hoch. Bei allen Formen lassen sich sowohl tubulöse, tubulo-alveoläre und alveoläre Drüsenformen feststellen (Abb. 1). Besonders bei *P. ater* und *Aegithalos* wird die sezernierende Oberfläche in den Drüsenendstücken durch eine innere Unterteilung vergrößert. Diese erfolgt so, dass sich der die Drüse umgebende Bindegewebskorb lumenwärts einfaltet und das sezernierende Epithel sich um diese Falten legt (Abb. 1c). Das die Ausführgänge auskleidende Epithel ist stets von sezernierenden Typ.

Die Muskelschichten sind kräftig ausgebildet, wobei vor allem die extreme Mächtigkeit der M. mucosae auffällt, die in den Falten verlaufende Längsstränge bildet.

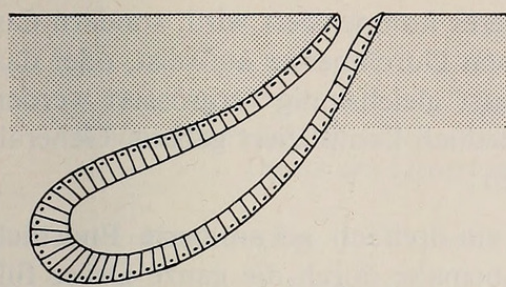
Drüsenmagen

Der Drüsenmagen, dessen Hauptfunktion in der Produktion von Salzsäure und Pepsinogen in den Zusammengesetzten Drüsen besteht, zeigt bei den Meisen sowohl in den Aussenproportionen als auch in den Dimensionen seiner Anteile beträchtliche Unterschiede (Tab. 3). Interessant ist hier vor allem, dass die Vergrößerung einzelner Dimen-

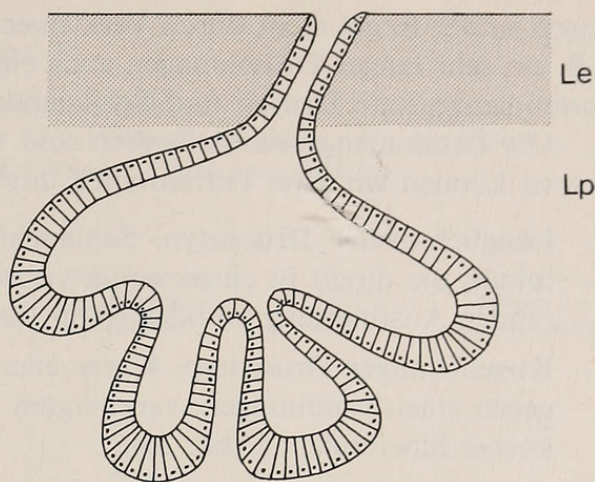
TABELLE 3.

Drüsenmagen. Transformierte Messwerte in μ .
Charakteristik der Zusammengesetzten Drüsen:
I, II: Drüsentyp, 1—4: Unterkammerungsgrad der Lobuli.

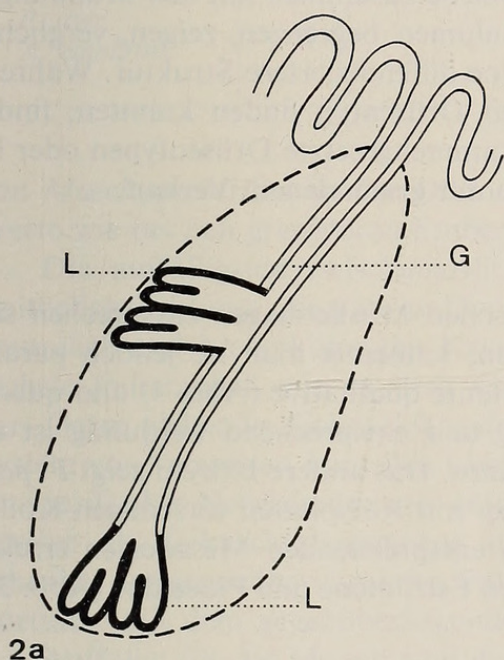
Art	Schlauchdrüsen			Zusammengesetzte Drüsen		
	Durchmesser	Anzahl/ Quer- schnitt	Höhe	Anzahl/ Quer- schnitt	Höhe	Typ
<i>P. major</i>	1 016	186	83	28	254	I 1—2
<i>P. caeruleus</i>	998	100	59	26	219	II 3—4
<i>P. cristatus</i>	1 152	162	79	27	265	I 1—2
<i>P. palustris</i>	1 687	150	40	31	162	II 3—4
<i>P. ater</i>	818	149	64	32	222	I 2—3
<i>A. caudatus</i>	1 268	120	97	27	324	I 1—2



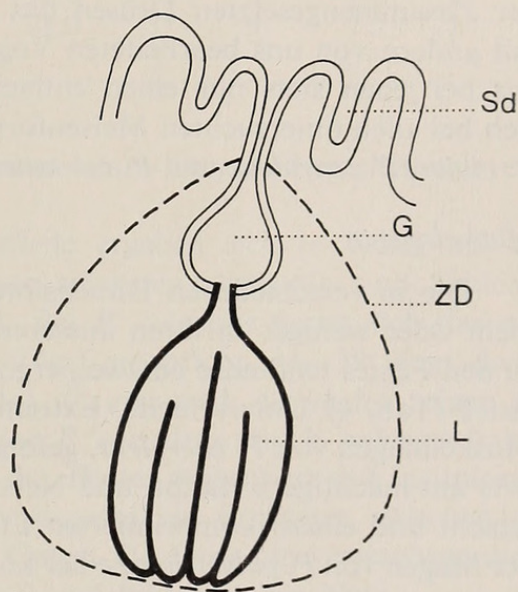
1a



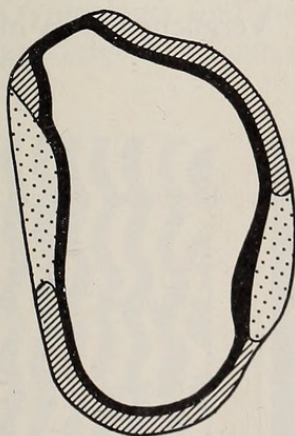
1b



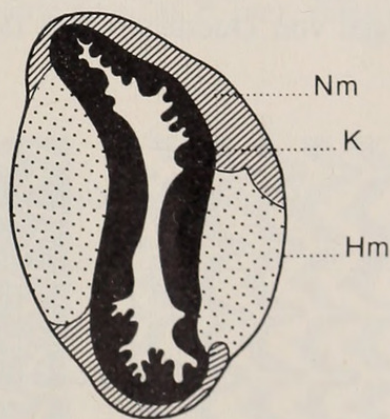
2a



2b



3a



3b

ABB. 1: Typen von Ösophagusdrüsen, halbschematisch. a: tubulöse Drüse; b: Drüse mit Tendenz zur Kammerung; Le: Lamina epithelialis; Lp: Lamina propria. — ABB. 2: Typen von Zusammengesetzten Drüsen im Drüsenmagen, halbschematisch. a: „Insektenfressertyp“; b: „Körnerfressertyp“; G: Ausführgang; L: Lobuli; ZD: Kontur der Zusammengesetzten Drüse; Sd: Schlauchdrüsen. — ABB. 3: Muskelmagen, parallel zu den Facies tendineae geschnitten, halbschematisch. Nm: Nebemuskel, Hm: Hauptmuskel; K: Koilinschicht. a: *Parus caeruleus*; b: *Parus palustris*.

sionen in der Regel nicht durch Verkleinerung anderer kompensiert wird, sondern dass z. B. ein sehr langer Drüsenmagen auch einen grossen Durchmesser aufweist, oder dass Zusammengesetzte Drüsen und Schlauchdrüsen meist gleichsinnig vergrössert werden.

Die Zusammengesetzten Drüsen sind unterschiedlich kompliziert gebaut. Generalisierend können wir zwei Extremtypen unterscheiden:

- I. Länglich-ovaler Drüsentyp. Schlauchförmige ein-dreifach gekammerte Endstücklobuli, die direkt in einen wenig verzweigten, beinahe durch die ganze Drüse führenden Ausführung münden (Abb. 2a).
- II. Kugelförmiger Drüsentyp. Kurze eher alveoläre Endstücklobuli führen das Sekret gegen einen weitleumigen, verzweigten Ausführung, der nur wenig in den Drüsenkörper hineinreicht (Abb. 2b).

Die schleimproduzierenden Schlauchdrüsen, welche zusammen mit den Mündungen der Zusammengesetzten Drüsen das Drüsenmagenlumen begrenzen, zeigen, verglichen mit andern von uns bearbeiteten Vogelfamilien, eine differenziertere Struktur. Während wir bei jenen stets nur einen einfachen tubulösen Drüsentyp finden konnten, finden sich bei allen untersuchten Meisenformen auch zusammengesetzte Drüsentypen oder bei *P. major*, *P. caeruleus* und *P. cristatus* sogar solche mit gewundenem Verlauf.

Muskelmagen

Die in verschiedenen Dimensionen ausgemessenen Muskelmägen entsprechen sich mehr oder weniger in ihren äusseren Proportionen, schneidet man sie jedoch parallel zu den Facies tendineae entzwei, ergeben sich eklatante qualitative (Abb. 3) und quantitative (Tab. 4) Unterschiede. Extrem dünnwandig und entsprechend weitleumig ist der Muskelmagen von *P. caeruleus*, gefolgt von *Aegithalos*. Das andere Extrem zeigt *P. palustris* mit mächtigem Haupt- und Nebemuskel, einer mit Reibplatten versehenen Koilinschicht und einem komprimierten Lumen. In den entsprechenden Messwerten erreicht der Magen von *P. palustris* jene der körnerfressenden Estrildidae und Ploceidae (Abb. 3b).

Darm

Wie Tab. 1 zeigt, variieren sowohl die Länge des gesamten *Dünndarms*, als auch die Längen von Duodenal- und Ileumabschnitt wenig. Verglichen etwa mit dem Darm

TABELLE 4.

Muskelmagen. Gewicht in % des Körpergewichts; Volumina in ccm.

Art	Gewicht in % des Körpergewichts	Volumina		
		Total	Lumen	Muskulatur + Koilinschicht
<i>P. major</i>	2,1	0,48	0,12	0,36
<i>P. caeruleus</i>	1,1	0,2	0,1	0,1
<i>P. cristatus</i>	2	0,34	0,12	0,22
<i>P. palustris</i>	2,45	0,45	0,08	0,37
<i>P. ater</i>	2,2	0,33	0,11	0,22
<i>A. caudatus</i>	2,2	0,4	0,2	0,2

TABELLE 5.

Darm, Duodenalabschnitt.

Schleimhautrelief: Z: Zickzacklängsfalten; V: Versetzte Lamellen; N: Netzfalten;
 Dichte der Lieberkühnschen Krypten: h: hoch; n: niedrig.

Art	Schleimhautrelief	Dicke des Kryptenlagers	Durchmesser des Kryptenendstücks	Kryptendichte	Anzahl Windungen des Kryptengangs
<i>P. major</i>	N	30,1	22,7	h	0
<i>P. caeruleus</i>	N	22,5	21,9	h	1
<i>P. cristatus</i>	Z	21,9	26,8	h	3
<i>P. palustris</i>	N	21,5	25,6	n	1
<i>P. ater</i>	V	36,6	36,6	h	1
<i>A. caudatus</i>	V	20,7	29,0	n	2

von *Muscicapa striata* ist der Dünndarm der Meisen relativ lang und erreicht teilweise Werte wie bei den granivoren Emberizidae.

Die auffälligsten zwischenartlichen Unterschiede ergeben sich in bezug auf die Epithelialstrukturen, die stets im Duodenalbereich am stärksten ausgeprägt sind: Schleimhautrelief und Lieberkühnsche Krypten (Tab. 5). Bei *P. cristatus* findet sich das einfachste Faltenrelief, wie es dem Grundtyp der Vögel entspricht, 34—39 längs durch den Darm ziehende Zickzacklängsfalten (Abb. 4a). *P. ater* und *Aegithalos* zeigen ein System von versetzten Lamellen (Abb. 4b), *P. major*, *P. caeruleus* und *P. palustris* haben ein spezifisches Netzfaltenmuster entwickelt (Abb. 4c). Dieses präsentiert sich im apicalen Bereich als Zickzackfaltenmuster, das an den Aussenwinkeln Fortsätze zwischen die Schenkel der gegenüberliegenden Falte entsendet. Gegen die Basis hin verwachsen diese Fortsätze mit dem gegenüberliegenden Innenwinkel und bilden so ein Netz.

Auffällig für die Meisen sind die dicht stehenden und meistens hoch differenzierten Lieberkühnschen Krypten mit weitleumigem Endstück und gewundenem Gang. Das mächtigste Kryptenlager und die höchste Kryptendichte erreicht *P. ater*, relativ geringe Werte hingegen zeigt *P. palustris*.



4a



4b



4c

ABB. 4.

Darmschleimhautreliefs, schematisch.

a: Zickzacklängsfalten; b: versetzte Lamellen, in Netzfaltenrelief übergehend;
 c: Zickzacklängsfalten über Querfortsätze in ein Netzfaltenrelief übergehend.

Der *Enddarm*, für welchen eine gegen die Kloake fortschreitende Vereinfachung der Epithelialstrukturen typisch ist, ist bei allen untersuchten Formen sehr uniform gestaltet. Eklatant ist hier nur die extreme Verkürzung bei *P. ater* im Vergleich zu den anderen Formen.

Die *Blinddärme* sind rudimentär und gehören alle dem lymphoepithelialen Typ an.

DISKUSSION

a) ERNÄHRUNGSGEWOHNHEITEN

Um die aufgedeckten Strukturunterschiede auf ihren adaptiven Wert hin interpretieren zu können, müssen wir kurz auf die Ernährungsgewohnheiten der untersuchten Arten hinweisen.

Unter ihnen ist *Aegithalos caudatus* ausschliesslicher Insekten- und Spinnenfresser. Die 5 *Parus*-Arten hingegen sind alle mehr oder weniger omnivor: neben Insekten, deren Larven und Eiern, Spinnen und kleinen Schnecken spielen Sämereien, Beeren, Knospen und Blüten eine Rolle bei ihrer Ernährung.

Wie wir dies schon an anderer Stelle erörtert haben (ZISWILER 1965, 1967, 1972) bestehen triftige Gründe dafür, die Omnivorie der Meisen als einen gegenüber der Insektivorie sekundären Zustand zu betrachten. Diese Erweiterung des Diätspektrums brachte den Meisen in den gemässigten und kalten Zonen evidente Vorteile, vor allem ermöglichte es ihnen auch die Winterzeit im Brutgebiet zu verbringen.

b) FAMILIENTYPISCHE BESONDERHEITEN DES MEISEN-VERDAUUNGSTRAKTES

Ungewöhnlich für Singvögel ist der auf seine ganze Länge extrem dehnbare Ösophagus. Bereits die relativ starke Bemuskulung lässt vermuten, dass es sich hier um ein Speicherorgan handelt. Solche Speicherorgane, als Kropf bezeichnet, finden sich bei den allermeisten andern Singvögel nur im mittleren Ösophagusdrittel. Nachdem wir früher zeigten (ZISWILER 1967), dass solche Speicherorgane bei Singvögeln eigentlich nur für Körnerfresser sinnvoll sind, erstaunt die Tatsache, dass auch der rein insectivore *Aegithalos* einen Speicher-Ösophagus besitzt. Eine mögliche Interpretation wäre die, dass für den Insektensucher und -sammler im Gegensatz zum Insektenjäger ähnliche Bedingungen gelten wie für den Samensucher: Stösst er zufällig auf eine grössere Ansammlung von Insekten, so hat er ein Interesse daran, so viele wie nur möglich auf einmal aufzunehmen.

Ein weiteres familientypisches Merkmal der Meisen scheint das Fehlen jeglicher Verhornung des Ösophagusepithels zu sein, was paradox anmutet, da eine verhornte Speiseröhre als typisch für insektenfressende Vögel gilt und als Schutzeinrichtung gegen Insektenstiche gewertet wird. Diese fehlende Verhornung könnte man so deuten, dass sich an den bevorzugten Futterstellen der Meisen, in Baumkronen, an Baumstämmen und -wurzeln eher wenige giftige Insekten vorfinden, und dass die Meisen als ausgesprochene Insektensammler viel präziser auswählen können als etwa ein Insektenjäger vom Typ der Fliegenschnäpper.

c) SPEZIALISATIONSTRENDS UND IHRE ADAPTATIONEN

Exklusivster Insektenfresser in unserer Untersuchungsreihe ist *Aegithalos caudatus*. Abgesehen vom erwähnten Speicherösophagus, dem unverhornten Ösophagusepithel und den relativ hoch differenzierten Ösophagusdrüsen, sind mehrere Merkmale insekten-

fressertypisch ausgeprägt. Dazu gehören ein nicht abgeplattetes Ösophagusepithel, Typ I der Zusammengesetzten Drüsen im Drüsenmagen, wenige aber hohe Schlauchdrüsen im Drüsenmagen, ein grosslumiger schwachbemuskelter Muskelmagen und ein eher einfaches Lamellenrelief im Darm.

Am meisten in Richtung Granivorie hat sich auf der andern Seite *P. palustris* spezialisiert. Zwar spielen in seiner Ernährung Insekten immer noch eine wichtige Rolle, doch nimmt die Sumpfmeise auch während der warmen Jahreszeit regelmässig Samen auf. Entsprechend sind im Verdauungstrakt dieser Art granivorietyische Merkmale besonders entwickelt, so die sehr starke Abplattung des Ösophagusepithels, relativ niedrige, einfach gebaute Zusammengesetzte Drüsen von Typ II, weites Drüsenmagenlumen, extrem stark bemuskelter Muskelmagen mit engem Lumen und dicker, mit Reibplatten versehener Koilinschicht, einfacher, langer Dünndarm, hochdifferenziertes Darmschleimhautrelief und relativ wenige, dicht stehende Lieberkühnsche Krypten von einfachem Bau.

Vergleicht man die ernährungsabhängigen Adaptationen der übrigen 4 *Parus*-Formen, so fällt auf, dass wenn wir diese Formen nach ihren Diätgewohnheiten rangieren, z. B. *P. caeruleus* (vorwiegend insectivor), *P. major* (breit omnivor), *P. cristatus* und *P. ater* (saisonal extrem auf Koniferensamen angewiesen), wir bei den relevanten adaptiven Merkmalen keinesfalls eine stets gleichsinnige Steigerung beobachten. Vielmehr lässt sich feststellen, dass extreme Adaptationen an Granivorie je nach Merkmal bei jeder der verglichenen Arten auftreten können. So erreicht *P. major* die höchste Dichte in den Ösophagusdrüsen und die stärkste Bemuskelung des Muskelmagens, *P. caeruleus* zeigt Zusammengesetzte Drüsen vom extremen Körnerfressertypus, *P. ater* hat die grösste Zahl an Zusammengesetzten Drüsen und *P. cristatus* den grössten Ösophagusdurchmesser, nicht zu vergessen, die für alle Arten überdurchschnittliche Dünndarmlänge.

Das Problem, wieso omnivore Formen Adaptationen entwickeln können, wie wir sie sonst nur noch bei exklusiven Körnerfressern finden, haben wir bereits früher diskutiert (ZISWILER 1967). Es scheint, dass diese Adaptationen einem „Alles oder Nichts“ — Prinzip unterliegen, d. h. um Samenkörner vollständig verdauen und ausnützen zu können genügt es nicht, dies mit halbwegs adaptierten Strukturen zu tun, sondern der Verdauungstrakt muss in dieser Hinsicht besonders hohen funktionellen und strukturellen Anforderungen genügen, gleichviel, ob Samenkörner oder weniger hohen Anteil an der Gesamtdiät ausmachen.

d) EVOLUTIONSTRENDS

Die mosaikartige Verteilung der granivorietyischen Adaptationen und die eher zufällige Auswahl unserer lokalen Meisenformen macht es schwierig, ein detailliertes Radiationsschema oder einzelne Evolutionslinien bei den Meisen zu rekonstruieren.

Klar geht aus unseren Untersuchungen immerhin hervor, dass *Aegithalos caudatus* deutlich abseits von den *Parus*-Arten steht. Wenn wir annehmen — was kaum umstritten ist —, dass Insectivorie bei den Meisen einen Primärzustand darstellt und dass die evolutive Aufsplitterung innerhalb der Meisen in erster Linie eine ernährungsspezifische war, so können wir *Aegithalos* als der ursprünglichen Stammform nahe, und die *Parus*-Arten als mehr oder weniger abgeleitet betrachten.

Dabei lassen sich aber die 5 *Parus*-Arten keinesfalls linear in eine Evolutionssequenz einordnen, die mosaikartige Verteilung der Nahrungsadaptationen spricht entschieden dagegen. Gewisse Folgerungen zur evolutiven Vergangenheit der *Parus*-Arten können dennoch gezogen werden. Als besonders günstiges Leitmerkmal hat sich dabei in allen unseren Untersuchungen das Schleimhautrelief im Darm erwiesen. So konnten wir schon früher belegen, dass das Oberflächenvergrösserungsprinzip nach dem System

der versetzten Lamellen wie es *P. ater* realisiert, grundverschieden von jenem von *P. major*, *P. caeruleus* und *P. palustris* ist, welche ein Netzfaltenmuster durch Querverbindungen der Zickzackfalten erreichen. Damit ist belegt, dass *P. ater* mit den erwähnten drei andern Meisen nicht näher verwandt sein kann. *P. cristatus* hat das einfachste Darmfaltenrelief. Er könnte dadurch an die Basis beider, oder einer der beiden Evolutionslinien gestellt werden.

Mit einiger Sicherheit kann gesagt werden, dass mindestens zwei, vielleicht aber auch drei oder vier voneinander unabhängige Evolutionslinien zu den untersuchten *Parus*-Arten führen.

ZUSAMMENFASSUNG

Von 6 Arten einheimischer Meisen wurde an insgesamt 23 Individuen der Verdauungstrakt grobmorphologisch und histologisch untersucht und verglichen. Einige Merkmale, wie der auf seine ganze Länge dehbare Ösophagus, das stets unverhornte Ösophagusepithel und der lange Dünndarm sind familientypisch. Im mikroskopisch-anatomischen Bau des Verdauungskanal unterscheidet sich die 6 Arten jedoch beträchtlich. Zahlreiche Strukturen konnten als Adaptationen in Hinblick auf eine Erweiterung des Nahrungsspektrums in Richtung Granivorie gedeutet werden. Extreme Adaptationen in dieser Richtung zeigt *P. palustris*. Es konnten Schlüsse in bezug auf die evolutive Vergangenheit der untersuchten Meisenformen gezogen werden.

LITERATUR

- RENSCH, B. 1946. Organproportionen und Körpergrösse bei Vögeln und Säugetieren *Zool. Jb. Allg. Zool.* 61: 337-412.
- ZISWILER, V. 1965. Zur Kenntnis des Samenöffnens und der Struktur des hörnernen Gaumens bei körnerfressenden Oscines. *J. Orn.* 106: 1-48.
- 1967. Vergleichend morphologische Untersuchungen am Verdauungstrakt körnerfressender Singvögel zur Abklärung ihrer systematischen Stellung. *Zool. Jb. Syst.* 94: 427-520.
- 1972. Die Darstellung von Oberflächenstrukturen des Verdauungstraktes mit Hilfe des Raster-Elektronenmikroskopes. *Revue suisse Zool.* 79: 1176-1188.

Anschrift der Verfasser:

Zoologisches Museum der Universität
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zürich



Balla, Ivan and Ziswiler, Vinzenz. 1979. "Ernährungsadaptive Radiation des Verdauungstraktes bei Meisen (Paridae)." *Revue suisse de zoologie* 86, 833–842. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.82341>.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/128876>

DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.part.82341>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/82341>

Holding Institution

Smithsonian Libraries and Archives

Sponsored by

Biodiversity Heritage Library

Copyright & Reuse

Copyright Status: In Copyright. Digitized with the permission of the rights holder.

Rights Holder: Muséum d'histoire naturelle - Ville de Genève

License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Rights: <https://www.biodiversitylibrary.org/permissions/>

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.