©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen
Band 35, S. 249 – 254, 2009

„Eine Arbeit von Herzen zu Herzen"

Die Ontogenese des Herzens beim Mauersegler (*Apus apus*)

Roland Prinzinger und Christiane Haupt

Kurzfassung: Von 39 jungen Mauerseglern (*Apus apus*) verschiedenen Alters wird die Ontogenese morphologischer Parameter des Herzens sowie von Körperlänge und Brustmuskelmasse dargestellt. Die durchschnittliche Herzmasse erwachsener Segler liegt absolut bei rund 0,6–0,7 g. Das sind rund 1,6 % der mittleren Körpermasse und damit rund 40 % mehr als der mittlere Erwartungswert aller Vögel mit entsprechender Körpermasse. Die relative Herzmasse liegt beim Schlupf bei rund 2,7 %. Der Segler kommt mit einem relativ großen Herz auf die Welt, dessen Anteil an der Körpermasse bis zum Ausfliegen also um 41 % reduziert wird. Diese relative Reduktion findet man auch beim Herzvolumen: Es ändert sich absolut von rund 0,377 ml am Schlupftag auf 1,67 ml bei flüggen Mauerseglern; das massenbezogene Volumen nimmt so von rund 0,13 ml/g auf 0,04 ml/g ab. Die Herzbreite (Herzdurchmesser) beträgt über die gesamte Ontogenese konstant mehr oder weniger rund 60 % der Herzlänge. Die Körperlänge und die Masse des Brustmuskels zeigen eher eine (exponentielle) Sättigungskurve: Ab einer Körpermasse von 20-22 g (mittlere Adultwerte: 30,8–55,6 g; Mittelwert 40,5 g; n = 2570) zeigt die Körperlänge einen relativ konstanten Wert von rund 13-14 cm (mittlere Adultwerte: 16,5–18,5 cm); die Brustmasse ab einer Körpermasse von rund 30 g einen Wert von rund 2,0-2,5 g. Das sind rund 5-8 % der Körpermasse, wobei der relative Anteil im Verlauf der Ontogenese zunimmt (Anfangswert rund 2 %).

Abstract: The ontogeny of the heart in the Swift (*Apus apus*). We measured the ontogenetic development of different morphological parameters in 39 Swifts (*Apus apus*) from hatching to adult size. Parameters investigated were heart-size, mass of breast muscle and body length. Mean heart mass of adult swifts is between 0.6-0.7 g. This accounts for about 1.6 % of mean body mass, which is about 40 % above the mean expected value of birds with corresponding body mass. At the day of hatching (day 0 of ontogeny) the size of the heart relative to body mass is about 2.7 %. That means, that the swift hatches with a relatively big heart (mass), whose proportion relative to body mass decreases until fledging by about 41 %. This reduction is also found in the volume of the heart. Its absolute value changes from 0.377 ml at hatching to 1.67 ml in the fledgling. But relative to body mass the heart volume is reduced from 0.13 ml/g to 0.04 ml/g. The width of heart (heart diameter) is kept relatively constant at about 60 % of the heart length over the total ontogenetic time. Body length and mass of the breast muscle both show a exponential satiation curve: At a body mass of 20-22 g, length of body shows a relatively constant value of around 13-14 cm (mean adult values: 16.5-18.5 cm). From a body mass of 30 g on (adult values: 30,8–55,6 g; mean value 40,5 g; n = 2570), the breast muscle shows a value of about 2.0-2.5 g. This accounts for about 5-8 % of body mass and thus shows a clear increase of relative value (hatching value about 2 %) during ontogeny.

Key words: *Apus apus*, body length, breast muscle, breast muscle, heart diameter, heart mass, heart volume, heart, mass of breast muscle, ontogenetic development, Swift, width of heart.

Autoren:
Prof. Dr. Roland Prinzinger, AK Stoffwechselphysiologie, Institut f. Biologie I, Siesmayerstraße 70, 60323 Frankfurt am Main, E-Mail: Prinzinger@bio.uni-frankfurt.de
Dr. Christiane Haupt, Deutsche Gesellschaft für Mauersegler e.V., Sandäckerstraße 43, 65933 Frankfurt am Main

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

1 Einleitung und Fragestellung

Über die Jugendentwicklung (Ontogenese) des Herzens liegen von (Wild-)Vögeln unseres Wissens keine Untersuchungen vor. Bekannt ist, dass bei (allen?) Vertebraten die Zahl der Herzmuskelzellen bereits postembryonal determiniert ist und nur die Zahl der kontraktilen Myofibrillen in der Einzelzelle (Myozyte) und damit indirekt deren Größe und Masse zunimmt. Interessant ist, wie diese ontogenetische Massenentwicklung verläuft und welche Schlüsse man daraus ziehen kann. Dies gilt insbesondere für einen Vogel, der, wie der Mauersegler, extrem gut fliegen kann und der gleichzeitig in seiner Ontogenese sehr stark wetterabhängig ist.

2 Material und Methode

Wir untersuchten 33 tote Jungvögel des Mauerseglers, die uns von der „Deutsche Gesellschaft für Mauersegler e.V." in Frankfurt zur Verfügung gestellt wurden. Es handelte sich um Totfunde oder lebend gefundene Jungvögel, die trotz intensiver Pflege in einer Auffangstation nicht überlebten. Dazu kamen 6 Vögel aus der Sammlung von R. Prinzinger. Die Segler wurden nach ihrem Tod untersucht. Dabei wurden neben Körperlänge und Masse des Brustmuskels auch die Herzmaße bestimmt.

3 Ergebnisse

Das Handbuch der Vögel Mitteleuropas (Weitnauer & Scherner 1980) beschreibt die Jugendentwicklung des Mauerseglers wie folgt: Das Schlüpfgewicht liegt zwischen 2,7-3,1 g. Nestlinge erreichten ihr Maximum mit 41-58 (Ø 52,1) g im Alter von 19,5-49,5 (Ø 28,5) Tagen. Am Abend vor dem Ausfliegen (Alter 37-56 Tage) wiegen sie 34-52 (Ø 41,4) g. Wärme und Sonnenschein fördern das Wachstum (bis 7,8 g/Tag), während niedrige Temperaturen und Regen (Nahrungsmangel) die Entwicklung hemmen oder zu Verlusten (bis 6,6 g/24 h) führen. Große saisonale Unterschiede sind üblich. So betrugen die Extreme von 27 Jungen desselben Jahres am 11. Lebenstag 4,5 und 38,6 g (Lack 1951). 30 Nestlinge erreichten ihr Maximum von 52-66 (M 58,5) g sogar mit durchschnittlich 24 Tagen und wogen beim Flüggewerden im Mittel 53,5 g (Weitnauer 1947; auch schon Spallanzani 1797, Lack 1956, 1956b). Die Fettreserven können mehr als 25 % der Gesamtmasse ausmachen und werden bei mangelnder Nahrungszufuhr abgebaut und die Vögel können Torpor zeigen. 12 verhungerte Junge im Alter von 5-7 Wochen wogen 19,4-25,2 g (Koskimies 1950, Piechocki 1956). Erwachsene Mauersegler wiegen 30,8-55,6 (M_{2570} 40,5) g (Gladwin & Nau 1964).

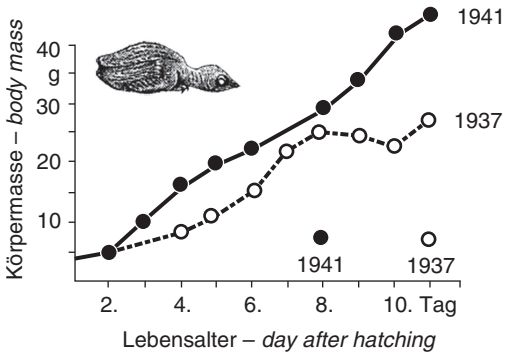


Abb. 1: Altersabhängige (chronologische) Massenentwicklung in der Ontogenese (y-Achse) beim Mauersegler unter schlechten (1937) und guten (1941) Aufzuchtbedingungen (Originalgrafik Weitnauer 1947). 1941 öffneten sich die Augen am 8. Lebenstag, 1937 erst 3 Tage später (11. Lebenstag). Lebensalter = x-Achse. – *Time-dependent (chronological) ontogenetic development of body mass (y-axis, in g) in relation to age (x-axis in days) in the Swift after hatching to show the influence of different climate: in 1941 under good weather conditions (opening of the eyes on day 8) and under bad conditions 1937 (eyes opened on day 11; original figure Weitnauer 1947).*

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

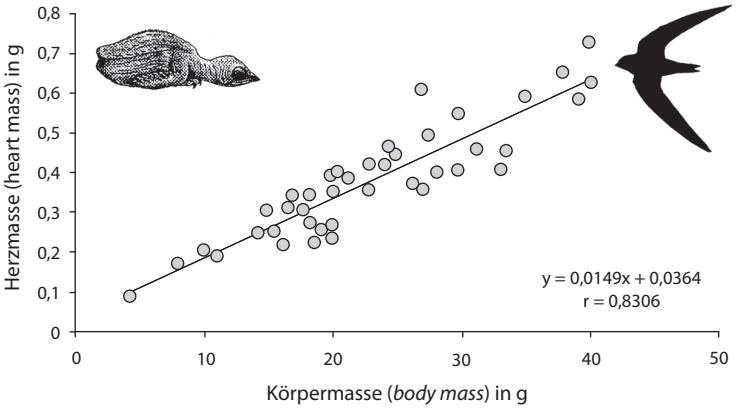


Abb. 2: Ontogenetische Entwicklung der Korrelation zwischen Körpermasse und Herzmasse beim Mauersegler. – *Ontogenetic development of the correlation between body mass (x-axis) and heart mass (y-axis) in the Swift.*

Es zeigt sich also eine sehr hohe Abhängigkeit der Körpermasse von den jeweiligen Ernährungs- und/oder Witterungsbedingungen (s. Abb. 1), so dass eine chronologische (altersabhängige) Darstellung der Herzentwicklung wenig vernünftig erscheint. Sie wird im Folgenden deshalb massenbezogen (allometrisch) dargestellt.

Die massenspezifische ontogenetische Entwicklung des Mauerseglerherzens zeigt Abb. 2. Die Herzmasse HM gehorcht dabei folgender linearen Korrelation (KM = Körpermasse):

HM = 0,036 + 0,015 KM (r = 0,8306).

Die Herzbreite HB (Abb. 3) gehorcht folgender Korrelation (KM = Körpermasse):
HB = 0,59 + 0,012 KM (r = 0,3123).

Die Herzlänge HL (Abb. 4) gehorcht der Korrelation (KM = Körpermasse):

HL = 0,98 + 0,016 KM (r = 0,3693).

Die Masse des Brustmuskels BM (Abb. 5) gehorcht der Korrelation (KM = Körpermasse):

BM = – 0,24 + 0,059 KM (r = 0,5069).

4 Diskussion

Bezogen auf eine durchschnittlich erreichte Adultmasse von rund 40 g (Bereich 30,8–55,6 g; Weitnauer & Scherner 1980) beträgt die durchschnittliche Herzmasse rund 0,64 g. Das sind rund 1,6 % der Körpermasse. Spitzenwerte liegen bei 0,50 g (entspricht 2,2 %; für KM = 27 g). Damit liegt die relative Herzmasse dieses exzellenten Fliegers erwartungsgemäß um

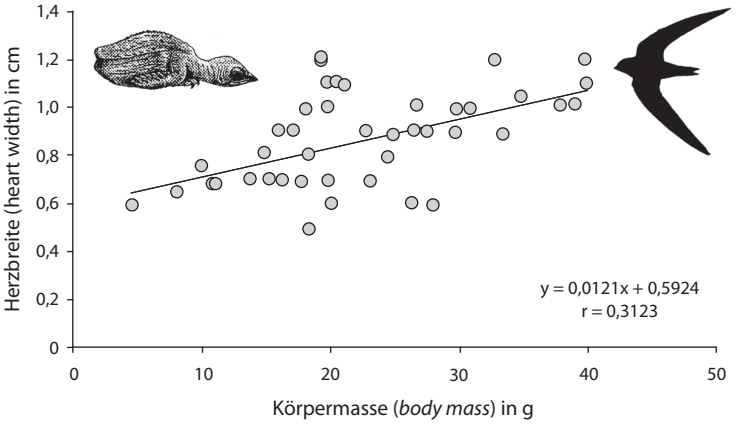


Abb. 3: Ontogenetische Entwicklung der Korrelation zwischen Körpermasse und Herzbreite beim Mauersegler. – *Ontogenetic development of the correlation between body mass (x-axis) and heart width (y-axis) in the Swift.*

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

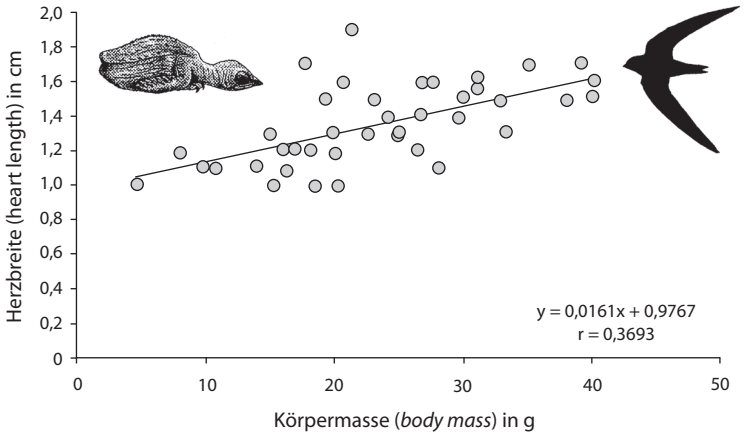


Abb. 4: Ontogenetische Entwicklung der Korrelation zwischen Körpermasse und Herzlänge beim Mauersegler. – *Ontogenetic development of the correlation between body mass (x-axis) and heart length (y-axis) in the Swift.*

rund 40 % über dem mittleren Erwartungswert aller Vögel mit entsprechender Körpermasse (HM = 0,0183 $KM^{0.8727}$; vgl. Abb. 6; Erwartungswert = 0,458 g; dies entspricht 1,145 % der Körpermasse).

Betrachtet man die Entwicklung der verschiedenen Parameter während der Ontogenese, liegt rein rechnerisch die relative Herzmasse des Mauerseglers beim Schlupf (Körpermasse 3 g) bei rund 2,7 %. Der Segler kommt also mit einem relativ großen Herzen auf die Welt, dessen relativer Anteil an der Körpermasse sich bis zum Ausfliegen auf 1,6 % reduziert. Das ist ein Minus von 41 % bezogen auf den Schlupfwert. Ein großes Herz zu Beginn der Entwicklung ist natürlich von Vorteil für das gesamte Wachstum. Eigene Untersuchungen zur Ontogenese der Herzmasse beim Haushuhn (*Gallus domesticus*; in Vorbereitung) zeigen andererseits, dass bei dieser „Laufvogelart" die relative Herzmasse bei rund 0,8-0,9 % liegt und sich postnatal im Verlauf der Jugendentwicklung nicht gravierend verändert.

Sowohl bei der Körperlänge als auch bei der Masse des Brustmuskels zeigt sich eher eine exponentielle Sättigungskurve (unabhängig von der linearen Darstellung in den Abbildungen): Ab einer Körpermasse von 20-22 g zeigt die Körperlänge einen relativ konstanten Wert von rund 13,5 cm (Adultwerte 16,5-18,5 cm; Weitnauer & Scherner 1980); die Brustmasse ab einer Körpermasse von rund 30 g einen Wert von rund 2 g. Allerdings beruhen diese

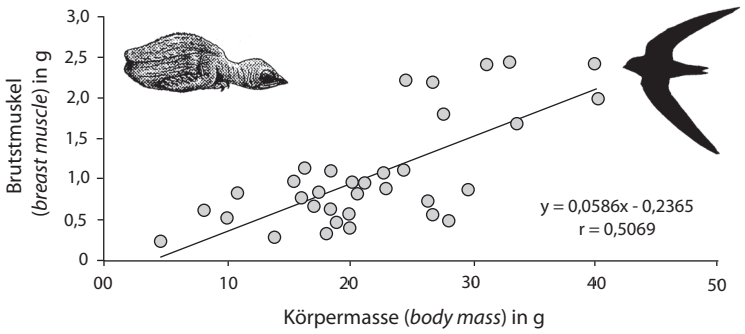


Abb. 5: Ontogenetische Entwicklung der Korrelation zwischen Körpermasse und Masse des Brustmuskels beim Mauersegler. – *Ontogenetic development of the correlation between body mass (x-axis) and mass of the breast muscle (y-axis) in the Swift.*

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Aussagen auf relativ wenigen Werten und sind deshalb mit Vorsicht zu bewerten.

Es ist bekannt, dass unterschiedlich hohe Leistungsanforderungen einen großen Einfluss auf die relative Herzgröße (nicht nur) bei Vögeln haben. In Tab. 1 sind dazu einige Vergleichsdaten angegeben (aus Bezzel & Prinzinger 1990). Der Mauersegler hat danach Werte, die im (Anfangs-) Bereich der zum Schwirrflug fähigen Kolibris liegen, die die Spitze der Vogelwerte repräsentieren. Allerdings sind die Segler, wie der Name schon sagt, auch ausgezeichnete Segelflieger und können große Strecken in der Luft auch im passiven Flug zurücklegen, weshalb eventuell nicht so hohe „Motor"-Anforderungen notwendig sind, wie bei den rein aktiv fliegenden Kolibris.

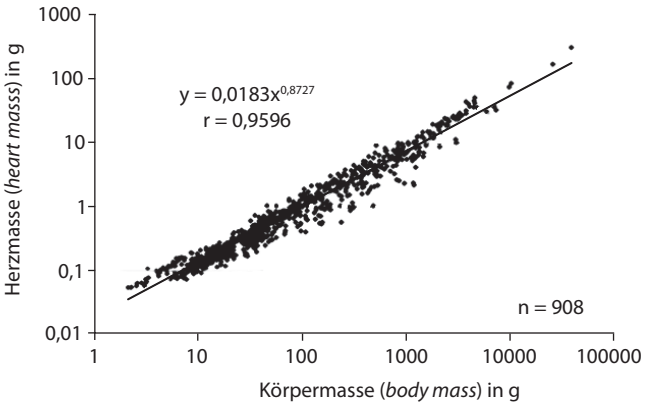


Abb. 6: Abhängigkeit der Herzmasse von der Körpermasse bei Vögeln (basierend auf einer Zusammenstellung zahlreicher Autoren von Helb, M. in Vorb.). – *The correlation between body mass and heart mass in birds (data from many different sources from Helb, M. in prep.).*

Welche Bedeutung der Flug beim Mauersegler hat, zeigt auch der hohe Massenanteil, den der Flugmuskel an der Körpermasse hat: Beim ausgewachsenen Vogel macht er nach unseren Messungen rund 2,0 bis 2,5 g von 30 bis 40 g aus; das sind rund 5 bis 8 % der Körpermasse. Beim frisch geschlüpften Mauersegler liegt der Wert erst bei rund 2 %. Hier findet also in der Ontogenese eine starke relative Zunahme statt.

Die Herzbreite (Herzdurchmesser) macht über die gesamte Ontogenese konstant rund 60 % der Herzlänge aus. Es finden also kaum Veränderungen in der Herzform statt.

Aus der Länge und Breite des Herzens lässt sich auf der Basis eines Ellipsoids grob auch annähernd das Herzvolumen berechnen (für das Volumen *V* des Ellipsoids gilt:

$V = 0{,}75 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$; hierbei sind *a*, *b* und *c* die Halbachsen). Basierend auf den Werten, die sich für beide Parameter aus den linearen Korrelationen errechnen lassen, ändert sich das Volumen des gesamten Herzens (Achtung, nicht das Schlagvolumen!) von rund 0,377 ml am Schlupftag auf 1,67 ml bei flüggen Mauerseglern. Das Herz nimmt somit absolut gesehen um rund das 4,4-fache im Volumen zu. Bezogen auf die Körpermasse (massenbezogenes Volumen) aber von 0,126 ml/g auf 0,04 ml/g ab, zeigt also ein ähnliches „Verhalten" wie die Herzmasse, was entsprechend interpretiert werden kann.

Tab. 1: Beispiele für die relative Herzmasse bei Vögeln; aus Bezzel & Prinzinger (1990) nach verschiedenen Autoren. – *Examples for the relative heart mass in relation to body mass in different bird groups; from Bezzel & Prinzinger (1990).*

Vogelordnung – ***bird order***		**relative Herzmasse [% der Körpermasse]**
Steißhühner	Tinamiformes	0,19-0,25
Hühnervögel	Galliformes	0,40-1,10
Tauben	Columbiformes	0,93-1,29
Sperlingsvögel	Passeriformes	0,90-1,80
Kolibris	Trochiliformes	2,00-2,80
Mauersegler (*A. apus*)	Apodiformes	1,6 – 2,2

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Literatur

Bezzel, E. & Prinzinger, R. (1990): Ornithologie. UTB Große Reihe. 552 S. – Ulmer: Stuttgart.

Gladwin, T. W. & Nau, B. S. (1964): A study of Swift weights. - Brit. Birds 57: 344-356.

Helb, M. (i. prep.): Das Herz der Vögel. Laufendes Dissertations-Vorhaben.

Harrison, C. (1975): Jungvögel, Eier und Nester aller Vögel Mitteleuropas, Nordafrikas und des Mittleren Ostens. 435 S. - Parey: Hamburg und Berlin.

Koskimies, J. (1950): The life of the Swift in relation to the weather. - Ann. Acad. Sci. Fenn. B, IV, 15: 1-151.

Lack, D. (1955): The species of Apus. - Ibis 98: 34-62.

Lack, D. (1956): Swifts in a tower. 239 S. – Methuen: London.

Lack, D. (1956 a): Further notes on the breeding biology of the Swift. - Ibis 98: 606-619.

Lack, D. & Lack, E. (1951): The breeding biology of the Swift. - Ibis 93: 501-546.

Lack, D. & Lack, E. (1952): The breeding behaviour of the Swift. - Brit. Birds 45: 186-215.

Piechocki, R. (1956): Über Jungenverluste beim Mauersegler. - Beitr. Vogelkde. 5: 150-162.

Spallanzani, L. (1797): Viaggi alle due Sicilie e in alcune parti degli Apennini 6, Pavia 1797 (Nachdruck in der Serie Edizione delle opera classiche del secolo XVIII. Opere di L. Spallanzani, Milabo 1825-26; *A. apus* im Anhang: Opusculo III, 398-435).

Weitnauer, E. (1947): Am Neste des Mauerseglers. - Orn. Beob. 44: 133-182.

Weitnauer, E. & Scherner, E. R. (1980): *Apus apus* – Mauersegler. - In: Glutz von Blotzheim, U. N. & Bauer, K. M.: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 9: 671-712.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: 35

Autor(en)/Author(s): Prinzinger Roland, Haupt Christiane

Artikel/Article: Die Ontogenese des Herzens beim Mauersegler (Apus apus) 249-254