

# Wie groß ist ein Schwarzkehlchen – welches Standardmaß eignet sich als Indikator für die Körpergröße?

Heiner Flinks & Volker Salewski

---

Flinks H & Salewski V 2020: How large is a Stonechat – which standard measurement qualifies as a good indicator of body size? Vogelwarte 58: 285-288.

Although there is consensus what structural size in birds is, there have been controversial discussions how to measure it. We used Pearson's correlations to relate surrogates for structural size: 1) PC1 of a principal component analysis of a number of skeletal measurements, 2) an index of body volume derived from skeletal measurements, and 3) fat free mass of main skeletal elements to several external measurements (wing length, length of primary 8, tail length, tarsus length and two bill measurements). Tarsus length was the measurement that showed the highest correlation with all three surrogates for size, but the  $r^2$ -values were relatively low. Single measurements may, therefore, not explain variation in size to a large extent, but we recommend preferring tarsus length as a surrogate for body size when only a single measurement can be considered.

✉ HF: Wagnerstraße 19, 46354 Südlohn/Oeding, Germany. E-Mail: hfinks@gmx.de

VS: Michael-Otto-Institut im NABU, Goosstroot 1, 24861 Bergenhusen, Germany. E-Mail: Volker.Salewski@NABU.de

---

## 1 Einleitung

Die Körpergröße ist eine der wichtigsten morphologischen Maße in ökologischen Studien an Vögeln. Trotz des Konsenses darüber, was die Körpergröße ist: die „nutrient reserve-independent size of a bird“ (die von vorhandenen Nahrungsreserven unabhängige Größe eines Vogels, Piersma & Davidson 1991), wurde vielfach kontrovers diskutiert, wie sie am besten zu messen sei. Einige Autoren raten davon ab, nur ein Standardmaß zu verwenden und schlagen die Kombination verschiedener Maße vor (Rising & Somers 1989; Freeman & Jackson 1990). Allerdings ist es bei Feldstudien und auf Beringungsstationen häufig wünschenswert die Bearbeitungszeit für einen Vogel gering zu halten, um die Arbeit effizienter zu gestalten und um den Stress für die Vögel zu verringern.

Als Maß für die Körpergröße wird oft die Flügelgröße herangezogen (z. B. Van Buskirk et al. 2010; Goodman et al. 2012). Einige Studien bezweifelten jedoch, dass dieses Maß die Körpergröße gut repräsentiert (Rising & Somers 1989; Senar & Pascual 1997). Wir nutzten Pearson Korrelationen um aus verschiedenen Skelettmaßen (1. Hauptkomponente einer Hauptkomponentenanalyse verschiedener Skelettelemente, Körpervolumen und Skelettgewicht) gewonnenen Indikatoren der Körpergröße den Zusammenhang zwischen verschiedenen einzelnen Standardmaßen und der Körpergröße zu überprüfen. Wir zeigen, dass die Tarsuslänge ein geeigneteres repräsentatives Maß für die Körpergröße von Vögeln darstellt als andere Einzelmaße.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Standardmaße

Standardmaße (Flügelgröße [Flügel; Methode ‚max‘ nach Svensson 1992], Länge der achten Handschwinge [P8], Steuerlänge [Steuer], Tarsuslänge [Tarsus], Länge des Schnabels von der Spitze des Oberschnabels bis zum Schädelansatz [Schnabel 1], Schnabellänge von der Spitze des Oberschnabels bis zum Federansatz [Schnabel 2]) wurden zum einen von 11 Schwarzkehlchen (*Saxicola rubicola*) aus Nord-West Deutschland genommen, die bei Fangaktionen zwischen 1994 und 2013 starben. Dazu kamen Daten von 17 Käfigvögeln, die zwischen 1991 und 2013 starben (Beringungs- und Haltegenehmigung liegen vor). Beide Gruppen wurden frisch tot gemessen und anschließend bei  $-18^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt. Die Flügel wurden mit einem Flügellineal und die P8 sowie die Steuerlänge mit einem Teilfederlineal mit einer Genauigkeit von 0,1 mm gemessen. Die Messungen von Tarsus, Schnabel 1 und Schnabel 2 erfolgten mit einer elektronischen Schiebellehre mit einer Genauigkeit von 0,01 mm. Alle Messungen führte H. Flinks durch.

### 2.2 Präparation der Skelette und Skelettmessungen

Die toten Schwarzkehlchen wurden gerupft, größere Muskeln und die Innereien entfernt sowie größere Sehnen durchtrennt, damit sich die Knochen beim Trocknen nicht verbogen. Das restliche Gewebe entfernten Speckkäfer (*Dermestes maculatus*) und eine anschließende Behandlung mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  diente dem Bleichen der Knochen. Um das restliche Fett aus den Knochen zu entfernen, wurden sie zudem jeweils über 5 Tage in 25 %, 50 %, 75 % und 100 % Aceton getränkt. Die Vermessung der Knochen erfolgte mit Hilfe eines Binokulars mit 10- bis 20facher Vergrößerung und einer elektronischen Schiebellehre (Genauigkeit 0,01 mm) durch H. Flinks. Jedes Maß wurde dreimal genommen und der Mittelwert für die Analyse ge-

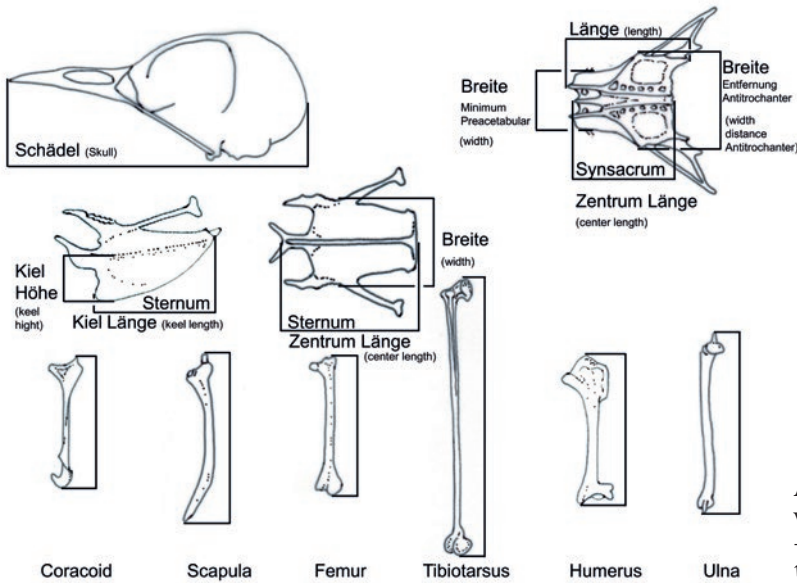


Abb. 1: Darstellung der Messstrecken der verschiedenen Schwarzkehlchenknochen. – Illustration of the measurements of various elements of a Stonechat skeleton.

nutzt. Die Wiederholbarkeit der Messung (Lessells & Boag 1987) variierte zwischen 95,9 und >99,9. Zur Ermittlung der Knochengewichte auf 0,001 g diente eine Laborwaage (Mitutoyo Ltd., Model No CD-15CP).

2.3 Indikatoren für die Körpergröße

Wir benutzen folgende drei Indikatoren für die Körpergröße:

1. Die erste Hauptkomponente (PC1) einer Hauptkomponentenanalyse (basierend auf der Kovarianzmatrix, keine Rotation, fehlende Werte durch Mittelwerte ersetzt) einer Reihe von Skelettelementen, die als Maß für die Größe angesehen wird (Rising & Sumers 1989). Die berücksichtigten Skelettelemente waren (Abb. 1): Kopflänge, Kopfbreite, Länge und Höhe des Sternumkiels, Länge des Sternums, Länge des Zentrums des Synsacrum, Coracoids, Scapula, Synsacrum, Humerus, Ulna, Femur und Tibiotarsus, sowie die Breite des Sternum, die minimale Breite zwischen den Preacetabularen sowie des Synsacrum (zwischen den Antitrochantern). Der Tarsometatarsus blieb unberücksichtigt, da das Maß mehr oder weniger mit dem Standardmaß „Tarsus“ übereinstimmt. Die erste Hauptkomponente erklärte 41,9% der Varianz der Daten und wies eine hohe Korrelation zum Tibiotarsus (Faktorenladung: 0,67) auf.

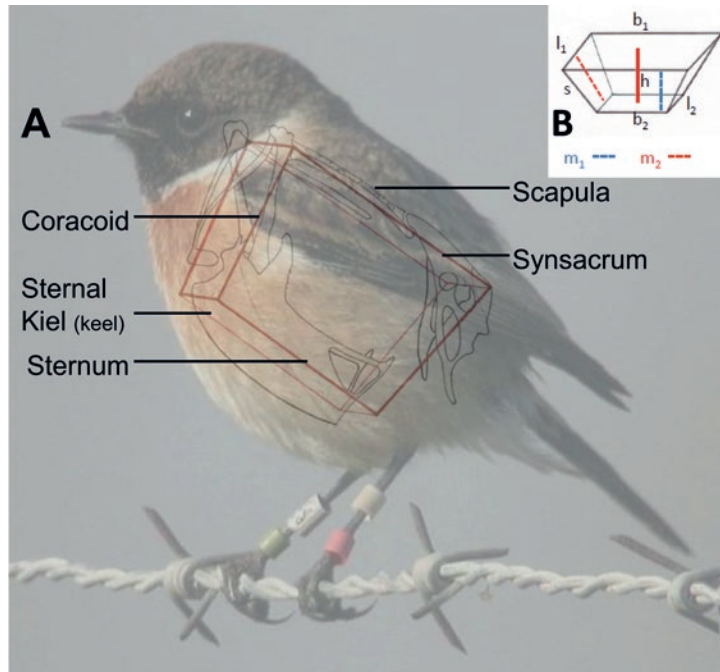
2. Einen Indexwert des Körpervolumens, der von Skelettmaßen abgeleitet wurde. Wir gingen davon aus, dass das Volumen eines Vogels am besten mit einer auf den kopfgestellten rechteckigen, stumpfen Pyramide beschrieben werden kann. Die Länge verschiedener Knochen wurde zur Volumenberechnung dieser Pyramide genutzt (für Details siehe Abb. 2).
3. Von 15 Vögeln wurde das fettfreie Gewicht der Skelettelemente Sternum und Ilium/Ischium/Synsacrum bestimmt. Die Skelette als Ganzes zu berücksichtigen war nicht möglich, da immer einige kleine Knochen fehlten. Wir gingen davon aus, dass sich das Gewicht der größten Skelettelemente proportional zum Gesamtskelettgewicht verhält.

2.4 Statistische Analyse

Wir nutzen Pearson-Korrelationen um den Zusammenhang zwischen den Skelett- und externen Standardmaßen zu analysieren. Dabei dienen die Größenindikatoren als zu erklärende und die Standardmaße als unabhängige Variablen. Aufgrund fehlender Maße wegen nicht vorhandener oder beschädigter Knochen bei einigen Skeletten ist der Stichprobenumfang (n) bei einigen Analysen verringert.

Tab. 1: Korrelation von äußeren Standardmaßen mit aus Skelettmaßen gewonnenen Indikatoren für die Körpergröße. Für jede Korrelation wird der r<sup>2</sup>-Wert gezeigt. Maße, die den höchsten r<sup>2</sup>-Wert aufweisen, sind fett gedruckt. In Klammern: n – Correlation of external measurements with surrogates for body size, showing the r<sup>2</sup> of each correlation. Bold: Measurement showing the highest r<sup>2</sup> with the respective surrogate for size. In brackets: n.

Standardmaße Standard Measurements	Indikatoren der Körpergröße – Indicators of body size		
	PC1 (28) – PC1	Volumen (18) – Volume	Skelettgewicht (14) – Skeleton mass
Flügel – Wing	0,010	0,225	0,031
P8 – P8	0,057	0,116	0,032
Steuer – Tail	0,076	0,001	0,201
Tarsus – Tarsus	<b>0,604</b>	<b>0,236</b>	<b>0,427</b>
Schnabel 1 – Bill 1	0,110	0,160	0,055
Schnabel 2 – Bill 2	<0,001	0,009	0,014



**Abb.2:** Berechnung des Körpervolumens eines Schwarzkehlchens. Das Körpervolumen lässt sich mit Hilfe einer auf dem kopfstehenden rechteckigen stumpfen Pyramide beschreiben (A). Das Volumen der stumpfen Pyramide (B) wurde berechnet mit:

$$V = \frac{h}{3} [(l_1 \cdot b_1) + (l_2 \cdot b_2) + \sqrt{(l_1 \cdot b_1)(l_2 \cdot b_2)}]$$

wobei für die Höhe gilt:

$$h = \sqrt{m_2^2 - \left[\frac{b_1 - b_2}{2}\right]^2}, \text{ oder alternativ } h = \sqrt{m_1^2 - \left[\frac{l_1 - l_2}{2}\right]^2}.$$

Die entsprechenden Längen der stumpfen Pyramide werden in einem Vogelskelett charakterisiert durch:  $b_1$  = Länge der Scapula + Länge des Zentrums des Synsacrums,  $l_1$  = Breite des Synsacrums (Strecke zwischen den Antitrochantern),  $b_2$  = Länge des Zentrums des Sternums,  $l_2$  = Breite des Sternums,  $s$  = Länge des Coracoids + Höhe des Sternalkeils,

$$m_1 = \text{Höhe des lateralen Trapezes} \left( m_1 = \sqrt{s^2 - \left[\frac{b_1 - b_2}{2}\right]^2} \right) \quad m_2 = \text{Höhe des frontalen Trapezes} \left( m_2 = \sqrt{s^2 - \left[\frac{l_1 - l_2}{2}\right]^2} \right).$$

– *Calculating body volume of Stonechats.* The body volume can be described by a truncated pyramid that is turned upside down (A). The volume of a truncated pyramid (B) is calculated as  $h/3 \times \{(l_1 \times b_1) + (l_2 \times b_2) + [\text{sqrt}(l_1 \times b_1) \times (l_2 \times b_2)]\}$ , where  $h$  is calculated as  $\text{sqrt}\{m_2^2 - [(b_1 - b_2)/2]^2\}$  or alternative  $\text{sqrt}\{m_1^2 - [(l_1 - l_2)/2]^2\}$ . The respective lengths of the truncated pyramid are represented in a bird's skeleton by:  $b_1$  = length of the scapula + length of the synsacrum centre,  $l_1$  = width of the synsacrum (area between the antitrochanters),  $b_2$  = length of the sternum centre,  $l_2$  = width of the sternum,  $s$  = length of the coracoids + height of the sternal keel,

$$m_1 = \text{height of the lateral trapeze} \left( m_1 = \sqrt{s^2 - \left[\frac{b_1 - b_2}{2}\right]^2} \right), \quad m_2 = \text{height of the frontal trapeze} \left( m_2 = \sqrt{s^2 - \left[\frac{l_1 - l_2}{2}\right]^2} \right).$$

### 3 Ergebnisse

Die Tarsuslänge war von allen äußeren Standardmaßen am besten mit den Indikatoren für die Körpergröße PC1, Volumen und Skelettgewicht korreliert (Tab. 1). Die Korrelationen der anderen Maße mit den Indikatoren für die Körpergröße waren deutlich schwächer. Dies galt besonders für die Flügellänge mit Ausnahme der Korrelation mit dem Volumen. Hier erklärte sie fast den gleichen Anteil der Varianz der Daten wie die Tarsuslänge. Allerdings waren die  $r^2$ -Werte bei den Korrelationen auch für die Tarsuslänge relativ niedrig mit Ausnahme der Korrelation mit PC1 ( $r^2 = 0,604$ ). Dies war wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass mit PC1 als Größenmaß ein Maß des Laufs (Tibiotarsus) besonders hoch korrelierte.

### 4 Diskussion

Die Tarsuslänge war von den äußeren Standardmaßen am stärksten mit den drei Indikatoren für die Körpergröße korreliert und die Korrelationen waren bei zwei Indikatoren wesentlich stärker, als die der oft als Größenmaß verwendete Flügellänge. Die Flügellänge und wahrscheinlich auch die Steuerlänge variieren bei einem Vogel und zwischen verschiedenen Individuen einer Art unabhängig von der Körpergröße mit dem Alter, dem Federalter, den Bedingungen während der Mauser und dem Zugverhalten (Fitzpatrick 1999; Hall & Fransson 2000; Pérez-Tris & Tellería 2001; Förschler & Bairlein 2011). Im Gegensatz dazu erreicht der Tarsus seine endgültige Länge noch vor dem Flüggewerden, wobei die endgültige Länge, wie auch die Körpergröße, von

den Bedingungen während der Nestlingszeit abhängt (Alatalo & Lundberg 1986; van Noordwijk et al. 1988). Die Tarsuslänge variiert deshalb nicht in Abhängigkeit von der aktuellen Verfügbarkeit von Ressourcen adulter Vögel, dem individuellen Alter oder der Jahreszeit. Unser Ergebnis stimmt mit bisherigen Studien überein, die ebenfalls die Tarsuslänge als geeigneteres Maß für die Körpergröße ansehen als die Flügellänge (Piersma 1988; Rising & Somers 1989; Senar & Pascual 1997). Zu einem anderen Ergebnis kommen Gosler et al. (1998) die das Körpergewicht als geeignetes Maß für die Körpergröße nennen. Allerdings variiert das Gewicht eines Vogels unter anderem mit der Tageszeit, der Jahreszeit, der Temperatur und des Mauserzustands, was seine Eignung als Maß für die Größe zweifelhaft erscheinen lässt (z.B. Piersma & Davidson 1991; Flinks & Kolb 1997).

Unsere Untersuchung legt nahe, dass ein einzelnes Standardmaß die Körpergröße nur unzureichend repräsentiert. Die Benutzung der PC1 von Skelettmaßen als Indikator für die Körpergröße empfiehlt sich, wie auch Rising & Somers (1989), Freeman & Jackson (1990) und Piersma & Davidson (1991) argumentierten. Wo dies nicht möglich ist, schlagen wir vor, in Übereinstimmung mit Rising & Somers (1989) und Freeman & Jackson (1990), die Tarsuslänge als Maß für die Körpergröße zumindest bei intraspezifischen Vergleichen anderen Standardmaßen vorzuziehen.

## Dank

Wir danken T. Töpfer, Museum König, Bonn, und K.-H. Siebenrock für ihre großzügige Hilfe bei der Präparation der Skelette, E. Gwinner und B. Helm vom MPI in Andechs für die Überlassung von Schwarzkehlchen aus ihrem Programm und R. Otten für die freundliche Überlassung des Fotos für Abb. 2. K.-H. Siebenrock und B. Leisler gaben wichtige Hinweise, welche Skelettmaße am besten zu nutzen sind. D. C. Franklin korrigierte die englische Zusammenfassung. Die Datenanalyse wurde finanziell unterstützt durch die Deutsche Ornithologen-Gesellschaft.

## 5 Zusammenfassung

Es besteht ein breiter Konsens darüber, was die strukturelle Größe von Vögeln ist. Allerdings wird kontrovers diskutiert, welches Standardmaß die Körpergröße am besten beschreibt. Wir nutzten Pearson Korrelationen um die Beziehungen zwischen äußeren Standardmaßen und Skelettmaßen als Indikatoren der Körpergröße zu analysieren. Ausgewählte Standardmaße waren: 1) Flügellänge, 2) Länge der achten Handschwinge, 3) Steuerlänge, 4) Tarsuslänge und 5) zwei Schnabelmaße. Indikatoren der Körpergröße waren: 1) Die erste Hauptkomponente (PC1) einer Hauptkomponentenanalyse von verschiedenen Skelettelementen; 2) ein Index des Körpervolumens abgeleitet aus den Skelettmaßen und 3) die fettfreie Masse der wichtigsten Skelettelemente. Die Länge

des Tarsus war das Maß, das die höchste Korrelation mit allen drei Indikatoren für die Körpergröße aufwies, allerdings waren die  $r^2$ -Werte relativ niedrig. Einzelne Maße repräsentieren daher nur bedingt die Körpergröße. Wenn aus praktischen Gründen nur ein Maß genutzt werden kann, dann sollte vor allem bei intraspezifischen Vergleichen die Tarsuslänge bevorzugt werden.

## 6 Literatur

- Alatalo R & Lundberg A 1986: Heritability and selection on tarsus length in the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). *Evolution* 40: 574-583.
- Fitzpatrick S 1999: Tail length in birds in relation to tail shape, general flight ecology and sexual selection. *J. Evol. Biol.* 12: 49-60.
- Flinks H & Kolb H 1997: Veränderungen der Körpermasse adulter Schwarzkehlchen *Saxicola torquata* in Beziehung zum Brut- und Mauserstatus. *Vogelwelt* 118: 1-10.
- Förschler MI & Bairlein F 2011: Morphological shifts of the external flight apparatus across the range of a passerine (Northern Wheatear) with diverging migratory behaviour. *PLOS ONE* 6: e18732.
- Freeman S & Jackson WM 1990: Univariate metrics are not adequate to measure avian body size. *Auk* 107: 69-74.
- Goodman RE, Lebuhn G, Seavy NE, Gardali T & Bluso-De-mers JD 2012: Avian body size changes and climate change: warming or increasing variability. *Global Change Biol.* 18: 63-73.
- Gosler AG, Greenwood JJD, Baker JK & Davidson NC 1998: The field determination of body size and condition in passerines: a report to the British Ringing Committee. *Bird Study* 45: 92-103.
- Hall KSS & Fransson T 2000: Lesser Whitethroats under time-constraints moult more rapidly and grow shorter wing feathers. *J. Avian Biol.* 31: 583-587.
- Lessells CM & Boag PT 1987: Unrepeatable repeatabilities: A common mistake. *Auk* 104: 116-121.
- Pérez-Tris J & Tellería JL 2001: Age-related variation in wing shape of migratory and sedentary Blackcaps *Sylvia atricapilla*. *J. Avian Biol.* 32: 207-213.
- Piersma T 1988: Body size, nutrient reserves and diet of Red-necked and Slavonian Grebes *Podiceps grisegena* and *P. auritus* on Lake IJsselmeer, The Netherlands. *Bird Study* 35: 13-24.
- Piersma T & Davidson NC 1991: Confusing mass and size. *Auk* 108: 441-444.
- Rising JD & Somers KM 1989: The measurement of overall body size in birds. *Auk* 106: 666-674.
- Senar JC & Pascual J 1997: Keel and tarsus length may provide a good predictor of avian body size. *Ardea* 85: 269-274.
- Svensson L 1992: Identification Guide to European Passerines. Lars Svensson, Stockholm.
- Van Buskirk J, Mulvihill RS & Leberman RC 2010: Declining body sizes in North American birds associated with climate change. *Oikos* 119: 1047-1055.
- Van Noordwijk AJ, van Balen JH & Scharloo W 1988: Heritability of body size in a natural population of the Great Tit (*Parus major*) and its relation to age and environmental conditions during growth. *Genet. Res.* 51: 149-162.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [58\\_2020](#)

Autor(en)/Author(s): Flinks Heiner, Salewski Volker

Artikel/Article: [Wie groß ist ein Schwarzkehlchen – welches Standardmaß eignet sich als Indikator für die Körpergröße? 285-288](#)