

Anz. orn. Ges. Bayern 14, 1975: 261—272

Aus dem Institut für Biologie III der Universität Tübingen,
Lehrstuhl Zoophysiologie, Arbeitsgruppe: Physiologische Ökologie.

Ontogenese der Temperaturregulation beim Mäusebussard *Buteo b. buteo* (Linné, 1758)¹⁾

Von **Erich Jud** und **Erwin Kulzer**

1. Einleitung

Der Mäusebussard brütet in den mitteleuropäischen Waldlandschaften bereits von Mitte März bis Mitte April. Ein umfangreiches Nest aus Ästen und Zweigen, das noch mit Nadeltrieben, Gräsern, Moosen und mit Haaren ausgepolstert wird, schützt nicht nur das Gelege sondern auch die Nestlinge gegen die zu dieser Jahreszeit noch beträchtlichen Schwankungen der Umgebungstemperatur. In Schlechtwetterperioden kann der junge Bussard dennoch einer erheblichen Kältebelastung ausgesetzt sein. Über die Ontogenese der Homiothermie im Verlaufe der Jugendentwicklung gibt es bei dieser Art noch keine Untersuchung (Zusammenfassungen über die Ontogenese der Temperaturregulation bei KING & FARNER (1961) und DAWSON & HUDSON (1970)). Ein handzahmes Bussardweibchen, das im Labor nicht nur brütete sondern auch einen Nestling aufzog, bot uns Gelegenheit, das Wachstum und die Entwicklung der Temperaturregulation und des Stoffwechsels zu untersuchen und mit entsprechenden Werten von adulten Bussarden zu vergleichen.

2. Material und Methode

Als Versuchstiere dienten zwei adulte Bussarde (♀♀), die bereits mehrere Jahre in einer Freilandvoliere gehalten wurden und handzahn waren. Sie konnten frei umherfliegen, kehrten jedoch stets in die Voliere zurück. Beide Tiere wurden während der Untersuchungen in einem Labor bei 22°C ± 2° unter Normaltag-Bedingungen gehalten. Als Futter erhielten sie Eintagsküken, Schlachthofinnereien, Zuchtmäuse und Ratten. Zusätzlich wurde ein Vitaminpräparat und Futterkalk gegeben. Einer der Bussarde zeigte auch unter Laborbedingungen typisches Brutverhalten. Er baute mit dem angebotenen Nistmaterial (Reisig, Stroh, Heu, Blätter) am Boden ein

¹⁾ Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

umfangreiches Nest und legte kurz darauf zwei Eier; beide waren unbefruchtet. Wir tauschten sie gegen zwei aus einem Freiland-Nest stammende befruchtete Eier aus. Am 14. Mai 1974 schlüpfte ein junger Bussard; im 2. Ei erfolgte dagegen eine Fehlentwicklung. Der Jungvogel konnte im Labor aufgezogen werden. Er wurde schon am 1. Tag durch das Bussard ♀ gefüttert. Alle Untersuchungen wurden an diesem einen Jungvogel durchgeführt. Die Temperaturmessungen erfolgten cloacal mit einem elektronischen Thermometer (Ultrakust, Thermophil); der Temperaturfühler wurde dazu bis zu 21 mm tief eingeführt. Die Gewichtsbestimmungen erfolgten auf einer Mettler-Waage ($\pm 0,1$ g). Das Federwachstum (Stoß, Arm- und Hand-schwingen) wurde jeweils an den gleichen Federn im Abstand von 3 Tagen gemessen und fotografisch registriert. Die Stoffwechsellmessungen erfolgten während der ersten 5 Lebenstage mit einem H & B Grundumsatzgerät MT-21-2. Alle weiteren Messungen wurden mit einem H & B Oxytest S (2 % Defizit) und einem URAS MT ausgeführt. Auf Einzelheiten wird an entsprechender Stelle eingegangen.

3. Ergebnisse

3.1 Wachstum und Verhalten

Nach 35—40 Std. Schlüpfdauer gelangte der junge Bussard aus dem Ei. Sein Körpergewicht betrug 42 g; seine Augen waren geöffnet und sein Körper mit einem weißen, flaumigen Dunenkleid bedeckt (Abb. 1). Nach der 1. Lebenswoche wurde das Dunenkleid dunkelgrau; der Wechsel zum 2. Dunenkleid bahnte sich an. Ein weißer Nackenfleck war schon vom ersten Schlüpftag an sichtbar. Nach der 2. Lebenswoche war das 2. Dunenkleid bereits fertig ausgebildet (Abb. 2); gleichzeitig sproßten die ersten Flügelfedern. Der Mutterbussard bedeckte den Jungen von diesem Zeitpunkt an nicht mehr. Der Jungvogel konnte sich bereits aufrichten, saß aber noch auf dem ganzen Lauf. Nach der 3. Lebenswoche ließ er erstmals seine typischen „hiää“-Rufe vernehmen. Die braunen Flügel- und Stoßfedern wuchsen nun über das wollige Dunenkleid hinaus. In der 4. Lebenswoche waren die Konturfedern bereits 10—12 cm lang; die Bauchseite war in diesem Alter aber noch vom Flaumgefieder bedeckt (Abb. 3). Es folgten die ersten Steh- und Laufversuche. Am Kopf wuchsen die ersten braunen Federn. Nach 4 Wochen stand der junge Bussard aufrecht am Nestrand oder hüpfte in der im Labor aufgestellten Voliere herum. Häufiges Flügelschlagen stellte sich ein. Nach 5 Wochen war der Jungvogel schon fast erwachsen; er hatte am ganzen Körper braunes Gefieder und machte erste Flugversuche. 6 Wochen alt, wog er 920 g und war voll flugfähig. Sein Federkleid war in typischer Weise ausgebildet (Abb. 4). Er holte sich seine Nahrungstiere selbst. Nach der 7. Lebenswoche bestand kein äußerlicher Unterschied mehr gegenüber

den Altbussarden. Die rasche tägliche Gewichtszunahme ist in Abb. 5 dargestellt. Daraus geht hervor, daß der junge Bussard bereits mit 40 Lebenstagen sein endgültiges Körpergewicht von $910 \text{ g} \pm 20 \text{ g}$ erreicht hatte. Die Entwicklung verlief somit auch unter den Laboratoriumsbedingungen völlig normal.

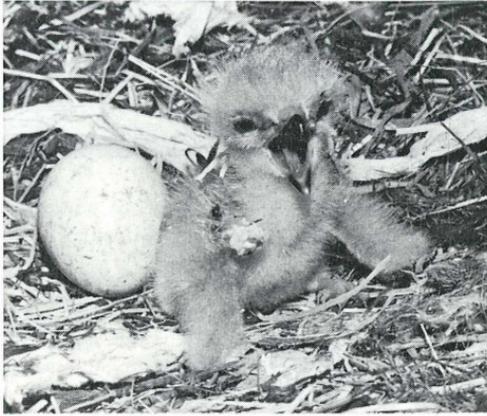


Abb. 1

Nestling am 1. Lebenstag; der ganze Körper ist bereits von einem Dunenkleid bedeckt.

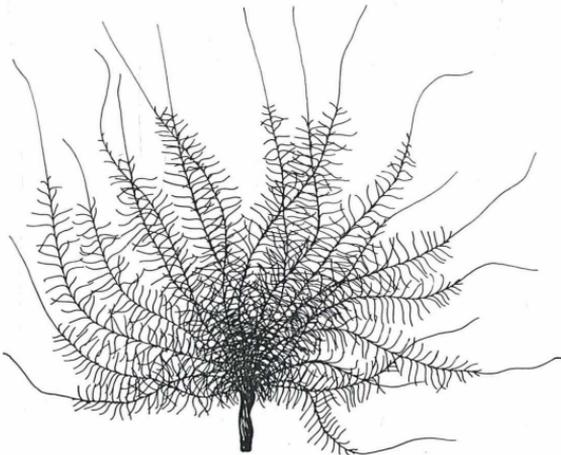


Abb. 2

Dune aus dem 2. Dunenkleid; Länge 2 cm, 20—25 Einzelfahnen und sehr kleiner Zentralschaft.

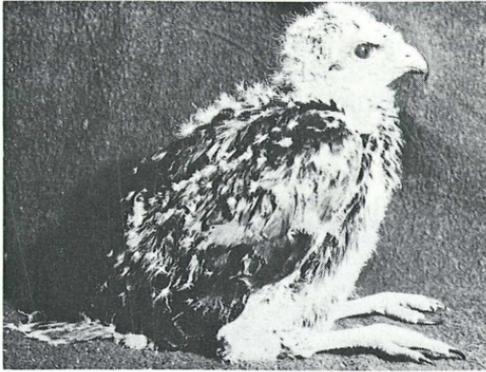


Abb. 3

4. Lebenswoche; die braunen Federn sprossen am ganzen Rücken, teilweise auf der Brust und vereinzelt am Kopf. Der Bussard sitzt noch auf seinen Läufen.



Abb. 4

Oben: 5. Lebenswoche; die Augen sind noch von einer kahlen Hauptplatte umgeben. Das Kopfgefieder ist noch struppig. Unten: Nach 7,5 Wochen zeigt der Bussard das fertige Kopfgefieder.

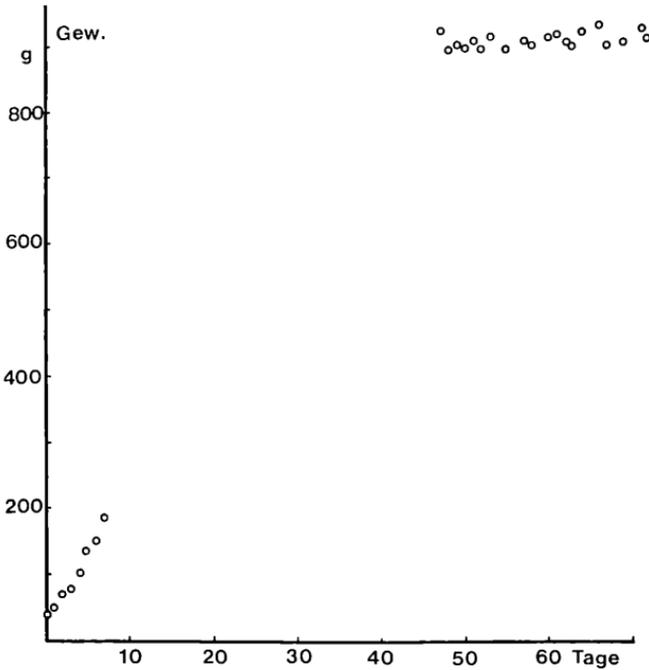


Abb. 5
Gewichtszunahme im Verlaufe der Jugendentwicklung.

3.2 Gefiederentwicklung

Die Entwicklung der Temperaturregulation geht Hand in Hand mit der Verbesserung der thermischen Isolation. Ohne Zweifel spielt beim Mäusebussard dabei das 2. Dunenkleid eine entscheidende Rolle. Das erste Dunenkleid, das beim Schlüpfen aus dem Ei in seinem Wachstum bereits abgeschlossen ist, ist besonders flaumig und weichstrahlig. Es sind die umgewandelten Spitzen der heranwachsenden Konturfedern (NIETHAMMER 1938). Nach 7 Lebenstagen erscheint ein zweites, das sog. Pelzdunenkleid; es ist grau und wollig und stellt das spätere Unterkleid (Abb. 6) zwischen den Kielen des Gefieders dar (HEINROTH 1928). Zunächst werden die heranwachsenden braunen Konturfedern noch von den Dunen verdeckt. Nach der dritten Lebenswoche aber durchdringen diese mehr und mehr das Pelzdunenkleid und überwachsen es. Dieser Vorgang vollzieht sich zuerst an den Flügeln und an der Schwanzspitze, dann am Rücken, später an der Bauchseite und zuletzt am Kopf.

Die Dunen des ersten Federkleides sind nach dem Schlüpfen bereits 2 cm lang; die gleiche Länge erreichen später auch die Dunen des zweiten Kleides. Letztere sind jedoch erheblich dichter und vermitteln dadurch auch den pelzartigen Eindruck. Das rasche Wachstum



Abb. 6

Das 2. Dunenkleid liegt unter der dichten Decke der Konturfedern.

des Großgefieders beginnt vom 10. Lebenstag an. Die ersten Dunen, die auf den Kielen der nachwachsenden Federn sitzen, werden nun nach außen geschoben. In Tabelle 1 ist das Wachstum der Arm-, Hand- und Stoßfedern, sowie die Zunahme der Spannweite (ohne Federn) dargestellt. Daraus geht ein besonders starkes Wachstum in den ersten 5 Lebenswochen hervor. Anschließend verlangsamten sich alle Wachstumsprozesse bis der Bussard nach 8—9 Wochen seine endgültige Größe und sein fertiges Federkleid erlangt. Alle Federn der Hand, des Armes und am Schwanz erreichen zwischen dem 40.—50. Lebenstag die endgültige Länge.

Tab. 1: Wachstum des Großgefieders und Zunahme der Spannweite ohne Federn. In Klammer die wöchentliche Längenzunahme.

Länge der Federn	nach Wochen (in cm)								
	2	3	4	5	6	7	8	11	13
Stoß	1,5	4,5	9,0	13,0	16,5	19,0	22,5	24,0	24,0
	(3)	(4,5)	(4,0)	(3,5)	(2,5)	(3,5)	(1,5)	(0)	(0)
Arm- schwinge	2,5	7,5	12,0	16,5	20,0	20,5	21,0	21,0	21,0
	(5)	(4,5)	(4,5)	(3,5)	(0,5)	(0,5)	(0)	(0)	(0)
Hand- schwinge	3,0	8,5	13,5	19,5	25,0	27,5	31,0	32,0	32,0
	(5,5)	(5,0)	(6,0)	(5,5)	(2,5)	(2,5)	(1,0)	(0)	(0)
Spann- weite	58	63	68	95	104	112	124	128	128,5
	(5)	(5)	(27)	(9)	(8)	(12)	(4)	(0,5)	(0)

3.3 Körpertemperatur

Die ersten Temperaturmessungen erfolgten bereits 4 Stunden nach dem Schlüpfen, als der Mutterbussard das Junge erstmals allein im Nest ließ. Zu diesem Zeitpunkt lag die Körpertemperatur bei $33,2^{\circ}$ (Umgebungstemperatur 22° C). Die nun täglich zu verschiedenen Zeiten durchgeführten Messungen ergaben einen ständigen Temperaturanstieg. Der Jungvogel war dabei mindestens 60 Minuten ohne Bedeckung durch den Altbussard. Zwischen dem 8.—10. Lebenstag stieg die Körpertemperatur bereits auf 38° C. An den darauf folgenden Tagen verringerte sich der Anstieg wieder. Die Körpertemperatur erreichte schließlich einen Mittelwert von $40,4^{\circ}$ C. In parallel dazu durchgeführten Versuchen wurde die Umgebungstemperatur auf 10° C erniedrigt (Belastungsdauer mindestens 60 Minuten). Dies hatte bis zu einem Alter von drei Wochen einen erheblichen Rückgang der Körpertemperatur zur Folge (Abb. 7). Unter Kältebelastung konnte der Jungbussard erst nach Überschreiten dieser Altersstufe seine Körpertemperatur regulieren. Zum Vergleich haben wir Temperaturmessungen an den beiden adulten Bussarden durchgeführt. Da bei den Cloacalmessungen auch die handzahmen Vögel erregt wurden, haben wir die Messungen auf mehrere Tage verteilt und nach

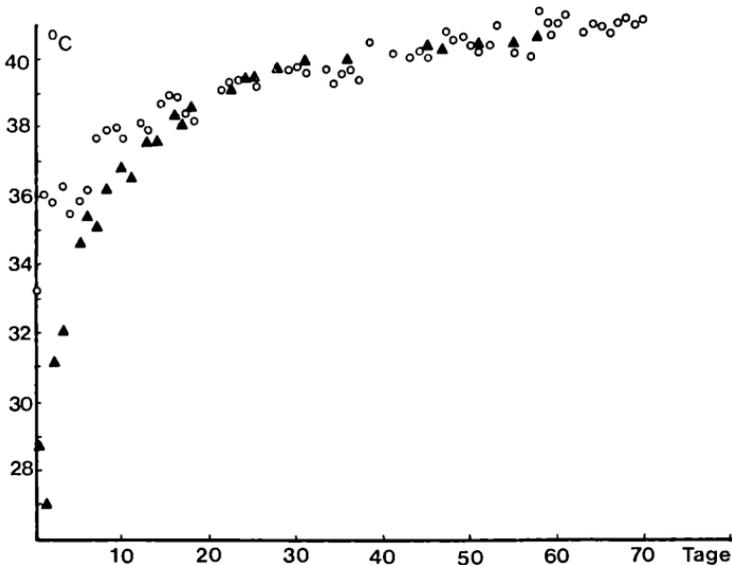


Abb. 7

Körpertemperaturen und Jugendentwicklung: ○ = bei normaler Umgebungstemperatur von 22° C; ▲ = nach mindestens 60 Min. Kältebelastung bei 10° C.

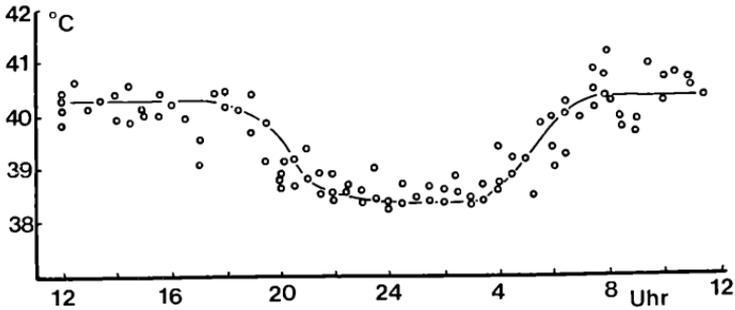


Abb. 8

Der tägliche Verlauf der Körpertemperatur bei den Alt-Bussarden im Normaltag (Beginn der Abenddämmerung 19.00, Ende der Morgendämmerung 5.30 Uhr, Raumtemperatur 22° C).

einem bestimmten Zeitprogramm vorgenommen, so daß zwischen den Messungen Ruheperioden lagen. In Abb. 8 ist der nach dieser Methode ermittelte Verlauf der Körpertemperatur in 24 Stunden dargestellt. Danach beträgt die tägliche Schwankung bei den Altvögeln ca. 2° C. Während der Abenddämmerung (Juli/August) stellen sich die niedrigsten Werte ein (38,5° C); im Morgengrauen, zwischen 4.00 bis 5.30 Uhr, steigt die Körpertemperatur bereits bis zu den Höchstwerten an (40,4° C).

3.4 Stoffwechsel

Alle Messungen (O_2 -Defizit und CO_2 -Anreicherung in der Atmungsluft) erfolgten in Plexiglasküvetten; der Luftdurchsatz betrug der Größe des Vogels entsprechend 20—60 l/h. Das Verhalten des jungen Bussards wurde gleichzeitig registriert. Die Mittelwerte des O_2 -Verbrauchs sind in Relation zum Alter des Vogels bei zwei verschiedenen Umgebungstemperaturen (24° und 10° C) in Abb. 9 dargestellt. In beiden Versuchsreihen stieg der O_2 -Verbrauch vom ersten bis zum 8. Tag ständig an (1,82 bis 2,58 ml O_2 /g/h). Nach dem 8. Lebenstag sank die Stoffwechselrate jedoch wieder rasch ab und vom 20. Tag an näherten sich die Werte dem Niveau der Altvögel (0,65 ml O_2 /g/h). Der unter Kältebelastung stehende Jungbussard übertraf vom 8.—10. Tag an die entsprechenden Stoffwechselwerte bei 24° C Umgebungstemperatur. Bis zum 8. Lebenstag lagen die unter Kältebedingungen ermittelten Werte stets niedriger als die Normalwerte (24° C). Anschließend war der Stoffwechsel bei Kälteeinwirkung deutlich erhöht. Die homoiotherme Stoffwechselreaktion ist deutlich zu erkennen.

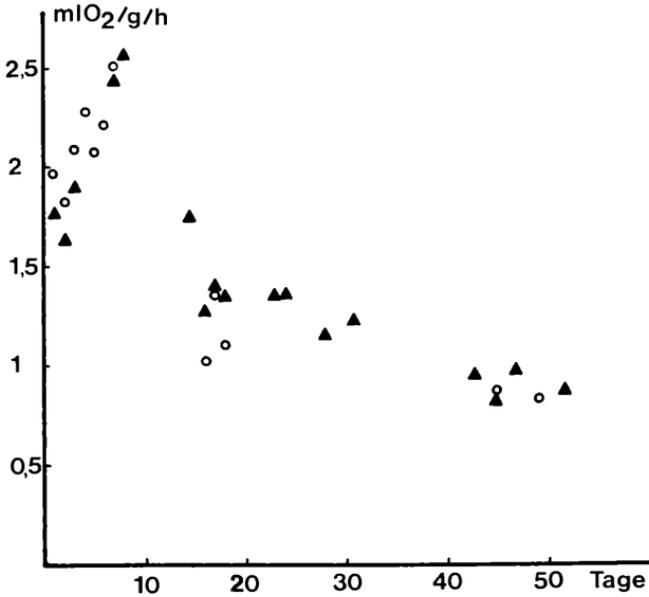


Abb. 9

Stoffwechselreaktion des Jungbussardes bei 24° C (○) und 10° C Umgebungstemperatur (▲) im Verlaufe der Jugendentwicklung.

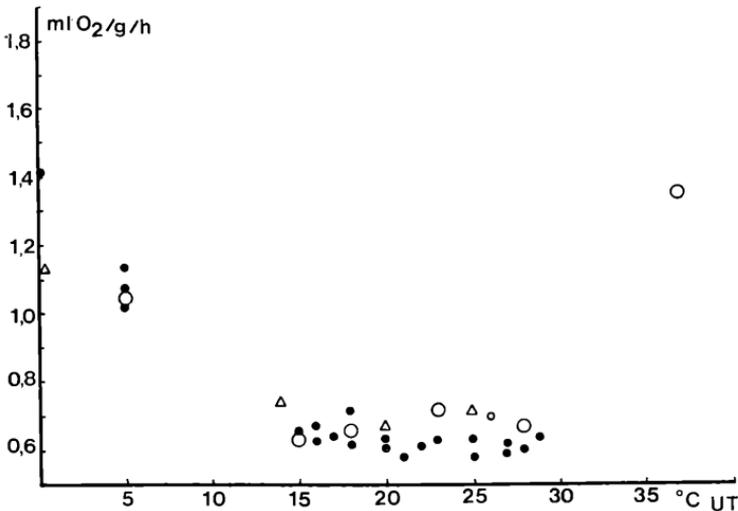


Abb. 10

Stoffwechselmessungen bei verschiedenen Umgebungstemperaturen (○ = Altvogel I, ● = Altvogel II, △ = Jungbussard).

Im Alter von 8 Wochen erreichte der Jungbussard Größe und Aussehen der Altvögel. Zu diesem Zeitpunkt haben wir seinen O_2 -Verbrauch in verschiedenen Temperaturbereichen geprüft und seine thermische Neutralzone ermittelt. Die Versuchsdauer betrug dabei jeweils 60—120 Minuten, in den Vergleichsversuchen mit den Altvögeln bis zu 4 Stunden. Es zeigte sich, daß die thermische Neutralzone bei allen drei Vögeln nun nahezu identisch war; sie erstreckt sich von 16—29° C. Der mittlere Basalstoffwechsel des Jungvogels beträgt in diesem Temperaturbereich 0,7 ml O_2 /g/h (Abb. 10). Unterhalb und oberhalb der kritischen Umgebungstemperaturen steigt der Stoffwechsel rasch an.

4. Diskussion

Ein Vergleich der Wachstumsraten (Körpergewicht und Gefieder) mit den entsprechenden Untersuchungen von HEINROTH 1933 und NIETHAMMER 1938) zeigt, daß unser Jungbussard ohne Störungen sein Adultgewicht und sein vollständiges Federkleid erhielt.

Der Mäusebussard schlüpft bereits mit einem ersten vollständigen Dunenkleid und mit offenen Augen. In Anbetracht der nun folgenden langen Nestlingszeit erfolgt die Entwicklung der Homiothermie erstaunlich rasch. Die ersten Anzeichen davon zeigen sich bereits nach 8 Lebenstagen, nach einem rapiden Wachstum des Jungvogels: Zwischen dem 8. und 10. Tag erreicht er ein Maximum im Stoffwechsel (2,58 ml O_2 /g/h). Vom 10. Tag an, nachdem ein 2. sehr dichtes und wolliges Dunenkleid den Körper bedeckt, sinkt die Stoffwechselrate ebenso rasch wieder ab bis schließlich das endgültige Niveau der Altvögel erreicht ist.

Unter Kälteeinwirkung liegt der O_2 -Verbrauch bis zum 8. Lebenstag deutlich unter den entsprechenden Werten bei 24° C Umgebungstemperatur. Auch die Körpertemperatur sinkt in diesem Zeitraum bei Kältebelastung stark ab. Hernach jedoch steigt der Stoffwechsel über die Vergleichswerte an. Von diesem Zeitpunkt an zeigt der Jungvogel eine homiotherme Stoffwechselreaktion. Sein Körpergewicht hat sich bis zum 10. Tag gegenüber dem 1. Lebenstag sechsfach und seine Körpertemperatur erreicht bei Umgebungstemperaturen um 22° den Bereich der Altvögel. Obwohl das Wachstum der Konturfedern zu diesem Zeitpunkt erst richtig in Gang kommt, sinkt die Körpertemperatur jetzt auch bei Kälteeinwirkung nur noch wenig. Zwei Ursachen kommen dafür in Frage: Das rapide Wachstum und die dadurch rasch veränderte Oberflächen/Volumenrelation; ferner die Ausbildung des wolligen Pelzdunenkleides und die nun heranwachsenden Konturfedern.

Der Schwankungsbereich der Körpertemperatur ist bei dem heranwachsenden Bussard wie bei den Altvögeln vom Ablauf des Tages

abhängig. Die von uns ermittelte Temperaturspanne von 38,5—40,4° C (adulte Vögel) liegt niedriger als die von DAWSON & HUDSON (1970) für die ganze Ordnung Falconiformes angeführte Schwankungsbreite der Körpertemperatur.

Bei dem 8 Wochen alten Bussard erstreckt sich die thermische Neutralzone von 16 bis 29° C; sie entspricht bereits der thermischen Neutralzone der Altbussarde. Der mittlere Basalstoffwechsel des Jungvogels beträgt 0,7 ml O₂/g/h; er liegt nur wenig über den entsprechenden Werten der Altbussarde und weicht von dem nach BRODY & PROCTER (1932) und KING & FARNER (1961) errechneten theoretischen Wert nur um 0,04 bzw. 0,09 ml O₂/g/h ab. Auch bei den beiden Altbussarden (Gewicht 1050 bzw. 1075 g ± 75 g) liegen die ermittelten Werte des Basalstoffwechsels (Mittel 0,65 ml O₂/g/h) nur geringfügig von den berechneten Werten entfernt.

Tiefe und hohe Umgebungstemperaturen lösten bei den Bussarden stets thermoregulatorisches Verhalten aus: Bei 13° C reagierten sie mit Aufplustern des Gefieders. Unterhalb von 10° C war deutlich Kältezittern zu bemerken. Nach Überschreiten der oberen kritischen Temperatur (30° C) versuchten die Bussarde ihr thermisches Gleichgewicht durch Hecheln zu erhalten. Bereits im Alter von 4 Wochen stand der junge Bussard dabei aufrecht am Nestrand oder hüpfte in der Voliere umher und begann mit den ersten Flugübungen. Als er seinen ersten wirklichen Flug unternahm, war die Entwicklung zur Homiothermie längst abgeschlossen.

Zusammenfassung

Ein handzahmer Bussard brütete unter Laborbedingungen und zog einen Jungvogel auf. Es gelang uns während der Jugendentwicklung das Wachstum zu registrieren, sowie die Körpertemperatur und den Stoffwechsel in regelmäßigen Abständen zu messen. Der frisch geschlüpfte Bussard wog 42 g; er trug bereits ein vollständiges 1. Dunenkleid. Nach der 2. Lebenswoche war auch das 2. Dunenkleid fertig ausgebildet. Das Körpergewicht hatte sich bis zum 10. Lebenstag gegenüber dem 1. Tag versechsfacht. Die Körpertemperatur des Jungvogels erreichte zwischen dem 8.—10. Tag 38° C. Unter Kälteeinwirkung (10° C) sank sie jedoch erheblich ab. Erst im Alter von 3 Wochen war sie endgültig stabilisiert. Der Sauerstoffverbrauch stieg bei Zimmertemperatur bis zum 8. Tag rapid an (1,82—2,58 ml O₂/g/h); anschließend sank er fast ebenso schnell wieder und näherte sich vom 20. Tag an allmählich dem Bereich der Altvögel. Unter Kältebelastung (10° C) übertraf der Sauerstoffverbrauch erstmals im Alter von 8—10 Tagen die entsprechenden Werte bei 24° C Umgebungstemperatur. Im Alter von 8 Wochen erreichte der Jungbussard Größe und Aussehen der Altvögel. Seine thermische Neutralzone lag zwischen 16—29° C. Sie ist mit der thermischen Neutralzone der Altvögel identisch. Der Basalstoffwechsel des Jungvogels und von zwei Altbussarden betrug 0,7 bzw. 0,65 ml O₂/g/h. Auf niedrige und hohe Umgebungstemperaturen reagierten die Bussarde mit thermoregulatorischem Verhalten.

Summary

Ontogeny of thermoregulation in the buzzard *Buteo b. buteo*

A tame female buzzard has bred under laboratory conditions. It was possible to study the development of a nestling from the day of hatching till the young bird left its nest and to measure body temperatures and metabolism at different age periods. The newly hatched nestling weighed 42 g; it was already completely covered by the first downs. After the second week a second downy coat was fully developed. The weight at the 10th day was already six times the weight at hatching. Between 8—10 days the body temperatures of the nestling reached about 38° C at an ambient temperature of 22° C. Exposure to cold (10° C) still caused a drop in body temperature. Only after three weeks the body temperature was completely stabilized. Oxygen consumption (ambient temperatures 22—24° C) increased rapidly till the 8th day (1,82—2,58 ml O₂/g/h), but decreased immediately afterwards and approached the level of the adults after about 20 days. After cold exposure (10° C) the oxygen consumption exceeded for the first time the comparable metabolism at ambient temperature of 24° C at an age-span between 8—10 days. When eight weeks old, the young bird reached the size and the appearance of the adult buzzards. Its thermoneutral zone lies between 16—29° C and is identical with that of the adults. The basal metabolic rate of the young buzzard was 0,7 ml O₂/g/h (adults 0,65). At ambient temperatures below the lower critical temperature and above the upper critical temperature the bird reacted with thermoregulatory behaviour.

Literatur

- BRODY, S. & R. C. PROCTER (1932): Growth and development, with special reference to domestic animals. XXIII. Relation between basal metabolism and mature body weight in different mammals and birds. Missouri Univ. Agr. Expt. Sta. Res. Bull. No. 166: 89—101.
- DAWSON, R. W. & J. W. HUDSON (1970): In „Comparative physiology of thermoregulation“ Vol. I, Invertebrates and nonmammalian vertebrates; birds (G. C. WHITTOU, ed.) p. 223—310, Academic Press, New York.
- HEINROTH, O. & M. (1928): Die Vögel Mitteleuropas. Bernmühler Verlag, Berlin-Lichterfelde.
- KING, J. R. & D. S. FARNER (1961): In „Biology and physiology of birds“ II, Energy metabolism, thermoregulation and body temperature. (A. J. MARSHALLED.) p. 215—288, Academic Press, New York.
- NIETHAMMER, G. (1938): Handbuch der Deutschen Vogelkunde, Bd. 2, Leipzig.

Anschrift der Verfasser:

Erich Jud und Prof. Dr. Erwin Kulzer, 74 Tübingen 1,
Auf der Morgenstelle 28, Institut für Biologie III, Lehrstuhl
Zoophysiologie, Arbeitsgruppe: Physiologische Ökologie

(Eingegangen am 5. 6. 1975)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: [14 3](#)

Autor(en)/Author(s): Jud Erich, Kulzer Erwin

Artikel/Article: [Ontogenese der Temperaturregulation beim Mäusebussard *Buteo b. buteo* \(Linne, 1758\) 261-272](#)