© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at
Die Vogelwarte 34, 1988: 260–266

Aus dem Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie

Eitemperatur verschiedener Gelegegrößen beim Star (*Sturnus vulgaris*) und mögliche Konsequenzen

Von Herbert Biebach

Einleitung

Zahlreiche Freilanduntersuchungen haben gezeigt, daß innerhalb einer Vogelart oder auch einer Population die Gelegegröße sehr unterschiedlich sein kann. Für diese Variationsbreite in der Gelegegröße wird eine Reihe von Hypothesen vorgeschlagen (Übersicht bei NUR 1986). Die am besten untersuchte stammt von LACK (1986) und besagt, daß die Gelegegrößen an die individuellen Möglichkeiten der Eltern (z. B. Revierqualität, HÖGSTEDT 1980; Kondition der Eltern, DRENT & DAAN 1980) bei der Aufzucht der Jungen angepaßt sind. Brutpaare, deren natürliche Brutgröße experimentell verkleinert oder vergrößert wurde, produzierten weniger Junge oder solche in schlechterer Kondition (Körpergewicht beim Ausfliegen) als Paare mit natürlicher Brutgröße (PERRINS & MOSS 1975, SCHIFFERLI 1978, HÖGSTEDT 1980, LOMAN 1980, SLAGSVOLD 1982). NUR (1986) hingegen fand bei Blaumeisen (*Parus caeruleus*) keine derartigen Unterschiede und folgerte, daß individuelle Gelege- oder Brutgrößen keine Anpassung an die Möglichkeiten zur Jungenaufzucht sind, sondern lediglich die unterschiedlichen Fähigkeiten eines ♀, Eier zu legen oder zu bebrüten widerspiegeln.

Damit stellt sich die Frage, welche Faktoren sich entweder für den brütenden Vogel oder das Gelege mit der Gelegegröße ändern und möglicherweise einen Einfluß auf die optimale Gelegegröße ausüben. In Bezug auf den Brutvogel steigen die energetischen Kosten des Bebrütens mit zunehmender Gelegegröße an (BIEBACH 1981, 1984, HAFTORN & REINERTSEN 1985, WEATHERS 1985) und die tägliche Zeitdauer, die der Vogel auf dem Gelege brütet, nimmt zu (BLAGOSKLONOV 1977). Werden dadurch, unabhängig von der Gelegegröße, konstante Bedingungen für die Eier erreicht, oder sind z. B. die Eitemperaturen von der Gelegegröße abhängig, und sind Konsequenzen für den Schlüpferfolg zu erwarten?

In der vorliegenden Arbeit wird ein für die Entwicklung der Embryonen wichtiger Faktor, die Eitemperatur in Abhängigkeit von der Gelegegröße beim Star (*Sturnus vulgaris*) untersucht.

Material und Methode

Eine Gruppe von zehn männlichen und zehn weiblichen Staren wurde ab Januar 1979 in einer 2×2×6 m großen Außenvoliere an der Vogelwarte Radolfzell gehalten.

Kükenaufzuchtfutter stand ad libitum zur Verfügung. Täglich wurde eine Hand voll Mehlwürmer gegeben und das Trinkwasser erneuert. Von den zehn vorhandenen Nistkästen (1,5 cm dickes Sperrholz, 17,5×19×21,5 cm) waren Mitte Juni neun besetzt. Von fünf Paaren wurde die natürliche Gelegegröße von vier oder fünf Eiern auf zwei, vier, sechs, acht und zehn Eier verändert. Vier Tage nach der Manipulation wurden die Eier dann gegen frisch gelegte bzw. Meßeier (s. u.) ausgetauscht und die Gelegetemperatur am Tag und in der Nacht gemessen. Mit einer Lichtschranke am Einschlupfloch wurde die Anwesenheit eines Vogels im Nistkasten erfaßt.

Eitemperaturen

Um das Verhalten der Brutvögel auf dem Gelege, wie z. B. Wenden der Eier, möglichst wenig zu stören, wurden kleine Temperaturtransmitter der Firma Mini-Mitter, Modell x, in natürliche Stareneier mit Hilfe von Gelatine eingebettet. Insgesamt standen fünf so ausgerüstete Meßeier mit unterschiedlicher Trägerfrequenz zur Verfügung, sodaß in dem 2er und 4er Gelege die Temperatur aller Eier simultan gemessen werden konnte, während in dem 6er, 8er und 10er Gelege jeweils ein, drei und fünf Eier nicht erfaßt wurden.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Pro Gelegegröße wurden die Eitemperaturen für zwei Stunden am Tag (16 bis 18 Uhr) und in der Nacht (22 bis 24 Uhr) alle zwei Minuten gemessen.

Jedes Meßei wurde vor und nach dem Versuch im Wasserbad geeicht. Die Meßgenaugikeit war besser als ±0,2 °C.

Gelegetemperaturen wurden berechnet als Mittelwert der Temperatur der Meßeier im Gelege, also z. B. bei einem 2er Gelege über zwei Eier, bei einem 8er Gelege aber nur über fünf Eier. Es wird angenommen, daß bei den großen Gelegen (6er, 8er und 10er Gelege) die Meßeitemperaturen repräsentativ für die nicht gemessenen Eier sind. Die Meßdaten in der Nacht stammen ausschließlich von ♀, am Tag von ♂

Auf eine statistische Analyse der Daten wurde verzichtet, da der Stichprobenumfang relativ gering ist und die Unabhängigkeit der einzelnen Temperaturmeßpunkte nicht gegeben ist.

Ergebnisse

Die mittlere Gelegetemperatur in der Nacht fällt mit zunehmender Gelegegröße von 37,1 °C bei zwei Eiern auf 35,7 °C bei zehn Eiern ab (Abb. 1). Am Tag wechseln Bebrütungsphasen und Ruhephasen der Vögel ab, sodaß die Eier ständig auskühlen und wieder aufgewärmt werden. Die Gelegetemperatur gemittelt über die gesamte Meßperiode am Tag, steigt bei Gelegen von zwei bis sechs Eiern zunächst an, fällt dann aber wieder ab und erreicht bei einem 10er Gelege lediglich 35,4 °C.

Berechnet man aufgrund dieser Messungen am Tag und in der Nacht die mittlere Temperatur, die ein Gelege über 24 Stunden hat, indem man für den Tag vierzehn und die Nacht zehn Stunden annimmt, so erreicht das 6er Gelege mit 36,5 °C die höchste Temperatur, während die Temperaturen der anderen Gelegegrößen deutlich niedriger liegen.

Tab. 1: Streuung der Eitemperatur bei verschiedenen Gelegegrößen

Gelegröße (Anzahl Eier)	Standardabweichung der Temperaturwerte aller Eier eines Geleges Tag	Nacht
2	0.84	0.34
4	0.48	0.37
6	0.78	0.67
8	0.52	0.69
10	1.32	1.14

Die Streuung der Eitemperaturen eines Geleges über die Zeit sind am Tag, bedingt durch die Abkühlphasen, größer als in der Nacht (Tab. 1). Mit zunehmender Gelegegröße nimmt die Streuung der Eitemperaturen in der Nacht zu (Abb. 2). Die Zunahme der Streuung ist zumindest zum Teil durch die Zunahme der inter-individuellen Streuung der Eitemperaturen in einem Gelege bedingt. Betrachtet man den Verlauf der Temperaturen einzelner Eier des 2er, 4er und 6er Geleges, so sind diese etwa auf demselben Niveau zwischen 36 und 37 °C und schwanken in etwa um denselben Betrag. In dem 8er Gelege und noch ausgeprägter in dem 10er Gelege jedoch sind die Temperaturen einiger Eier auf einem Niveau zwischen 36 und 37 °C, während andere Eier plötzlich auskühlen, Temperaturen bis unter 33 °C erreichen und dann wieder wärmer werden (Abb. 3). Stattdessen kühlt dann ein anderes Ei aus. Dieser Temperaturverlauf ist sicherlich durch die räumliche Anordnung der Eier im Bezug zum Brutfleck des brütenden Vogels bedingt und es liegt die Vermutung nahe, daß die auskühlenden Eier keinen direkten Kontakt zum Brutfleck haben, während bei den Eiern mit hohem Temperaturniveau der Wärmestrom direkt vom Brutfleck zu den Eiern fließt.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

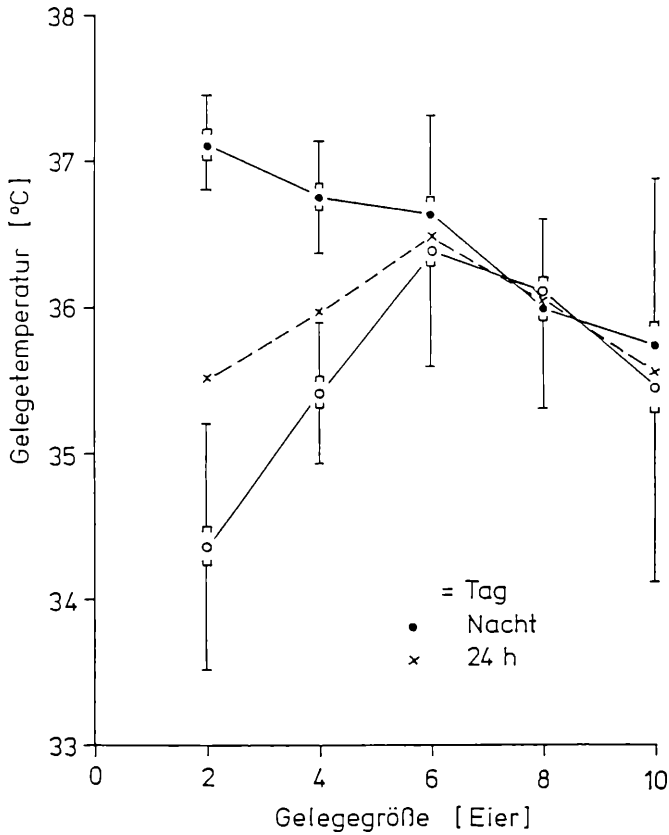

Abb. 1: Mittlere Gelegetemperatur am Tag (○), in der Nacht (●) und gemittelt über 24 h (x). Der Mittelwert über 24 h wurde berechnet, indem die mittlere Tagtemperatur mit der Tageslänge (10 h) und die mittlere Nachttemperatur mit der Nachtlänge (14 h) multipliziert und durch 24 geteilt wurde. Die eckigen Klammern um die Mittelwerte kennzeichnen die 95% Vertrauensgrenze (die Einzelmeßwerte wurden als unabhängig voneinander angenommen), die senkrechten Linien 1 x Standardabweichung.

Diskussion

LUNDY (1969) unterscheidet für Hühnereier (*Gallus domesticus*) drei verschiedene Temperaturbereiche, bei denen unterschiedliche Einflüsse auf den sich entwickelnden Embryo zu erwarten sind.

1. Den „optimalen" Temperaturbereich zwischen 37 und 38 °C, bei dem der Schlüpferfolg am größten ist.
2. Einen Temperaturbereich zwischen 35 und 25 °C, bei dem ein deutlich reduzierter Schlüpferfolg und Entwicklungsanomalien auftreten, und
3. den Bereich unter 25 °C, bei dem die Entwicklung gestoppt ist.

Lethale Ober- und Untergrenzen liegen bei 42 bis 48 °C und bei 0 °C (Eiskristallbildung). Die Temperaturangaben können für andere Arten beträchtlich abweichen; so wird z. B. für den Gabelschwanzsturmtaucher (*Oceanodroma furcata*) eine optimale Bruttemperatur von ca. 34 °C berichtet (FLECK & KENAGY 1980). Mittlere Eitemperaturen beim Zebrafink (*Poephila guttata*) von 35 °C führen hingegen nicht zu einer normalen Entwicklung der Embryonen (VLECK 1981).

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

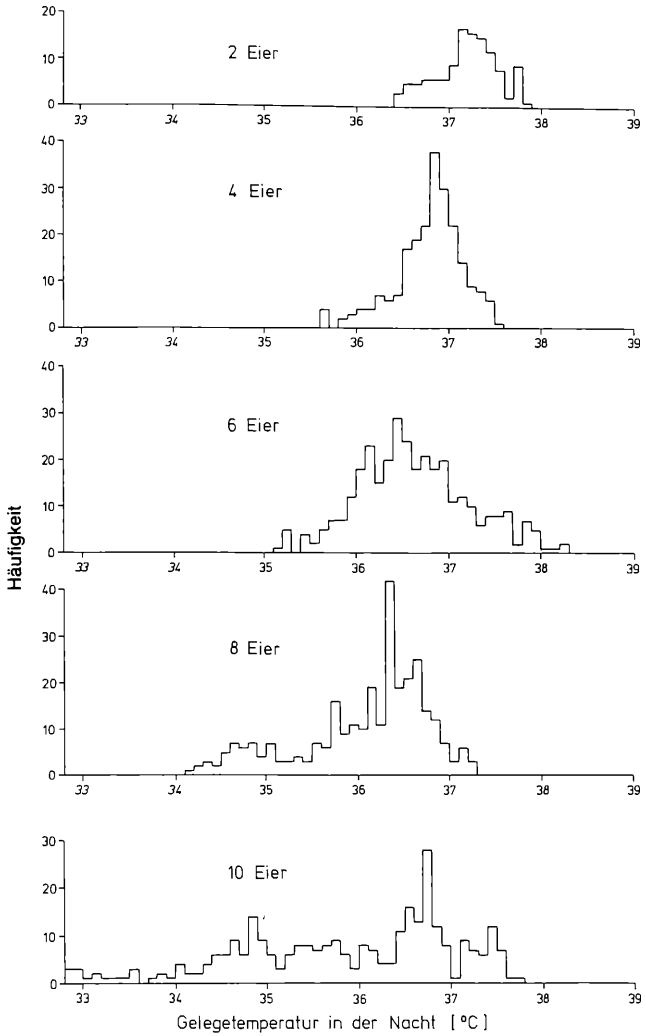

Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Eitemperaturen bei verschiedenen Gelegegrößen. Die Meßwerte stammen beim 2er und 4er Gelege von zwei bzw. vier Meßeiern, beim 6er, 8er und 10er Gelege von fünf Meßeiern pro Gelege.

Für den Star sind keine derartigen Temperaturangaben verfügbar. Man kann aber davon ausgehen, daß die in der vorliegenden Arbeit gemessenen Eitemperaturen auf jeden Fall deutlich unter der oberen lethalen Temperatur liegen. Folglich befinden sie sich entweder im optimalen Bereich oder in dem Bereich, in dem bereits mit einem reduzierten Schlüpferfolg zu rechnen ist. Außerdem ist die Stoffwechselrate und die Entwicklungsgeschwindigkeit des Embryos und damit die gesamte Entwicklungsdauer temperaturabhängig (Hoyt et al. 1978, Vleck & Kenagy 1980). Für die Frage nach der Bedeutung der unterschiedlichen Eitemperaturen bei verschiedenen Gelegegrößen kann man demnach davon ausgehen, daß mit höherer Temperatur die Vorteile zunehmen, sei es in Form einer schnelleren Entwicklungsgeschwindigkeit oder eines höheren Schlüpferfolges.

Die besten Temperaturbedingungen hat damit beim Star das 6er Gelege erfahren, das zusammen mit 5er Gelegen die häufigste Gelegegröße (70%) bei Erstbruten unter natürlichen Bedingungen ist (Kessel 1957, Schifferli 1964).

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

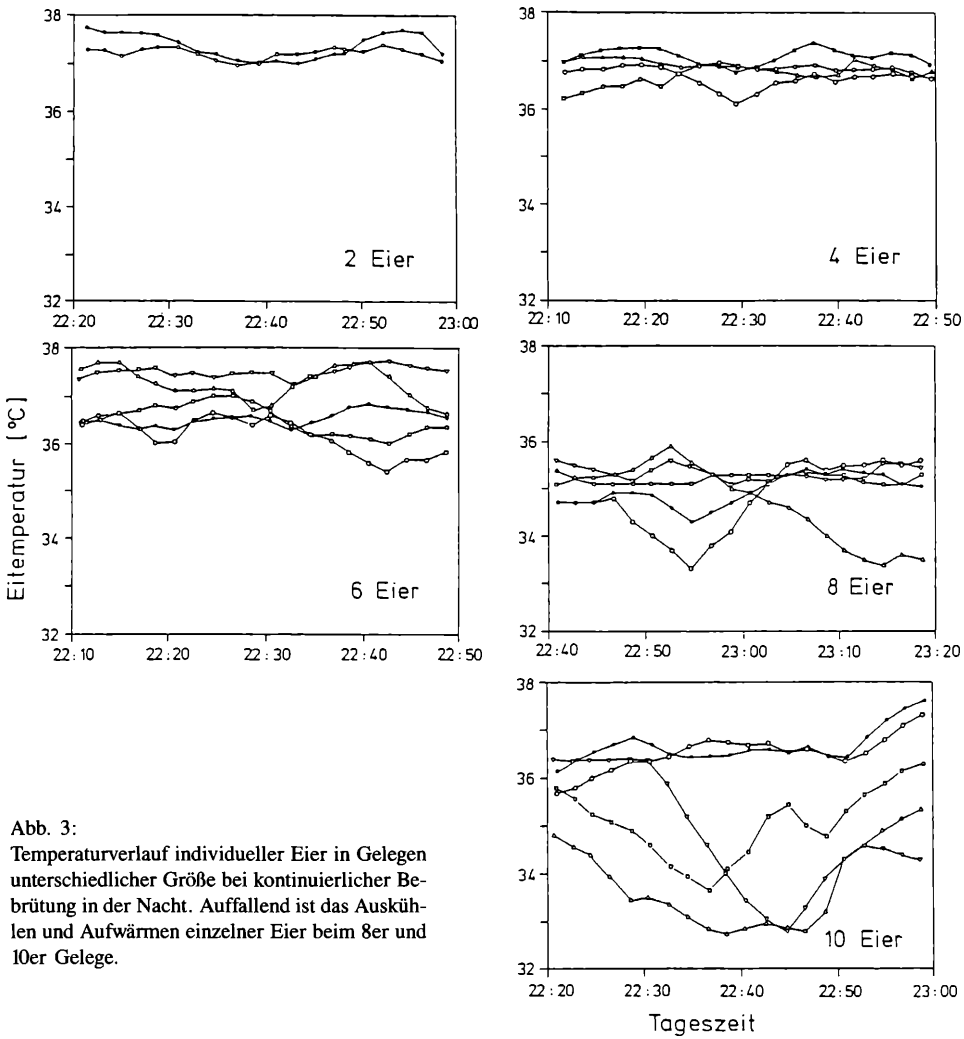

Abb. 3:
Temperaturverlauf individueller Eier in Gelegen unterschiedlicher Größe bei kontinuierlicher Bebrütung in der Nacht. Auffallend ist das Auskühlen und Aufwärmen einzelner Eier beim 8er und 10er Gelege.

Deutlich niedrigere 24-Stunden-Temperaturen von 2er und 4er Gelegen sind bedingt durch die Tagwerte, die wiederum im wesentlichen durch die Anzahl und Länge der Brutpausen bestimmt werden. Die Ursache dafür könnte sein, daß kleine Gelege schneller auskühlen als große, da das Oberflächen-Volumenverhältnis ungünstiger ist. Es ist jedoch nicht zu verstehen, warum die Stare unter den Käfigbedingungen mit ad libitum Futter nicht in der Lage sein sollten, bei kleineren Gelegen die Anzahl der Brutpausen zu verringern oder die Dauer der Brutpausen zu verkürzen, um damit diesen Effekt zu kompensieren und ähnlich hohe Tagtemperaturen zu erreichen wie bei dem 6er Gelege. Es ist denkbar, daß es sich hier um ein Artefakt der Volierenhaltung handelt, oder, daß die Investitionsbereitschaft bei so kleinen Gelegen reduziert ist. Entsprechende Messungen von Gelegetemperaturen freilebender Stare wären deshalb hier wünschenswert.

Die 24-Stunden-Temperatur für 8er und 10er Gelege ist im Vergleich zum 6er Gelege ebenfalls deutlich niedriger, in diesen Fällen aber bedingt durch die Tag- und Nachtwerte. In beiden Fällen

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

kommt die große Streuung der Daten dadurch zustande, daß aus räumlichen Gründen nicht alle Eier des Geleges die gleiche Wärmezufuhr erhalten können. In dem 8er Gelege ist von den fünf Meßeiern mindestens eines immer wesentlich kühler als der Rest der Eier (s. Abb. 3). Hochgerechnet auf alle acht Eier bedeutet dies, daß zwei davon deutlich kühler sind als der Rest. Entsprechend waren bei dem 10er Gelege mindestens zwei der fünf Meßeier auf einem niedrigeren Temperaturniveau, was hochgerechnet auf die zehn Eier, vier kühlere erwarten läßt. Die Daten von den 6er, 8er und 10er Gelegen sprechen also dafür, daß ein Star in der Lage ist, sechs Eier auf einem relativ einheitlich hohen Temperaturniveau zu halten, die über sechs hinausgehenden Eier im Gelege sind aber deutlich kühler. Durch eine Lageveränderung der Eier im Gelege oder durch eine andere Positionierung des brütenden Vogels relativ zu den Eiern wird erreicht, daß über einen längeren Zeitraum gemessen alle Eier eines Geleges mit mehr als sechs Eiern mal zum höheren und mal zum niedrigeren Temperaturniveau gehören und somit im Mittel eine Temperatur erfahren, die zwischen beiden Niveaus liegt.

Damit könnte neben den zusätzlichen energetischen Kosten für den Brutvogel bei zunehmender Gelegegröße (Biebach 1981, 1984; Weathers 1985) die diskutierten Kontaktprobleme zwischen Brutfleck und Eiern bei großen Gelegen ein weiterer Faktor sein, der einen negativen Einfluß auf die Evolution großer Gelegegrößen ausübt und möglicherweise die optimale Gelegegröße beeinflußt.

Zusammenfassung

An verschieden großen Gelegen des Stars wurden die individuellen Eitemperaturen am Tag und in der Nacht telemetrisch erfaßt. In der Nacht sank die mittlere Gelegetemperatur mit zunehmender Gelegegröße ab. Am Tag stieg sie mit zunehmender Gelegegröße zunächst an und fiel dann wieder ab. Zwei Faktoren werden dafür verantwortlich gemacht: 1. die Zahl und Dauer der Brutpausen am Tag und 2. begrenzende Faktoren beim Wärmeübergang zwischen Brutfleck und Eiern. Die höchste mittlere Gelegetemperatur über 24 Stunden wird für das 6er Gelege bestimmt. Mögliche Konsequenzen für die Ablage der optimalen Gelegegröße werden diskutiert.

Summary

Egg temperatures of different clutch sizes in Starlings (*Sturnus vulgaris*) and possible consequences

The individual egg temperatures in clutches of 2 to 10 eggs of Starlings (*Sturnus vulgaris*) has been measured by help of small transmitters. During the night the mean clutch temperature declined with increasing clutch size, whereas during the day it increased up to a clutch size of 6 and then declined. Two factors are responsible for these temperature changes: 1. the amount and duration of the inattentive periods during the day and 2. a reduced heat transfer between the brood patch and the eggs in big clutches. The highest mean temperature during day and night was found in clutches of 6 eggs. Consequences for an optimal clutch size are discussed.

Literatur

Biebach, H. (1981): Energetic costs of incubation on different clutch sizes in starlings (*Sturnus vulgaris*). Ardea 69: 141–142. * Biebach, H. (1984): Effect of clutch size and time of day on the energy expenditure of incubating starlings (*Sturnus vulgaris*). Physiol. Zool. 57: 26–31. * Blagosklonov, K. N (1977): Experimental analysis of the rhythm of incubation in the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). Sov. J. Ecol. 8: 340–344. * Drent, R. H. & S. Daan (1980): The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. Ardea 68: 225–252. * Haftorn, S. & R. E. Reinertsen (1985): The effect of temperature and clutch size on the energetic cost of incubation in a freeliving blue tit (*Parus caeruleus*). Auk. 102: 470–478. * Högstedt, G. (1980): Evolution of clutch size in birds: adaptive variation in relation to territorial quality. Science 210: 1148–1150. * Hoydt, D. F., D. Vleck & C. M. Vleck (1978): Metabolism of avian embryos: ontogeny and temperature effects in the ostrich. Condor 80: 265–271. * Kessel, B. (1957): A study of the breeding biology of the European starling (*Sturnus vulgaris*) in North America. The American Midland Naturalist 58: 257–331. * Lack,

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

D. (1966): Population studies of birds. Oxford Univ. Press, London. * Loman, J. (1980): Brood size optimization and adaption among hooded crows *Corvus corone*. Ibis 122: 494–500. * Lundy, H. (1969): A review of the effects of temperature, humidity, turning and gaseous environment in the incubator on the hatchability of the hen's egg. In: CARTER, T.C. & B.M. FREEMAN: The fertility and hatchability of the hen's egg, 143—176. Oliver & Boyd, Edingburgh. * Nur, N. (1986): Is clutch size variation in the blue tit (*Parus caeruleus*) adaptive? An experimental study. J. Anim. Ecol. 55: 983–999. * Perrins, C.M. & D. Moss (1975): Reproductive rates in the great tit. J. Anim. Ecol. 44: 659–706. * Schifferli, A. (1964): *Sturnus vulgaris*. In: Schweizerische Vogelwarte Sempach: Die Brutvögel der Schweiz, 577–581. Aargauer Tagblatt AG, Aargau. * Schifferli, L. (1978): Experimental modification of brood size among house sparrows, *Passer domesticus*. Ibis 120: 365–369. * Slagsvold, T. (1982): Clutch size, nest size, and hatching asynchrony in birds: experiments with the fieldfare (*Turdus pilaris*). Ecology 63: 1389–1399. * Vleck, C.M. (1981): Energetic cost of incubation in the zebra finch. Condor 83: 229–237. * Vleck, C.M. & G.J. Kenagy (1980): Embryonic metabolism of the fork-tailed storm petrel: physiological pattern during prolonged and interrupted incubation. Physiol. Zool. 53: 32–42. * Weathers, W.W (1985): Energy cost of incubation in the canary. Comp. Biochem. Physiol. 81A: 411–413.

Anschrift des Verfassers:
Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Vogelwarte, D-8138 Andechs.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde

Jahr/Year: 1987/88

Band/Volume: 34_1987

Autor(en)/Author(s): Biebach Herbert

Artikel/Article: Eitemperatur verschiedener Gelegegrößen beim Star (Stumus vulgaris) und mögliche Konsequenzen 260-266