

Sweden. Vår Fågelvärld, Suppl. 7, Stockholm. ● Eggers, J. (1972): Ornithologischer Jahresbericht 1970 für das Hamburger Gebiet. Hamburger avifaun. Beitr. 10: 115—176. ● Ders. (1975): Zur Siedlungsgeschichte der Hamburger Vogelwelt. Hamburger avifaun. Beitr. 13: 13—72. ● Freitag, F. (1935): Über Beringung und Beobachtung von Weißen Bachstelzen am Schlafplatz im Frühjahr. Vogelring 7: 16—17. ● Fuchs, W. (1952): Schlafplatz von Bachstelzen während der Brutzeit. Orn. Beob. 49: 99. ● Gassling, K.-H. (1977): Bachstelze (*Motacilla alba*) übernachtet in Gewächshäusern. Charadrius 13: 99—100. ● Gebhardt, L., & W. Sunkel (1954): Die Vögel Hessens. W. Kramer, Frankfurt/Main. ● Geyr von Schweppenburg, H. Frh. (1941): Schlafgesellschaft von *Motacilla alba*. Der Vogelzug 12: 88—89. ● Goethe, F. (1934): Massenschlafplätze der Weißen Bachstelze (*Motacilla a. alba* L.). Der Vogelzug 5: 183—188. ● Grosskopf, G. (1968): Die Vögel der Insel Wangerooge. Mettcker & Söhne, Jever (Oldb.). ● Jacoby, H., G. Knöttsch & S. Schuster (1970): Die Vögel des Bodenseegebietes. Orn. Beob. 67, Beiheft. ● Mester, H. (1958): Ein Bachstelzenschlafplatz zur Brutzeit. Vogelwelt 79: 57. ● Niethammer, G. (1937): Handbuch der deutschen Vogelkunde, Bd. 1. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig. ● Salomonsen, F. (1967): Fugletraekket og dets gæder. Munksgaard, Kopenhagen. ● Schuster, L. (1935): Nochmals: Massenschlafplätze der Weißen Bachstelze (*Motacilla alba*). Vogelzug 6: 119—122. ● Törne, H. von (1933): Merkwürdiger Massenschlafplatz von Bachstelzen (*Motacilla alba*) im vermutlichen Winterquartier. Vogelzug 4: 156—158. ● Ulfstrand, S., G. Roos, T. Alerstam & L. Österdahl (1974): Visible Bird Migration at Falsterbo, Sweden. Vår Fågelvärld, Suppl. 8, Lund. ● Volkmann, G. (1957): Die Erstankunft der Weißen Bachstelze (*Motacilla alba*) in Deutschland in den Jahren 1948—1956. Orn. Mitt. 9: 61—66. ● Westernhagen, W. von (1957): Planbeobachtungen des Vogelzuges, Herbst 1955 im Raum der Nord- und Ostsee. Mitt. d. Faun. Arbeitsgem. f. Schleswig-Holstein, Hamburg u. Lübeck 10: 17—55.

Anschriften der Verfasser: Günther Busche, Hochfelder Weg 49, 2240 Heide; Dietrich Meyer, Amselstraße 13, 22 Elmshorn.

Die Vogelwarte 29, 1978: 261—268

Die Bedeutung der Beine für die Temperaturregulation bei Haussperling (*Passer domesticus*) und Zebrafink (*Taeniopygia guttata castanotis*)

Von Claus Heisler

1. Einleitung

Die Temperaturregulation, vor allem die Abgabe überschüssiger Wärme, stellt bei allen Vogelarten ein Problem dar. Die Vögel besitzen — mit Ausnahme der Bürzeldrüse — keine Hautdrüsen. Sie haben also keine Schweißdrüsen, deren Ausscheidungen durch Verdunstungskälte eine Abkühlung bewirken könnten. Das Federkleid verhindert zum großen Teil eine Evaporation durch die Haut hindurch (RANDALL 1943). Um überschüssige Körperwärme abzugeben, sind exponierte Körperanhänge, wie die unbefiederten distalen Abschnitte der Beine sehr geeignet. Nach ASCHOFF & WEVER (1958 b) sind Extremitäten nach ihrer Geometrie und auf Grund physiologischer Mechanismen besonders gut zur Wärmeabgabe geeignet:

- Die vom Körperkern herantransportierte Wärme verteilt sich am distalen Ende der Extremitäten auf eine im Verhältnis zum Volumen große Oberfläche.
- Die äußeren Wärmeübergangszahlen sind hier überdurchschnittlich groß, da die Durchmesser der wärmeabgebenden Strukturen klein sind.
- Die Durchblutung ist in weiteren Grenzen regelbar als die anderer Körperteile.
- Die Anordnung von Arterien und Venen in der Extremität macht es möglich, Wärme über einen Kurzschluß auszutauschen.

Daß die Beine der Vögel bei der Temperaturregulation große Bedeutung haben, zeigt die Tatsache, daß die Bewohner arktischer Gebiete befiederte Beine haben (STEEN & STEEN 1964). Tropische und arktische Vögel stehen vor ähnlichen Problemen. Beide Gruppen leben in Gebieten mit extremer Temperaturlage. Da aber nach MORRISON & RYSER (1952) und IRVING & KROG (1954) die Körpertemperaturen bei tropischen und arktischen Arten gleich hoch sind, kann daraus geschlossen werden, daß ein und derselbe Mechanismus bei beiden Gruppen für die Temperaturregulation verantwortlich ist.

Um bei niedrigen Außentemperaturen möglichst wenig Wärme über die ungeschützten Beine zu verlieren, gibt es nach SCHOLANDER (1958) drei Möglichkeiten: a) Abnahme des Temperaturgradienten, b) Zunahme der Isolierung und c) Zunahme der Wärmeproduktion. Möglichkeit b) und c) scheiden aus. Eine erhöhte Wärmeproduktion ist nur begrenzt möglich und die Isolierung kann nicht ständig verändert werden. Die Herabsetzung des Temperaturgradienten, also die Verringerung des Unterschiedes zwischen Außentemperatur und der Binnentemperatur im Bein, ist der Hauptfaktor der Wärmeerhaltung.

Das in den Arterien in das Bein hineinfließende Blut muß vorgekühlt werden, das in den Venen zurückkehrende muß wieder aufgeheizt werden. Hierfür sind zwei Einrichtungen denkbar: Einmal könnte die Blutmenge reguliert werden. JOHANSEN & TØNNESSEN (1969) haben bei Möwen eine Änderung des Blutflusses in Perioden von 10 bis 30 Minuten beobachtet, wobei die Temperatur im Fuß konstant bei 4°C blieb. Zwischen Arterie und Vene könnten hierzu Anastomosen ausgebildet sein. Als zweite Möglichkeit könnte der Wärmeaustausch zwischen eng benachbarten Arterien und Venen nach dem Gegenstromprinzip, also ohne direkte Gefäßverbindung, erfolgen. GOLENHOFEN (1968) bezeichnet diese Art des Wärmeaustausches als „Diffusions-Shunt“.

Diese Arbeit soll zur Klärung beitragen, ob tropische Vogelarten und Arten aus gemäßigten Breiten auf bestimmte äußere Temperaturbedingungen in gleicher Weise reagieren oder ob es Unterschiede gibt. Außerdem soll geprüft werden, ob beide Gruppen denselben Mechanismus benutzen.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an je einer tropischen Vogelart und einer der gemäßigten Breiten durchgeführt. Als tropische Art diente mir der zur Familie der Prachtfinken (Spermestidae sive Estrildidae) gehörende Zebrafink *Taeniopygia guttata castanotis*. Die Zebrafinken wurden mir von Herrn Professor Immelmann, Bielefeld, aus seiner Zucht zur Verfügung gestellt. Als Vertreter der Vögel der gemäßigten Breiten wurden die Untersuchungen am Haussperling *Passer domesticus*, der zu den Webervögeln (Ploceidae) gehört, durchgeführt. Bei den Haussperlingen handelte es sich um in Fallen gefangene Wildtiere.

Zur Messung der Temperatur wurde ein Kupfer-Konstantan-Thermoelement benutzt. Die Drähte hatten einen Durchmesser von je 0,2 mm. In den Kupferdraht wurde ein Millivoltmeter der Firma Knick eingeschaltet. Bei dem von mir benutzten Thermoelement Kupfer gegen Konstantan beträgt die Thermospannung 40 µV/°C. Im Versuch wurde die eine Lötstelle in Eiswasser konstant auf 0°C gehalten, die andere wurde als Meßsonde an dem Ort, an dem die Temperatur gemessen werden sollte, eingestochen.

Um den Vogel flugunfähig zu machen, wurde ihm eine Binde um den Körper gelegt. Der so behandelte Vogel wurde nun in die Versuchsapparatur eingesetzt. Diese bestand aus zwei Abteilungen: Die obere Kammer konnte mit zwei Glühlampen beheizt werden, in die untere wurde entweder Eiswasser oder warmes Wasser gegeben. Beide Kammern waren durch ein Sperrholzbrett getrennt. Auf diesem Sperrholzbrett saß das Versuchstier. Auf diese Weise war es möglich, Vogelkörper und Vogelbeine getrennt unterschiedlichen Bedingungen auszusetzen.

Die Versuchsanordnung ist in Abb. 1 skizziert. Folgende Versuchsbedingungen wurden gewählt und hierbei die Temperatur an bestimmten Stellen der Beine gemessen. a) Die Füße des Vogels hängen in Luft von Zimmertemperatur, der Körper ist von erwärmter Luft umgeben. b) Die Füße des Vogels tauchen in Wasser einer bestimmten Temperatur ein, während sich der Körper in Luft von Zimmertemperatur befindet. Außer den Messungen unter den genannten Bedingungen wurde auch noch der Temperaturgradient am Bein des Vogels unter Zimmertemperaturbedingungen bestimmt. Die Temperaturmessungen wurden an acht Zebrafinken und acht Haussperlingen durchgeführt.

Um den Bau des Blutgefäßsystems der Beine zu untersuchen, wurden Paraffinschnitte von 10 µm Dicke hergestellt. Das Material wurde in Bouin'scher Lösung fixiert und in Äthylendiamin-Tetraessigsäure entkalkt. Die Schnitte wurden dann der Azanfärbung nach Haidenhain unterworfen. Für die histologischen Untersuchungen wurden jeweils 2 Tiere verwendet.

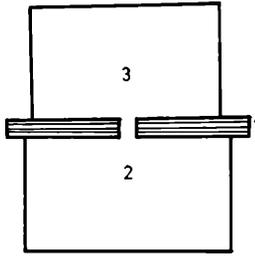


Abb. 1: Versuchsanordnung. 1 = Sperrholz Brettchen mit Bohrung für die Beine. 2 = Gefäß für das Wasserbad. 3 = Mit 2 Glühlampen beheizbarer Behälter.

3. Ergebnisse

3.1. Haussperling

Als erste Messung wurde der Temperaturgradient am Bein bestimmt. Das gesamte Bein unterhalb des Gelenks zwischen Femur und Tibiotarsus bis hinunter zum Fußansatz wurde mit dem Thermoelement abgetastet (Abb. 2). Körper und Beine des Vogels befanden sich in Luft von 22°C. Es stellte sich heraus, daß die Temperatur entlang des Tibiotarsus zum Intertarsalgelenk hin stetig abnimmt. Unterhalb dieses Gelenks bleibt die Temperatur am Tarsometatarsus konstant. Die Abnahme der Temperatur vom Meßpunkt am proximalen Ende des Tibiotarsus bis zum Meßpunkt direkt unterhalb des Intertarsalgelenks beträgt für alle sechs Kurven im Durchschnitt 3,7°C pro Zentimeter. Im Bereich des unbefiederten und somit ungeschützten Tarsometatarsus fällt die Temperatur nur noch um 0,5°C pro Zentimeter.

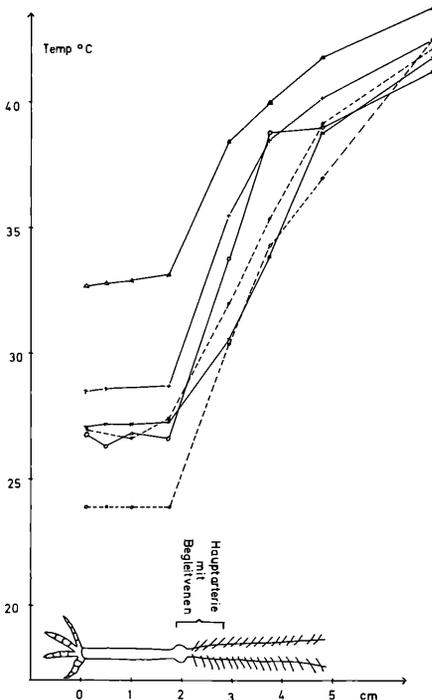


Abb. 2: Haussperling. Temperaturgradient am Bein.

Nun wurden Messungen unter verschiedenen Außenbedingungen durchgeführt. Die Umgebungstemperatur des Vogelkörpers wurde durch Einschalten der Glühbirnen im oberen Versuchsabteil erhöht; die Beine hingen in Luft von Zimmertemperatur ($24,3^{\circ}\text{C}$). Das Thermolement war in der Mitte vom Tarsometatarsus eingestochen; mit einem zweiten wurde die Temperatur in der Kloake gemessen (Abb. 3). Die Umgebungstemperatur des Vogelkörpers wurde auf 38°C erhöht. Die Kloakentemperatur und die Temperatur im Tarsometatarsus zeigen bei normaler Umgebungstemperatur einen konstanten Wert. Wird nun die Umgebungstemperatur des Vogelkörpers erhöht, so steigt auch die Temperatur im Tarsometatarsus an; die Körpertemperatur nimmt nur geringfügig zu.

Danach sollte der Einfluß auf die Binnentemperatur im Tarsometatarsus untersucht werden, wenn die Füße des Vogels in Eiswasser von 0°C eintauchen. Die Meßstelle lag direkt oberhalb des Fußes, tauchte aber nicht mit in das Wasser ein (Abb. 4). Auch hier ist eine sofortige Anpassung der Temperatur im Tarsometatarsus (T_{Ta}) an die der Umgebung zu erkennen. Sobald die Außentemperatur der Füße durch das Eintauchen in das Wasser sinkt, nimmt die Temperatur im Tarsometatarsus ab. (Eintauchen und Entfernen der Füße aus dem Wasser ist im Diagramm durch Pfeile kenntlich gemacht). Die Körpertemperatur (T_b) bleibt konstant. Der Grad der Temperaturabnahme im Tarsometatarsus wird durch die Außentem-

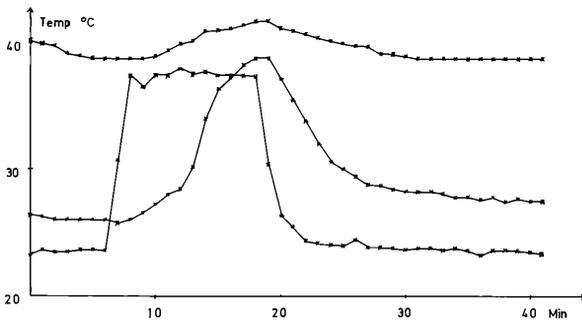


Abb. 3: Haussperling. Temperaturverlauf an einem Meßpunkt im Tarsometatarsus bei erhöhter Temperatur der Umgebung des Vogelkörpers; Messung an einem Tier. T_b = Körpertemperatur. T_a = Temperatur der Umgebung des Vogelkörpers. T_{Ta} = Temperatur im Tarsometatarsus.

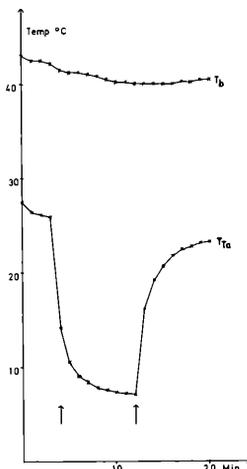


Abb. 4: Haussperling. Temperatur im Tarsometatarsus (T_{Ta}), beim Eintauchen der Füße in Eiswasser. T_b = Körpertemperatur. Die Pfeile markieren den Zeitpunkt des Eintauchens bzw. Entfernens der Füße aus dem Eiswasser.

peratur bestimmt. Beim Eintauchen der Füße in Leitungswasser von 12°C z. B. ist er wesentlich geringer.

Die histologischen Untersuchungen des Blutgefäßsystems der Beine ergab, daß in einem Bereich von 7 mm proximal des Intertarsalgelenks viele Blutgefäße dicht nebeneinander verlaufen. Die Hauptarterie ist hier von mehreren Begleitvenen umgeben. Die Venen liegen Wand an Wand mit der Arterie. Anastomosen zwischen Arterie und Vene konnten in diesem Bereich nicht nachgewiesen werden.

3.2. Zebrafink

Am Zebrafinken wurden die gleichen Temperaturmessungen durchgeführt wie beim Haussperling. Die Messung des Temperaturgradienten am Bein ergab einen ähnlichen Verlauf (Abb. 5). Körper und Beine des Vogels befanden sich in Luft von 22°C. Die Temperatur nimmt bis zum Intertarsalgelenk hin stetig ab und bleibt dann unterhalb davon konstant. Sie sinkt von 35,9°C am proximalen Ende des Tibiotarsus auf 28,1°C unterhalb des Intertarsalgelenks; sie nimmt also um 5,2°C pro Zentimeter ab.

Dann wurde die Körperumgebungstemperatur (T_a) auf 41°C aufgeheizt. Sobald die Glühbirnen eingeschaltet wurden, nahm die Temperatur im Tarsometatarsus zu; sie stieg von 26°C auf 31°C. Nach Beendigung der Heizperiode fällt die Temperatur wieder auf ihren Ausgangswert zurück (Abb. 6).

Abb. 7 zeigt die Abhängigkeit der Temperatur im Tarsometatarsus von der Umgebungstemperatur der Füße; sie tauchen hierbei in Eiswasser ein, der Körper ist von Luft von 22°C umgeben. Auch hier fällt die Binnentemperatur im Tarsometatarsus sogleich ab, als die Füße in das Eiswasser getaucht wurden. Die Binnentemperatur liegt nur um wenige Grade über der Außentemperatur, in der sich die Füße befinden. Die histologischen Untersuchungen des Blutgefäßsystems der Beine erbrachten ein ähnliches Bild wie beim Haussperling. Auch beim Zebrafink ist die Hauptarterie in einem Bereich von 6 mm proximal des Intertarsalgelenks von

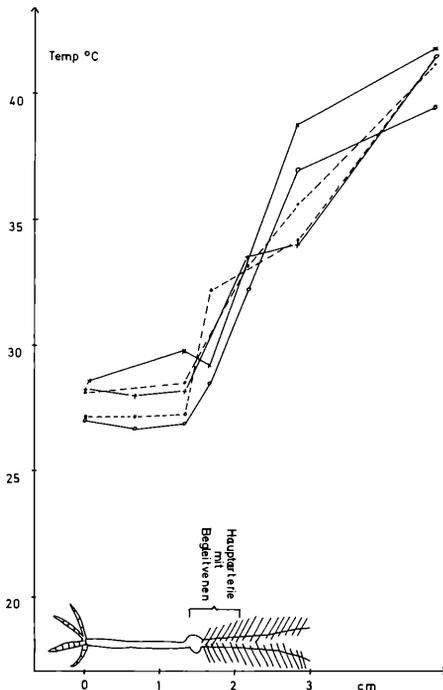


Abb. 5: Zebrafink. Temperaturgradient am Bein.

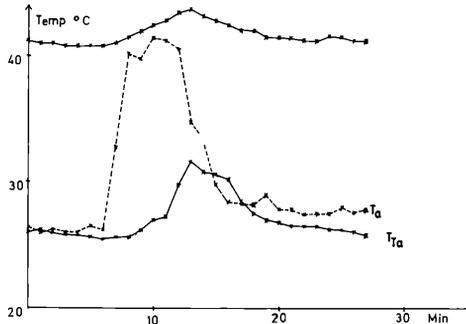


Abb. 6: Zebrafink. Temperaturverlauf im Tarsometatarsus bei Erhöhung der Temperatur der Körperumgebung. (Bezeichnungen wie in Diagramm 3). Messung an einem Tier.

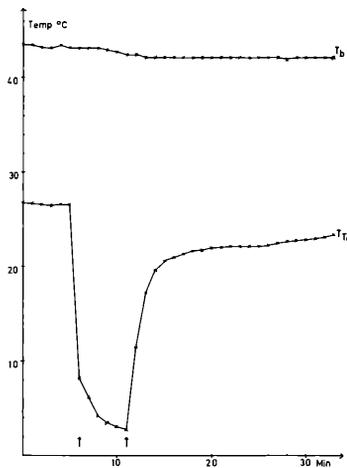


Abb. 7: Zebrafink. Abhängigkeit der Temperatur im Tarsometatarsus (T_{Ta}) von der Umgebungstemperatur der Füße, die in Eiswasser eintauchen. T_b = Körpertemp. Die Pfeile markieren den Zeitpunkt des Eintauchens bzw. Entfernens der Füße aus dem Eiswasser.

Begleitvenen umgeben. Diese Venen haben Wandkontakt zur Arterie. Im gesamten übrigen Bein verlaufen Arterie und Venen getrennt. Arterio-venöse Anastomosen wurden beim Zebrafinken in diesem Bereich nicht gefunden.

4. Diskussion

Wie die Ergebnisse zeigen, reagieren Haussperling und Zebrafink auf bestimmte äußere Temperatureinflüsse in vergleichbarer Weise. Die histologischen Untersuchungen des Blutgefäßsystems der Beine ergaben, daß bei beiden Vogelarten das Blutgefäßsystem gleich gebaut ist; somit muß auch der Wärmeaustauschmechanismus gleich sein.

Da nach STEEN & STEEN (1964) vor allem die arktischen Arten befiederte Beine haben, muß dieser Faktor der Wärmeabgabe für alle anderen Vogelgruppen recht bedeutsam sein. So haben JONES & JOHANSEN (1973) bei Möwen und Reiher festgestellt, daß die meiste überschüssige Wärme über die Beine abgegeben wird. KAHL (1963) machte bei seinen Untersuchungen an *Mycteria americana* die Beobachtung, daß sich die Tiere, um den

Wärmeverlust am Bein zu erhöhen, dünnflüssige Exkrete an die Beine spritzen; er bezeichnet dieses Verhalten als „Urohidrosis“. Nach KAHL (1963) ist die Beintemperatur bei hohen Außentemperaturen nur um wenige Grade geringer als die Körpertemperatur, bei niedrigen Außentemperaturen nimmt die Beintemperatur sofort proportional zur Temperaturdifferenz zwischen Körper und Luft ab.

Diese Befunde von KAHL decken sich mit meinen Ergebnissen von Haussperling und Zebrafink. Bei geringen Umgebungstemperaturen stellte ich eine Annäherung der Temperatur im Tarsometatarsus an diese niedrige Außentemperatur fest. Hierdurch wird bewirkt, daß der Vogel einen nur geringen Wärmeverlust erleidet, da der Unterschied zwischen Außentemperatur und Binnentemperatur im Bein sehr klein ist. Bei hohen Außentemperaturen wird dieser Unterschied größer, da sich die Temperatur im Tarsometatarsus der Körpertemperatur nähert; es wird verstärkt Wärme abgegeben. Da die Veränderungen unmittelbar den Schwankungen der Umgebungstemperatur folgen, ist es dem Vogel also möglich, den Wärmeverlust an den Beinen, je nach den Erfordernissen, durch Veränderung der Blutzufuhr und der Strömungsgeschwindigkeit aktiv zu regulieren.

Nach JONES & JOHANSEN (1973), die an Reihern und Möwen arbeiteten, haben Vögel Anastomosen in den Zehen und Schwimnhäuten, nicht dagegen im befiederten Teil der Beine. Auch ich konnte hier arterio-venöse Anastomosen bei Haussperling und Zebrafink nicht feststellen. Bei beiden Arten verlaufen aber in einem begrenzten Bereich oberhalb des Intertarsalgelenks, also genau an der Grenze der Beinbefiederung und durch diese gegen Außeneinflüsse weitgehend abgeschirmt, mehrere Venen unmittelbar neben der Hauptarterie. Auch KAHL (1963) beschreibt arterio-venöse Netze bei *Mycteria americana* an der Grenze der Beinbefiederung; diese liegt bei diesem Vogel aber weit oberhalb des Intertarsalgelenks.

Durch die direkte Berührung von Arterie und Vene wird ein Wärmeaustausch auf Grund des Gegenstromprinzips ermöglicht. Es stellt sich jetzt die Frage, wie gesteuert wird, daß einmal der größte Teil der Wärme des Arterienbluts auf die Vene übergeht, dann aber auch, wenn überschüssige Wärme am nackten Tarsometatarsus abgegeben werden soll, dieser Wärmeübergang unterdrückt wird. Hier ist auch zu berücksichtigen, daß die Wärmeabgabe an Wasser nach STEEN & STEEN (1964) viermal höher, nach ASCHOFF & WEVER (1958a) sogar zehnmal höher ist als an Luft derselben Temperatur. Nach ASCHOFF & WEVER (1958b), die eine Modellextremität konstruierten, ist der Wärmeübergang um so größer, je langsamer die Strömungsgeschwindigkeit und je größer die Temperaturdifferenz zwischen Arterie und Vene ist. Eine große Temperaturdifferenz liegt vor, wenn die Temperatur im Tarsometatarsus niedrig ist, also bei kalten Außentemperaturen. Unter diesen Bedingungen ist der Wärmeübergang zwischen Arterie und Vene am größten; das in der Arterie in das Bein hineinfließende Blut wird abgekühlt, das in der Vene in den Körper zurückkehrende Blut wird aufgeheizt. SCHOLANDER & KROG (1957) stellten am Faultier eine Abnahme des Temperaturgradienten fest, wenn sie den venösen Rückfluß reduzierten.

Der Vogel muß demnach die Strömungsgeschwindigkeit des Bluts regulieren können. Hierzu könnten die Anastomosen dienen, die nach JONES & JOHANSEN (1973) in den Zehen vorhanden sind. Bei geöffneten Anastomosen besteht eine direkte Verbindung zwischen Arterie und Vene. Es kann pro Zeiteinheit mehr Blut hindurchfließen und abgekühlt werden, gleichzeitig wird der Wärme-Shunt wegen der hohen Durchflußrate geringer. SCHOLANDER (1958) erklärt das Vorhandensein des Wärme-Shunts sowohl bei tropischen als auch bei anderen Vogelarten damit, daß die tropischen Arten über diese Einrichtung Wärme abgeben. Ich bin allerdings der Ansicht, daß der Wärme-Shunt nur der Wärmeerhaltung dient, nicht aber der Abgabe. Die Abgabe überschüssiger Wärme erfolgt über den nackten Tarsometatarsus. Dies würde auch erklären, daß nur im befiederten Teil der Beine die Venen Wandkontakt zur Arterie haben. Auch bei *Mycteria americana* liegen die arterio-venösen Netze nach KAHL (1963) im befiederten Beinteil; die Befiederung endet bei diesem langbeinigen Vogel weit oberhalb des Intertarsalgelenks. Die Einrichtungen zur Wärmeabgabe und zur Wärmeerhaltung sind also von einander getrennt. Da tropische Vogelarten oft recht große Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht ertragen müssen, ist es eigentlich nicht erstaunlich, daß sie über die gleichen Regelmechanismen verfügen wie Arten der gemäßigten Breiten.

5. Zusammenfassung

- An Haussperling und Zebrafink wurde der Temperaturgradient am Bein gemessen. Die Temperatur nimmt am Tibiotarsus bis zum Intertarsalgelenk hin ab und bleibt dann am Tarsometatarsus konstant.
- Unter verschiedenen Außenbedingungen wurde das Temperaturverhalten untersucht. Die Binnentemperatur im Tarsometatarsus wird der Umgebungstemperatur der Füße möglichst weit angenähert.
- Die histologischen Untersuchungen ergaben an der Grenze der Beinbefiederung bei beiden Vogelarten, daß die Hauptarterie hier von mehreren Begleitvenen umgeben ist. Durch den Wandkontakt wird der Wärme-Shunt ermöglicht.

6. Summary

- The temperature-gradient was measured at the legs of sparrow and zebrafinch. The temperature decreases at the tibiotarsus to the intertarsaljoint and then keeps constant.
- The temperature-behaviour in the tarsometatarsus was studied under various conditions. The temperature inside the tarsometatarsus is approximated to the environment-temperature of the feet.
- The histological analysis showed in both species, that the mainartery is accompanied by several veins at the end of the leg-plumage. That is why the heat-shunt is possible.

7. Literatur

Aschoff, J., & R. Wever (1958a): Modellversuche zum Gegenstrom-Wärmeaustausch in der Extremität. *Z. f. die gesamte experimentelle Medizin* 130: 385—395. • Dies. (1958b): Wirkungen des Wärmekurzschlusses in einer Modellextremität. *Pflügersarchiv* 267: 120—127. • Golenhofen, K. (1968): Physiologie der Kurzschlußdurchblutung. Aktuelle Probleme in der Angiologie Bd. 2. Verlag H. Huber, Bern. • Irving, L., & J. Krog (1954): Body Temperature of Arctic and Subarctic Birds and Mammals. *J. of Applied Physiology* 6: 667—680. • Johansen, K., & K. H. Tønnesen (1969): Blood Flow in the Interdigital Web of Sea Gull at Low Temperatures. *Acta Physiologica Scandinavica* 76. • Jones, D., & K. Johansen (1973): The Role of Peripheral Circulation in Temperature Regulation. *The Blood Vascular System Of Birds*: 264—270. • Kahl, M. P. jr. (1963): Thermoregulation in the Wood Stork with special reference to the role of the legs. *Physiological Zoology*: 141—151. • Morrison, P. R., & F. A. Ryser (1952): Weight and Body Temperature in Mammals. *Science* 116: 231—232. • Randall, W. C. (1943): Faktors influencing the temperature regulation of birds. *American J. of Physiology* 139: 56—63. • Scholander, P. F., & J. Krog (1957): Countercurrent Heat Exchange and Vascular Bundles in Sloth. *J. of Applied Physiology* 10: 405—411. • Scholander, P. F. (1958): Counter Current Exchange. *A Principle in Biology. Scientific Results of Marine Biological Research No. 44*: 5—18. • Steen, I., & J. B. Steen (1964): The importance of the legs in the thermoregulation of birds. *Acta Physiologica Scandinavica* 63: 285—291.

Anschrift des Verfassers: Dr. Claus Heisler, Zoologisches Institut der Technischen Universität, Pockelsstraße 10a, D-3300 Braunschweig.

Die Vogelwarte 29, 1978: 268—272

Die Flügelformel der Vögel und ihre Auswertung

Von Jiří Mlíkovský

Zu den wichtigsten Bewegungsorganen der meisten Vögel gehören die Flügel, die in ihrer Form eng an die Flugweise angepaßt sind. Die Flügelform wird einerseits durch die relative Länge einzelner Teile des Flügel skelettes, andererseits durch die relative Länge einzelner Schwingen (Hand- und Armschwingen) bestimmt. Pterylographisch ist für die Flügel form vor allem die gegenseitige relative Länge der acht distalen Handschwingen bedeutend. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Protokollierung dieser Angaben und mit der numerischen Ausdrucksweise der Spitzheit und der Symmetrie des Flügels.

Meinem Vater, Ing. J. Mlíkovský, CSc., möchte ich an dieser Stelle für die umfangreiche Diskussion des zweiten Teils der Arbeit und seine Hilfe bei den mathematisch-statistischen Fragen danken.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [29_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Heisler Claus

Artikel/Article: [Die Bedeutung der Beine für die Temperaturregulation bei Haussperling \(*Passer domesticus*\) und Zebrafink \(*Taeniopygia guttata castanotis*\) 261-268](#)