

- KIRKPATRICK, T. H. (1965 a): Studies of Macropodidae in Queensland. I. Food preferences of the grey kangaroo (*Macropus giganteus*). Qld. J. Agric. Anim. Sci. 22, 89—93.
- (1965 b): Studies of Macropodidae in Queensland. 2. Age estimation of the grey kangaroo, the red kangaroo, the eastern wallaroo and the red necked wallaby, with notes on dental abnormalities. Qld. J. Agric. Anim. Sci. 22, 301—317.
- (1965 c): Studies of Macropodidae in Queensland. 3. Reproduction in the grey kangaroo (*Macropus major*) in southern Queensland. Qld. J. Agric. Anim. Sci. 22, 319—328.
- (1966): Studies of Macropodidae in Queensland. 4. Social organisation of the grey kangaroo (*Macropus giganteus*). Qld. J. Agric. Anim. Sci. 23, 316—322.
- LA FOLLETTE, R. M. (1971): Agonistic behaviour and dominance in confined wallabies, *Wallabia rufogrisea frutica*. Anim. Behav. 19, 93—101.
- McFARLAND, D. J. (1965): On the causal and functional significance of displacement activities. Z. Tierpsychol. 23, 217—235.
- MARLOW, B. J. (1962): Marsupials of Australia. Brisbane: Jacaranda Press.
- MOIR, R. J., SOMERS, M.; WARING, H. (1956): Studies in marsupial nutrition. 1. Ruminant-like digestion in a herbivorous marsupial (*Setonix brachyurus*). Aust. J. Biol. Sci. 9, 293—304.
- MOLLISON, B. C. (1960): Food regurgitation in Bennett's wallaby *Protemnodon rufogrisea* (Desmarest), and the scrub wallaby, *Thylogale billardieri* (Desmarest). C. S. I. R. O. Wildl. Res. 5, 87—88.
- MYKYTOWYCZ, R.; NAY, T. (1964): Studies of the cutaneous glands and hair follicles of some species of Macropodidae. C. S. I. R. O. Wildl. Res. 9, 200—217.
- PACKER, W. (1969): Observations on the behaviour of the marsupial *Setonix brachyurus* (Quay and Gaimard) in an enclosure. J. Mammal. 50, 8—20.
- POOLE, W. E.; PILTON, P. E. (1964): Reproduction in the grey kangaroo, *Macropus kangaroo*, in captivity. C. S. I. R. O. Wildl. Res. 9, 218—234.
- RUSSELL, E. M. (1970 a): Observations on the behaviour of the red kangaroo (*Megaleia rufa*) in captivity. Z. Tierpsychol. 27, 385—404.
- (1970 b): Agonistic interactions in the red kangaroo (*Megaleia rufa*). J. Mammal. 5, 80—88.
- SEVENSTER (1961): A causal analysis of displacement activity (fanning in *Gasterosteus aculeatus*). Behav. Suppl. 9, 1—88.
- SHARMAN, G. B.; CALABY, J. H. (1964): Reproductive behaviour in the red kangaroo, *Megaleia rufa*, in captivity. C. S. I. R. O. Wildl. Res. 9, 58—85.

Author's address: T. R. GRANT, School of Zoology, University of New South Wales, Kensington, Australia

Kälteresistenz und reversible Hypothermie der Etruskerspitzmaus (*Suncus etruscus*, Soricidae, Insectivora)¹

VON PETER VOGEL

Eingang des Ms. 12. 5. 1973

1. Einleitung

Die Etruskerspitzmaus (*Suncus etruscus* Savi, 1822) gilt als kleinstes Säugetier. Das Durchschnittsgewicht von 37 Wildfängen betrug bei den Weibchen 1,953 g, bei den Männchen 1,761 g (FONS 1970). Bei dieser minimalen Körpergröße ist der Wärmeverlust maximal, es müssen folglich besondere Probleme der Energiebilanz gelöst werden. Was wir hierzu von der Etruskerspitzmaus zu wissen glauben, beruht größ-

¹ Mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Gesuch Nr. 3.821.72).

tenteils auf Analogieschlüssen und auf rein theoretischen Erwägungen. So hat beispielsweise SAVI (1822) auf Grund der circummediterranen Verbreitung angenommen, daß diese Art Temperaturen unter 10°C nicht ertrage; andere Autoren (DIDIER, RODE 1935; KAHMANN, ALTNER 1956; H. H. und D. B. 1953 zitiert bei SAINT GIRON 1957) teilen in der Folge diese Ansicht.

Ein erster experimenteller Versuch zu diesem Problem führte SAINT GIRON (1957) durch und bewies, daß ein gekäfigtes Tier Temperaturen von $+5^{\circ}\text{C}$ schadlos übersteht. Das gleiche Individuum bevorzugte allerdings die von einer Lampe gewärmte Terrarienecke von $24-26^{\circ}\text{C}$.

SPITZENBERGER (1970) äußerte sich ebenfalls sehr skeptisch zur angeblichen Temperaturempfindlichkeit der Etruskerspitzmaus. In der Zusammenstellung der Fundorte im südwestasiatischen Raum figurieren Gebiete, in welchen die minimalen Wintertemperaturen -20°C betragen. Diese Autorin meint deshalb, daß man die Vorstellung von den ökologischen Ansprüchen der Etruskerspitzmaus bedeutend erweitern müsse. Die Möglichkeit beachtlicher Kälteresistenz wird übrigens durch andere winzige Spitzmausarten bewiesen. Es sei hier nur an *Sorex minutissimus* erinnert, welche die sibirische Taiga-Region bewohnt.

Die Aufzucht von Etruskerspitzmäusen im Rahmen anderer Zielsetzung (VOGEL 1972a, b) erlaubte es mir, einige Beobachtungen und kleinere Versuche zu diesem Problemkreis durchzuführen. Dabei wurde überraschenderweise festgestellt, daß die Etruskerspitzmaus in reversible Hypothermie fallen kann. Limitiert in den technischen und materiellen Voraussetzungen, kann vorläufig erst das Phänomen dargestellt werden. Eine weitere Analyse der beteiligten Faktoren ist vorgesehen.

Herrn Dr. K. RUGE (Ludwigsburg), der mir für die ersten Temperatur- und Aktivitätsversuche sein Registriergerät zur Verfügung stellte, danke ich herzlich für sein Entgegenkommen. Herr WILDI und Herr BRUCH (Camille Bauer AG, Wohlen) modifizierten ein weiteres Registriergerät für meine Zwecke, ihnen bin ich ebenfalls zu großem Dank verpflichtet. Dank der guten Pflege durch die Kollegen Dr. H. JOLLER und Dr. W. HETZEL fand ich nach $1\frac{1}{2}$ Jahren Abwesenheit noch immer Nachkommen meiner alten Spitzmauszucht vor, was mir erlaubte, einige wichtige Experimente nachzuholen. Beim benachbarten Institut Pasteur (Abidjan) durfte ich für eine Versuchsserie einen klimatisierten Raum benutzen; Herrn Dr. J. J. SALAUN und Herrn B. COURTOIS danke ich bestens für diese Unterstützung.

2. Material und Methode

Ein großer Teil der Beobachtungen wurde an Tieren gemacht, die ich an der Zoologischen Anstalt der Universität Basel halten konnte. Die Methoden zur Haltung der aus der Camargue stammenden Zuchttiere sind bereits früher mitgeteilt worden (VOGEL 1970). Im Verlaufe von $1\frac{1}{2}$ Jahren verzeichnete ich unter diesen Bedingungen 18 Würfe. Ergänzende Versuche konnte ich mit 3 Abkömmlingen der Basler Zucht im Herbst 1972 am Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire durchführen.

Die Umgebungstemperaturen wurden während der Experimente durch einen meteorologischen Thermographen gemessen. Die Aktogramme wurden mittels eines elektrotechnischen Vielfachmeßinstrumentes ("Elaviskript 3", Elima GmbH, Frankfurt a. M., Deutschland) aufgenommen. Mit Hilfe eines Thermoelementes der Größenordnung eines Stecknadelkopfes kann über eine Meßbrücke die Nesttemperatur abgelesen werden. Die Punktfolge von 2 sec zeigt feinste Temperaturschwankungen an. Bei einem Vorschub des Registrierpapiertes von 60 mm/h läßt sich auf Grund der Temperaturdifferenz An- und Abwesenheit des Tieres im Nest sehr genau ablesen. Als kleinste Meßeinheit benutzte ich die Minute. Der dabei entstehende Fehler von wenigen Minuten pro Tag ist gering und spielt für die Interpretation der Resultate keine Rolle.

Mit der gleichen Einrichtung können auch massive hypothermische Zustände des im Nest schlafenden Tieres festgestellt werden. Verlassen des Nestes und Absinken der Körpertemperatur können, wie Abb. 1 zeigt, leicht auseinander gehalten werden.

An- und Abwesenheit im Nest wurde von verschiedenen Autoren zur Bestimmung der Aktivitätsrhythmen verwendet. CROWCROFT (1954) benutzte diese Methode bei *Sorex araneus*, *Sorex minutus* und *Neomys fodiens*. SAINT GIRON (1959) bestimmte auf gleiche Weise

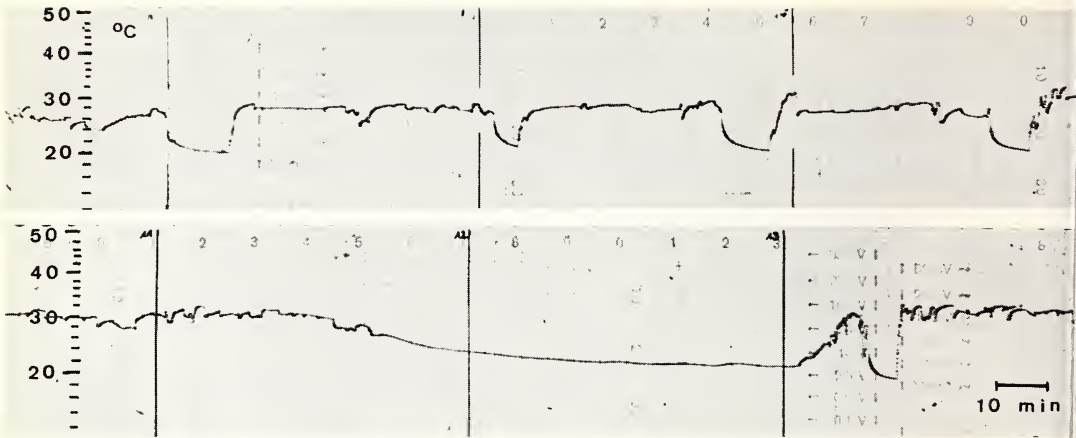


Abb. 1. Charakteristische Aufzeichnungen der Nesttemperatur. Oben: Die Spitzmaus hat das Nest viermal verlassen. Der Eintritt ins Nest ist am raschen Ansteigen der Temperatur zu erkennen. — Unten: Aufzeichnung einer Hypothermiephase mit spontanem Erwachen, gefolgt von einer kurzen Aktivitätsphase.

Aktivitätsrhythmen verschiedener Kleinsäuger. Die Gleichsetzung von Nestabwesenheit und Aktivität ist recht problematisch. Sie ist nach meiner Erfahrung bei Experimenten mit Soriciden möglich, wenn das Terrarium mit Ausnahme des Nestes deckungsfrei gehalten wird. Spitzmäuse haben die Eigenschaft, nur in einem Unterschlupf bei allseitigem Körperkontakt auszuruhen; bei entsprechender Versuchsanordnung kehren die Tiere zum Ausruhen stets ins Nest zurück. Dieses Verhaltensmerkmal wilder Spitzmäuse ging bei den über mehrere Generationen gekäfigten Etruskerspitzmäusen mit der Zeit verloren. Die 1972 am CSRS gehaltenen Tiere verbrachten meist die ganze Nacht außerhalb des Nestes und ruhten oft an deckungsfreien Stellen. Sie waren deshalb für Messungen der Tagesaktivität kaum mehr zu gebrauchen.

3. Beobachtungen und Experimente

a. Kälteempfindlichkeit

An der Zoologischen Anstalt standen zur Haltung der Etruskerspitzmäuse einerseits ein klimatisierter Zuchtraum für wärmeliebende Arten mit einer Durchschnittstemperatur von 25° C zur Verfügung, andererseits ein freistehendes Glashaushaus, das nur im Winter schwach geheizt wurde, damit die Temperatur nicht unter 10° C absank. Während die Spitzmäuse im warmen Zuchtraum in kürzester Zeit ein ungesundes Aussehen aufwiesen (verklebtes Fell, geringe Aktivität, keine Fortpflanzung), zeigten die Tiere im kalten Milieu keine negativen Veränderungen und pflanzten sich auch bei Temperaturen von 10–15° C fort (Würfe am 8. 2. 1970 und am 10. 3. 1970). Als die Temperatur mehrmals auf nur 7° C ohne sichtliche Folgen absank, beschloß ich, versuchsweise ein Tier ins Freie zu zügeln und während einer Frostnacht draußen zu lassen. Der Glaskäfig von 70×30×30 cm enthielt einen hohlen Gipskubus mit Grasnest. Als Futter standen unbeschränkt Mehlwürmer zur Verfügung. Die Temperatur fiel erst in der vierten Nacht über längere Zeit unter den Nullpunkt (minimale Temperatur –3° C). Der Temperaturverlauf während des Experimentes geht aus Abb. 2 hervor. Diese Außentemperaturen wurden vom Versuchstier ohne Schädigung ausgehalten.

Das Versuchstier ist unter diesen Bedingungen natürlich nur während seiner Aktivitätsphasen der Kälte ausgesetzt, solange es jedoch im isolierenden Nest sitzt,

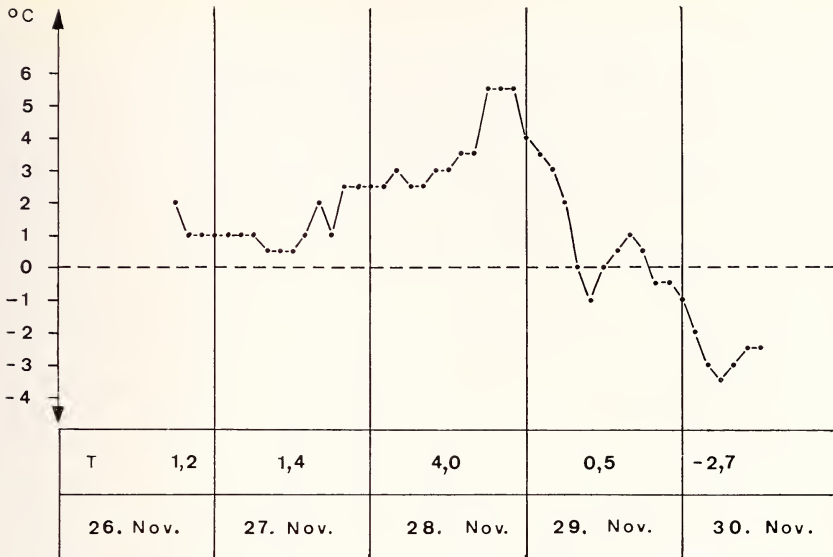


Abb. 2. Temperaturverlauf im Kälteversuch (T = Durchschnittstemperatur)

schaft es sich selbst eine wärmere Umgebung. Es ist deshalb von Interesse zu wissen, welche Zeitspanne das Tier aktiv im Freien verbringt. Als mir im Februar ein geeigneter Temperaturschreiber zur Verfügung stand, war es möglich, diese Frage abzuklären. Leider konnte nur ein Tier in zwei Versuchsserien an 9 und 10 Tagen überprüft werden.

Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der beiden Versuche. Die durchschnittliche Aktivität betrug im ersten Versuch $303,5 \pm 13$ min, im zweiten $301,4 \pm 21$ min. Die Zeit, die im Freien verbracht wird, ist beachtlich. Sie ist weit größer als die minimale Zeit, die zum Fressen und zur Harn- und Kotabgabe benötigt wird. Die Übereinstimmung der Werte ist erstaunlich, doch stellt sich die Frage, wie weit es sich hier um einen rein individuellen Aktivitätsrhythmus handelt. Es soll deshalb zum Vergleich auch die Aktivität eines Pärchens Etruskerspitzmäuse mitgeteilt wer-

Tabelle

Tagesaktivität (in min) einer Etruskerspitzmaus in kühler Umgebung

Datum	Aktivität min/24 h	Temperatur $\bar{x}$
4. 2.	318	7
5. 2.	296	6,5
6. 2.	299	5,5
7. 2.	278	5,5
8. 2.	309	7
9. 2.	393	8
10. 2.	317	6
11. 2.	266	3,5
12. 2.	256	3,5
15. 2.	272	1
16. 2.	241	—1
17. 2.	235	2
18. 2.	279	4
19. 2.	265	3,5
20. 2.	322	6,5
21. 2.	341	7
22. 2.	395	8,5
23. 2.	422	7
24. 2.	242	—

den, das in einem entsprechenden Käfig im November 1970 drei Junge aufzog. Die Umgebungstemperatur (Wohnzimmer) betrug tagsüber 20°C , nachts etwa 15°C . Die Jungen waren beim ersten Versuch 10 Tage, beim zweiten Versuch 16 Tage alt. Ursprünglich ging es um die Frage, wie sich das Männchen zum Wurf verhalte, doch läßt sich das Beobachtungsprotokoll auch exakt für die hier entscheidende Aktivität beider Adulttiere auswerten. Für das Männchen betrug die Aktivität 299 und 422 min/24 h, für das Weibchen 373 und 341 min/24 h. Dies ergibt einen Durchschnitt von 358,7 min, er liegt gegenüber den Kältemessungen um 55 min höher. Maxima und Minima übersteigen die Variationsbreite der Kältemessung nicht. Der Unterschied muß in Anbetracht der verschiedenen Versuchsbedingungen als gering bezeichnet werden. Der erhöhte Durchschnitt läßt sich vermutlich auf drei Faktoren zurückführen: Bei paarweiser Haltung scheinen die häufigen Sozialkontakte die Tiere gegenseitig zu aktivieren. Des weitem scheint bei den Kältemessungen die niedrigste Aktivität mit niedrigsten Temperaturen, die höchste Aktivität mit höchsten Temperaturen korreliert. Es wäre wohl möglich, daß ein Tier in kalter Umgebung bei genügendem Futterangebot seine Aktivität etwas einschränkt. Ferner sind die Tiere zur Winterszeit wohl mehrheitlich sexuell inaktiv, was sich ebenfalls in einer verminderten Laufaktivität auswirken könnte. Bei gekäfigten polnischen Spitzmäusen hat BUCHALCZYK (1972) im Winter gleichfalls eine reduzierte Laufaktivität nachweisen können. Im Freien dürften allerdings die Verhältnisse anders liegen. Der bei Kälte erhöhte Metabolismus fordert eine größere Futtermenge, die im Winter wohl nur durch vermehrte Aktivität aufgespürt werden kann. Es sei hier betont, daß die Ergebnisse aus den Aktivitätsmessungen keine Schlüsse auf Freilandverhalten zulassen.

b. Reversible Hypothermie

Zufallsbeobachtungen

Am 25. 9. 1969 finde ich bei der Kontrolle die Tiere Nr. 15 und 16 unter Moos auf dem Rücken liegend (Raumtemperatur 17°C). Da sie in dieser Haltung trotz der Störung bewegungslos verharren, hole ich sie heraus. Beide geben rauh kreischende Laute von sich, doch sind sie unfähig, sich fortzubewegen. Der Starrezustand gleicht jenem in Fallen verklammerter Mäuse, die Tiere fühlen sich kalt an. Nach drei Minuten setzt Kältezittern ein, nach 5 Minuten bewegen sich die Tiere kriechend fort. 7 Minuten nach dem Auffinden laufen die Tiere beinahe normal, ohne inzwischen Nahrung aufgenommen zu haben.

Erst 6 Monate später haben wir erneut Gelegenheit, eine entsprechende Situation zu beobachten. Am 27. März finden wir 6 Tiere in starrem Zustand. Die Raumtemperatur beträgt 12°C . Ich flöße der Hälfte der steifen Tiere etwas Traubenzucker ein, wie bei den in den Fallen aufgefundenen starren Wildfängen der Camargue (VOGEL 1970), die andere Hälfte wird zur Kontrolle ohne Futter gelassen. Nach 10 Minuten sind die behandelten Tiere wieder fit, 3 Minuten später jedoch auch die unbehandelten. Es scheint, als ob die eine Versuchsserie nur auf Grund der Erwärmung durch meine Hand und die massivere Störung schneller aktiv geworden sei.

Da bei beiden Beobachtungen die Futterschale leer war, dürfte Futtermangel als entscheidende Voraussetzung diese „Hunger-Kältestarre“ verursacht haben. Im Verlaufe des folgenden Jahres konnten weitere entsprechende Situationen beobachtet werden. Der extremste Fall wurde am 5. 11. 1970 verzeichnet, als ich von 13 Tieren abends um 22.00 h deren 11 in starrem Zustand vorfand (Raumtemperatur 12°C). Die letzte Fütterung war am Vortage um 10 h erfolgt.

Experimentelle Abklärung

Da mir im Sommer kein Temperaturregistriergerät zur Verfügung stand, erfolgte eine experimentelle Abklärung des Problems vorerst mit primitiven Mitteln. Zwei gleiche Käfige mit je drei Versuchstieren wurden bei einer Raumtemperatur von ungefähr 15° C nebeneinander aufgestellt und ihre Insassen abwechslungsweise unterschiedlich stark gefüttert. Ein ins Nest gestecktes Thermometer erlaubte das Ablesen der Nesttemperatur. Das Protokoll sei hier verkürzt zusammengestellt:

Käfig a	Käfig b
28. 9. 1970 viel Futter	28. 9. 1970 viel Futter
29. 9. 1970	
08.00 alle Tiere aktiv	08.00 alle Tiere aktiv
16.00 viel Futter	16.00 wenig Futter
30. 9. 1970	
08.00 alle Tiere aktiv	08.00 alle Tiere starr ¹
12.00 alle Tiere aktiv	12.00 alle Tiere aktiv
17.00 wenig Futter	17.00 viel Futter
1. 10. 1970	
07.40 alle Tiere starr ¹	07.40 alle Tiere aktiv
10.00 alle Tiere aktiv	10.00 alle Tiere aktiv

¹ Das ins Nest gesteckte Thermometer zeigt bei starren Tieren Nesttemperaturen, die nur 2—3° C über der Außentemperatur liegen. Bei normal schlafenden Tieren herrscht dagegen eine Nesttemperatur von ungefähr 30° C.

Der Versuch ergibt drei wichtige Ergebnisse: 1. Futtermangel führt zu einer Hunger-Kältestarre. 2. Die Körpertemperatur wird in der Lethargie stark gesenkt. 3. Der unterkühlte Zustand wird offenbar zeitweise überwunden, da Tiere bei Kontrollen ohne Störung abwechslungsweise starr und wieder aktiv vorgefunden werden. Daraus geht hervor, daß es sich bei der Hunger-Kältestarre um eine reversible lethargische Hypothermie handelt.

Neben manchen Wiederholungen dieser Experimente wurde mit drei Tieren ein kurzfristiger Versuch mit komplettem Nahrungsentzug gewagt, dessen Protokoll hier ebenfalls wiedergegeben wird.

Datum	Zeit	Beobachtung	Nest	Raum
14. 10. 1970	10.00	Bei 3 Tieren Futter entfernt	28° C	15° C
	16.00	Tiere im Nest schlafend	30° C	16° C
	20.00	Alle außerhalb des Nestes aktiv	16° C	16° C
	22.00	Alle außerhalb des Nestes aktiv	16° C	10° C
15. 10. 1970	08.40	Alle außerhalb des Nestes aktiv	14° C	14° C
	11.00	Alle im Nest in Lethargie	17° C	14° C
	11.15	Die gestörten Tiere werden aktiv, Tiere gefüttert	—	—
Ergebnis: Die drei Etruskerspitzmäuse überleben eine Periode von 25 Stunden ohne Futter.				

Während durch diese Versuche eindeutig die Hypothermie als natürliche Reaktion auf Hunger/Kälte nachgewiesen wird, blieb die Frage nach Art und Verteilung der Hypothermiephasen noch immer unklar. Erst im August 1972 konnten die Versuche mit einem entsprechenden Registriergerät und drei Tieren der alten Zucht am CSRS aufgenommen werden. Als erstes mußte abgeklärt werden, welche durchschnittliche Futtermenge täglich konsumiert wird. Zu diesem Zweck wurde ein 3,0 g wiegendes Männchen während 10 Tagen ausschließlich mit Mehlwürmern gefüttert. Bei einer Raumtemperatur von 21–22°C betrug die täglich eingenommene Nahrungsmenge durchschnittlich 2,7 g. Dieser Wert ist allerdings zu hoch, da die Nahrungsreste stets ganz ausgetrocknet waren. Das Kontrollband zeigte bei diesem Tier nie lethargische Zustände.

Zur Abklärung der Hypothermiedauer wurden ähnliche Bedingungen wie bei den Versuchen in Basel hergestellt. Die Umgebungstemperatur im Labor wurde auf 16–17°C gehalten, der Raum wurde nur zur Kontrolle der Tiere betreten. Die Fütterung erfolgte meist um 17 h, die Futterration betrug 1,5–2 g Mehlwürmer pro Tag. Jedes Tier wurde einzeln geprüft.

Unter diesen Bedingungen konnten innerhalb von 10 Tagen 12 Lethargiephasen folgender Längen registriert werden (incl. der in Klammer beigefügten spontanen Erwärmungsphase): 83 (11), 85 (18), 95 (11), 97 (12), 105 (10), 106 (16), 108 (10), 110 (12), 113 (5), 133 (11), 346 (17), 456 min (durch Störung geweckt). Mehr als 3/4 der Phasen dauerten zwischen 83 und 133 min, Phasen von 1½–2 h sind demnach besonders häufig. Die Lethargiephasen von 346 und 456 min demonstrieren bereits beachtliche Werte. Die spontane Erwärmungsphase, d. h. vom ersten sichtbaren Temperaturanstieg bis zum deutlichen Umschlag zur Stabilität der Nesttemperatur dauert in den meisten Fällen 10–12 min. Die Nesttemperatur, die mit der Oberflächentemperatur der lethargischen Tiere übereinstimmt, liegt nach einer Stunde Abkühlung ungefähr 2°C über der Umgebungstemperatur.

Zur Untersuchung der Totalaktivität konnte leider nur eine ungestörte Zeitphase von 24 h ausgewertet werden, da alle drei Tiere bei einem völlig unnatürlichen Verhalten in der Nacht nur selten das Nest aufsuchten. Parallele Beobachtungen zeigten,

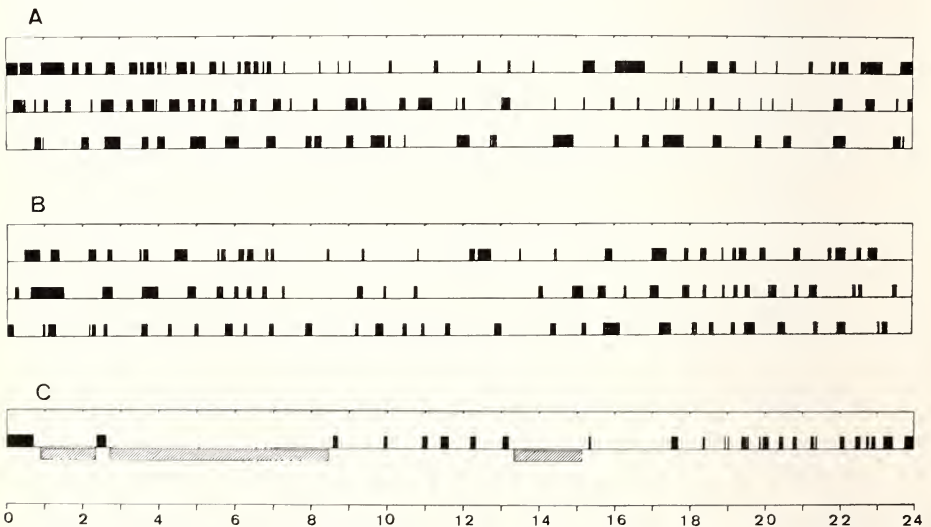


Abb. 3. Aktivitätsmuster gutgenährter Tiere bei warmer (A) und kühler (B) Umgebungstemperatur sowie bei unterernährtem Tier (C). Schwarz: Tier aktiv; schraffiert: Tier in Lethargie.

daß die Tiere über lange Zeit im deckungsfreien Gebiet ruhten und sogar außerhalb des Nestes in Lethargie fielen. Der geglückte Versuch zeigt eine Totalaktivität von nur 205 min. Von der passiven Phase verbrachte das Tier 696 min bei normaler Körpertemperatur im Nest, 539 min jedoch in lethargischem Zustand.

Abb. 3 zeigt die Verteilung der Aktivitäts-, Ruhe- und Lethargiephasen unter den verschiedenen Bedingungen. Aus dieser Abbildung geht nochmals deutlich hervor, wie wenig sich der Aktivitätsrhythmus bei genügendem Futter in warmer und kalter Umgebung unterscheiden, wie stark dagegen bei den unterkühlten Hungertieren die inaktiven Phasen verlängert sind. Während in den 19 Versuchstagen ohne Lethargie die längste inaktive Phase 149 min betrug, konnte bei den Hungerversuchen eine solche von 361 min festgestellt werden.

4. Diskussion

Die Versuche zur Kälteempfindlichkeit haben die Vermutungen von SAINT GIRON (1957) bestätigt und gezeigt, daß unter „natürlichen Verhältnissen“ (bei Vorhandensein eines Nestes) die Umgebungstemperatur ohne Schädigung des Tieres unter 0° sinken kann. Die Aktivität wird durch die kühlen Temperaturen bei uneingeschränktem Nahrungsangebot nur wenig reduziert. In Freiheit liegt die Situation sicher etwas anders. In der kalten Jahreszeit ist das Nahrungsangebot limitiert, der zunehmende Wärmeverlust setzt dagegen einen erhöhten Futterkonsum voraus, der nur durch gesteigerte Jagdaktivität gedeckt werden kann. So ist es denn nicht verwunderlich, daß KAHMANN und ALTNER (1956) auf Korsika in Schleiereulengewöllen die Etruskerspitzmaus das ganze Jahr über in gleicher Häufigkeit vorfanden.

Sinkt das Nahrungsangebot unter ein gewisses Limit, zeigt *Suncus etruscus* im Experiment eine Anpassung, die für den Vertreter einer als streng homoiotherm geltenden systematischen Einheit (Soricidae) als außergewöhnlich bezeichnet werden muß: Bei Nahrungsmangel und relativ tiefen Außentemperaturen (vorläufig getesteter Temperaturbereich: 10–20° C) fällt die Etruskerspitzmaus in eine reversible lethargische Hypothermie, die, soweit wir zur Zeit wissen, über mehrere Stunden aufrecht erhalten werden kann. Von Zeit zu Zeit erwärmt sich das Tier spontan auf normale Körpertemperatur und geht auf Nahrungssuche. Findet es kein Futter vor, fällt es von neuem in lethargischen Zustand. Werden die lethargischen Tiere gestört, erwachen sie innerhalb weniger Minuten. Im Gegensatz zu experimentell unterkühlten Ratten bleiben die Nerven auch bei tiefen Körpertemperaturen leitfähig.

Es fällt schwer, auf Grund der vorläufigen Resultate die Lethargie von *Suncus etruscus* nach den üblichen Gesichtspunkten unter die bekannten Schlafphänomene einzuordnen. Mit Sicherheit handelt es sich nicht um den tiefen Schlaf der klassischen Winterschläfer. Andererseits scheint auch ein Vergleich mit unvollständig Homoiothermen wie z. B. dem ebenfalls zu den Insektivoren gehörende Tanrek kaum gerechtfertigt. Im Fall der Spitzmaus handelt es sich nicht um ein archaisches Merkmal, sondern um eine neue Anpassung, die im Zusammenhang mit der Grenzsituation (minimale Körpergröße) zu sehen ist. Das rasche Erwachen bei Störungen weist auf eine Analogie zur Tagesschlaflethargie der Fledermäuse hin. Ferner drängen sich Vergleiche mit gewissen nordamerikanischen Wüstenmäusen wie z. B. *Microdipodops* auf, die ebenfalls zu kurzfristigen Torpor fähig sind (BROWN, BARTHOLOMEW 1969).

Die ökologische Bedeutung der Lethargie bei der Etruskerspitzmaus läßt sich ebenfalls erst ermessen, wenn durch weitere Experimente die Spannweite der Möglichkeiten überprüft worden ist. Der Vergleich der Aktivitäten und der Versuche mit Futterentzug zeigen bereits deutlich, daß Dank dieser Anpassung die Etruskerspitzmäuse Härteperioden bei einem Futterminimum überleben können, bei welchem alle übrigen

mir bekannten Spitzmäuse verhungern würden. Es könnte dies in klimatisch milden Gebieten von Bedeutung sein, wo tiefe Wintertemperaturen selten und nur für kurze Zeit, aber doch mit einer gewissen Regelmäßigkeit auftreten. Damit ließe sich auch das Vorkommen dieser offensichtlich wärmeliebenden Art in Gebieten erklären, die nicht mehr als mediterran bezeichnet werden können. Natürlich ist in diesem Zusammenhang das Mikroklima von entscheidender Bedeutung.

Neben diesem ökologischen Deutungsversuch ist eine physiologische Deutung der Situation ebenfalls verlockend, obwohl es sich im heutigen Zeitpunkt nur um eine reine Spekulation handeln kann. Am einfachsten können wir an die Hypothesen von PEARSON (1948) anknüpfen. Dieser Autor hat den Metabolismus einer Reihe amerikanischer Soriciden überprüft; unter anderem stand ihm *Sorex cinereus*, der kleinste amerikanische Säuger, zur Verfügung. Bei einem Gewicht von 3,5 g war hier bereits früher der höchste Energieverbrauch pro Gramm Körpergewicht gemessen worden, der je bei einem Säugetier festgestellt worden ist (MORRISON, PEARSON 1946). Eine Extrapolation der vom Körpergewicht abhängigen Energieverbrauchskurve zeigt, daß diese bei 2,5 g Körpergewicht asymptotisch ins Unendliche steigt. Somit stellen die 2,5 g den zu erwartenden Grenzwert homoiothermer Säuger dar. Weil das durchschnittliche Körpergewicht von *Suncus etruscus* unter 2 g liegt, kann demzufolge die Homoiothermie bei dieser Art theoretisch nicht mehr aufrecht erhalten werden, was nach unseren Versuchen in kritischen Situationen tatsächlich der Fall ist.

Diese Erklärung scheint mir allerdings zu einfach. Die 2,5 g-Grenze wurde mehr oder weniger über den Daumen gepeilt, und weitere Soricidenvertreter wie die eingangs erwähnte *Sorex minutissimus* beweisen, daß der Grenzwert tiefer liegen kann. KAIKUSALO (1967) fing in Finnland 5 Exemplare dieser Art, die ein Körpergewicht von nur 1,4–2,0 g aufwiesen. Trotz der nordischen Verbreitung dieser Art fehlt ihr mit Bestimmtheit das Vermögen, in Lethargie zu fallen. Es ist folglich auch einem so kleinen Körper möglich, genügend Energie umzusetzen, um den Wärmeverlust zu kompensieren. Allerdings stellen die bei kleinen *Sorex*-Arten nachgewiesenen metabolischen Leistungen Grenzwerte dar, die mit großer Wahrscheinlichkeit bereits als Spezialanpassung gedeutet werden müssen. Die „Flucht in die Hypothermie“ von *Suncus etruscus* liegt deshalb wahrscheinlich nicht allein in der Kleinheit begründet, sondern möglicherweise auch in einer Unfähigkeit, eine den kleinen *Sorex*-Arten entsprechende metabolische Leistung zu vollbringen. Bereits früher habe ich auf Grund verschiedener Beobachtungen auf einen relativ niedrigen Metabolismus der Crocidurinae geschlossen, der deutlich von jenem der Soricinae abweicht. Es sei hier an den unterschiedlichen Futterkonsum, an die unterschiedliche Empfindlichkeit auf Nahrungsmangel und an die beachtliche Differenz der Lebensdauer von *Crocidura russula* und *Sorex araneus* erinnert (VOGEL 1972a). Die hier vorliegenden Ergebnisse zur Lethargie von *Suncus etruscus* scheinen diese Deutung zu bestätigen.

Als letztes soll die Frage gestellt werden, ob Lethargiephänomene auch bei anderen Spitzmausarten zu erwarten sind. Die bezüglich Metabolismus und Thermoregulation am besten untersuchte Art ist *Sorex cinereus*. Es zeigten sich im Verlaufe der Untersuchungen jedoch keinerlei Hinweise, die auf eine reversible Hypothermie schließen ließen (MORRISON, RYSER und DAWE 1959). Noch aufschlußreicher sind die polnischen Versuche, welche die Hypothermiefrage bei Soriciden zum eigentlichen Arbeitsziel hatten (GEB CZYNSKI 1971). Bei keiner der getesteten Arten (*Sorex araneus*, *Sorex minutus* und *Neomys fodiens*) konnte reversible Hypothermie erzeugt werden. Die Zwergspitzmäuse, die bezüglich Größe am ehesten mit Etruskerspitzmäusen verglichen werden können, starben im Hungerversuch bereits im Verlaufe von 3–6 Stunden.

Nach meinem Dafürhalten sind sämtliche *Sorex*-Arten mit einiger Sicherheit auszuschließen, vermutlich aber auch die übrigen Vertreter der Soricinae, obwohl z. B. *Blarina brevicauda*, die auf reiner Kohlenhydratnahrung gehalten werden kann

(MARTINSEN 1969), eine beachtliche Spezialisierung aufweist. Verschiedene afrikanische Crocidurinae, die ich zur Zeit an der Elfenbeinküste halte, verhungern ohne Futter innerhalb eines Tages. Die Hungerlethargie nach Nahrungsentzug, die zwar erst später als bei den *Sorex*-Arten eintritt, ist sehr bald irreversibel. Erstaunlicherweise hat in dieser Situation auch das bei *Sorex* und *Neomys* so wirksame Einflößen von Traubenzucker keine belebende Wirkung. Am ehesten wäre die Möglichkeit zur reversiblen Lethargie bei Weißzahnspeitzmäusen zu erwarten, die in relativ kalten Gebieten leben. Tatsächlich fand ich am 27. 12. 1965 zwei Hausspeitzmäuse (*Crociodura russula*) meiner Zucht bei einer Temperatur von 5° C in lethargischem Zustand. Eines der beiden Tiere, das in separatem Käfig neben anderen Tieren bei Außentemperaturen um den Nullpunkt in einem Bretterverschlag gehalten worden ist, konnte im Februar 1966 mehrmals hintereinander im gleichen Zustand vorgefunden werden. Diese reversible Hypothermie bei zwei Hausspeitzmäusen, die bisher experimentell nicht hat reproduziert werden können, weist zumindest auf eine gemeinsame physiologische Disposition der Crocidurinae hin.

Zusammenfassung

Suncus etruscus, kleinster Säuger mit durchschnittlich weniger als 2 g Körpergewicht, wurde auf ihre angebliche Temperaturempfindlichkeit überprüft. Bei uneingeschränktem Nahrungsangebot erträgt diese Art auch Außentemperaturen unter dem Nullpunkt. Die Aktivität bei 0 bis 10° C betrug im Durchschnitt 303 min/24 h, gegenüber 358 min bei Temperaturen von 15 bis 20° C.

Wird der Etruskerspitzmaus das Futter entzogen, fällt sie in reversible, lethargische Hypothermie, aus der sie von Zeit zu Zeit erwacht, um ihre Umgebung nach Nahrung abzusuchen. Während der Lethargie ist die Körpertemperatur ungefähr 2° über der Umgebungstemperatur. Bei 1½—2 g Futter pro Tag und Temperaturen von 16 bis 18° C betragen die Lethargiephasen 1½—2 h bei einem Maximum von 7 h 36 min. In 24 h wurde bei einem zeitweilig lethargischen Tier eine Totalaktivität von nur 205 min gemessen, 696 min verbrachte es schlafend und 539 min in lethargischem Zustand.

Die reversible Hypothermie bei einem Vertreter der bisher als streng homoiotherm geltenden Soriciden kann vermutlich auf metabolische Insuffizienz zurückgeführt werden, für die z. T. die minimale Körpergröße verantwortlich ist. Da gewisse *Sorex*-Arten von ähnlicher Körpergröße nicht in reversible Lethargie fallen können, wird diese besondere Situation bei der Etruskerspitzmaus als weiteres Indiz für einen relativ niedrigen Metabolismus der Crocidurinae gewertet.

Résumé

Résistance au froid et hypothermie réversible de Suncus etruscus

On a testé la sensibilité présumée aux basses températures de *Suncus etruscus*, le plus petit mammifère connu. Nourri à profusion, cette espèce a supporté des températures inférieures à 0° C. L'activité de l'animal (= absence du nid) à une température ambiante de 0—10° C s'élève en moyenne de 303 min/24 h contre 358 min/24 h à des températures de 15°—20° C.

Si on retire toute nourriture à la musaraigne étrusque, celle-ci entre en hypothermie réversible et léthargique, de laquelle elle sort de temps en temps à la recherche de nourriture. En léthargie, la température corporelle est d'environ 2° C au dessus de la température ambiante. Avec 1½ à 2 g de nourriture par jour et à la température ambiante de 16° à 18° C, les phases de léthargie durent de 1½ à 2 h avec un maximum de 7½ h. En 24 h un animal insuffisamment nourri montrait une activité totale de 205 min seulement. Pendant 696 min l'animal a dormi en conservant sa température "normale", et pendant 539 min il était en léthargie.

L'hypothermie réversible chez un représentant des Soricidae s'explique probablement par une insuffisance de son métabolisme par rapport à sa taille minuscule. Comme les espèces du genre *Sorex* de taille voisine n'ont pas la possibilité d'entrer en léthargie réversible, cette adaptation particulière peut être considérée comme un indice d'un métabolisme relativement bas chez les Crocidurinae.

Summary

Resistance to low temperatures and reversible hypothermia of Suncus etruscus

We studied the resistance to low temperatures of the smallest mammal known to exist, *Suncus etruscus*, its mean weight being less than 2 grams. When well fed this species can resist to temperatures under 0°C . The activity of well fed animals seems to be dependent on the ambient temperature: at $0-10^{\circ}\text{C}$ an average of 303 min/24 h was measured, at $15-20^{\circ}\text{C}$ the average amounted to 358 min/24 h.

Suncus etruscus, when completely deprived of nourishment enters lethargic and reversible hypothermia with intermittent bursts of activity in quest of food. During lethargy the body temperature is approximately 2°C above ambient temperature. Three specimens thus survived without food during a 25 hour trial.

When given $1\frac{1}{2}$ to 2 grams of food per day, at an ambient temperature of $16-18^{\circ}\text{C}$ the phases of lethargy are short, averaging $1\frac{1}{2}$ to 2 hours with a maximum of $7\frac{1}{2}$ hours. In 24 hours an underfed animal's total activity is of only 205 minutes. The rest of the time it sleeps, maintaining its normal temperature (during 696 minutes) or it goes into lethargy (during 539 minutes under our observation).

The reversible hypothermia of a soricidae species could probably be explained by its insufficient metabolism compared to its small size. Knowing that *Sorex* species, whose size is comparable, are incapable of entering reversible lethargy we tend to consider this particular kind of adaption, which needs further investigation, as an indication of a relatively low metabolism in Crocidurinae.

Literatur

- BROWN, J. H.; BARTHOMOLEW, G. A. (1969): Periodicity and Energetics of Torpor in the Kangaroo Mouse, *Microdipodops pallidus*. Ecology 50, 705—709.
- BUCHALCZYK, A. (1972): Seasonal Variations in the Activity of Shrews. Acta theriol. 17, 221—243.
- CROWCROFT, P. (1954): The daily Cycle of Activity in British Shrews. Proc. Zool. Soc. London 123, 715—729.
- FONS, R. (1970): Contribution à la connaissance de la Musaraigne étrusque *Suncus etruscus* (Savi, 1822) (Mammifère Soricidae). Vie Milieu 21, C, 209—218.
- GEBczynski, M. (1971): Oxygen Consumption in starving Shrews. Acta theriol. 16, 288—292.
- KAHMANN, H.; ALTNER, H. (1956): Die Wimperspitzmaus *Suncus etruscus* (Savi, 1832) auf der Insel Korsika und ihre circummediterrane Verbreitung. Säugetierk. Mitteil. 4, 72—81.
- KAIKUSALO, A. (1967): Beobachtungen an gekäfigten Knirpspitzmäusen, *Sorex minutissimus* Zimmermann, 1780. Z. Säugetierkunde 32, 301—306.
- MARTINSEN, D. (1969): Energetics and activity pattern of short-tailed shrews (*Blarina*) on restricted diet. Ecology 50, 505—510.
- MORRISON, P. R.; PEARSON, O. P. (1946): The metabolism of a very small mammal. Science 104, 287—289.
- MORRISON, P. R.; RYSER, A.; DAWE, A. R. (1959): Studies on the physiology of the masked shrew *Sorex cinereus*. Physiol. Zool. 32, 256—271.
- PEARSON, O. P. (1948): Metabolism of small mammals, with remarks on the lower limit of mammalian size. Science 108, 44.
- SAINT GIRONS, M. C. (1957): Contribution à la connaissance de la pachyure étrusque en captivité. Mammalia 21, 69—76.
- (1959): Les caractéristiques du rythme nyctéramal d'activité chez quelques petits mammifères. Mammalia 23, 245—276.
- SPITZENBERGER, F. (1969): Erstnachweis der Wimperspitzmaus (*Suncus etruscus*) für Kreta und Kleinasien und die Verbreitung der Art im südwestasiatischen Raum. Z. Säugetierkunde 35, 107—113.
- VOGEL, P. (1970): Biologische Beobachtungen an Etruskerspitzmäusen (*Suncus etruscus* Savi, 1832). Z. Säugetierk. 35, 173—185.
- (1972a): Beitrag zur Fortpflanzungsbiologie der Gattungen *Sorex*, *Neomys* und *Crocidura* (Soricidae). Verhandl. Naturf. Ges. Basel 82, 165—192.
- (1972b): Vergleichende Untersuchung zum Ontogenesemodus einheimischer Soriciden (*Crocidura russula*, *sorex araneus* und *Neomys fodiens*). Rev. suisse Zool 79, 1201—1332.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. P. VOGEL, Institut d'écologie animale et de Zoologie, Université de Lausanne, Pl. du Tunnel 19, CH-1005 Lausanne

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mammalian Biology \(früher Zeitschrift für Säugetierkunde\)](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Vogel Peter

Artikel/Article: [Kälteresistenz und reversible Hypothermie der Etruskerspitzmaus \(Suncus etruscus, Soricidae, Insectivora\) 78-88](#)