

Haaranatomische Untersuchungen von Etruskerspitzmäusen (*Suncus etruscus* SAVI, 1822)

HERBERT APPELT

Einleitung

Das Ziel der haaranatomischen Untersuchungen soll sein, das Haarkleid von Etruskerspitzmäusen allgemein und im besonderen in der Abhängigkeit von der Umwelt darzustellen, um die gewonnenen Erkenntnisse der Verhaltensforschung und der Ökologie nutzbar zu machen.

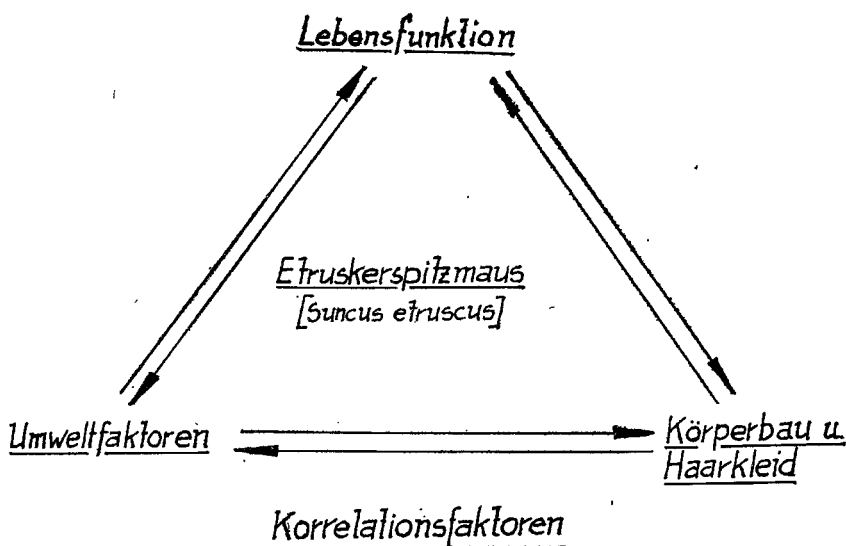
1. Basis haaranatomischer Untersuchungen

Die Etruskerspitzmaus gehört zu den Weißzahnschäfermäusen Europas. Trotz der biologisch-anatomischen Unterschiede besteht eine starke Anpassung der Haarquerschnittprofile zu anderen land-, d. h. terrestrisch lebenden Spitzmäusen, vor allem jedoch zu Feldspitzmäusen (*Crocidura leucodon*). Die Haarquerschnitt-Analogie ist nicht nur auf eine Artverwandtschaft zurückzuführen, sondern geht auf eine etwa gleichartige Lebensweise und Biotopbesiedlung zurück. Auffällig ist, daß Etruskerspitzmäuse ein extrem niedriges Körpergewicht von 1,2—1,8 g [1, 5] aufweisen. Die vorliegenden Haarproben wurden Tieren mit einem Lebendgewicht von 2 g entnommen (Punkt 3). Es muß deshalb neben dem gesamten Körperbau auch in der Haar-Fellstruktur eine biologische „Leichtbauweise“ vorliegen, die der Aufrechterhaltung aller Lebensfunktionen dient.

Die Lebensweise der Etruskerspitzmaus kann als relativ gut erforscht angesehen werden. HANŽAK [1] berichtet im „Taschenbuch der Säugtiere“: „Die Etruskerspitzmaus lebt in warmen Gegenden und hält sich besonders an feuchten, schattigen Stellen auf, mit Vorliebe an Quellen oder Wasserläufen, wo sie im Gewirr der Pflanzen unterhalb der Baumstrünke und Wurzeln genügend Nahrung und Schlupfwinkel findet. Auch im Schilf am Meeresstrand wurde sie schon gefangen.“

Um die Lebensweise zu verstehen, sind haaranatomische Untersuchungen notwendig. Erst in der zusammenhängenden Betrachtung lassen sich weitere Schlußfolgerungen in der Verhaltensforschung treffen. Es ist das Verdienst von VOGEL [2] und FONS [3, 4], mehrere Beiträge zur Erforschung der Kälteresistenz und reversiblen Hypothermie [2] und der Verhaltensforschung in Laborzuchten gegeben zu haben. (Im Anhang weitere Literaturangaben.)

Fachbeiträge, die sich mit der Erforschung des Haarkleides von Etruskerspitzmäusen befassen, konnten zur Zeit noch nicht ausfindig gemacht werden. Um die Lebensfunktionen der Etruskerspitzmaus zu erhalten, müssen die nicht direkt zur Aufrechterhaltung des Stoffwechselprozesses benötigten Körper- und Organteile, wie z. B. das tierische Haarkleid, in einer extremen biologischen „Leichtbauweise“ gestaltet sein und so eine optimale Schutzfunktion für das Tier gewährleisten, d. h., es muß bei einem minimalem Aufwand von Haarsubstanz ein maximales Wirkungsspektrum erreicht werden. In der Tafel 1 wird versucht, die Abhängigkeit der Etruskerspitzmaus von den verschiedenen Faktoren bildhaft darzustellen.



Tafel 1

Um die Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten, muß eine optimale Anpassung der Körper-, im speziellen der Haarstruktur an die Umwelt vorliegen.

2. Schutz- und Umweltfaktoren

Bei der anatomischen Untersuchung von Etruskerspitzmäusen werden zwei Probleme sichtbar, und zwar:

1. die Anpassung des extrem kurzen Haarkleides an die Umwelt, d. h. an die äußeren Einwirkungsfaktoren (Punkt 2) und
2. die Gewährleistung der inneren Schutzfunktion zur Aufrechterhaltung des Lebens und Vermeidung eines zu hohen Grundumsatzes (Wärmeenergieverlust).

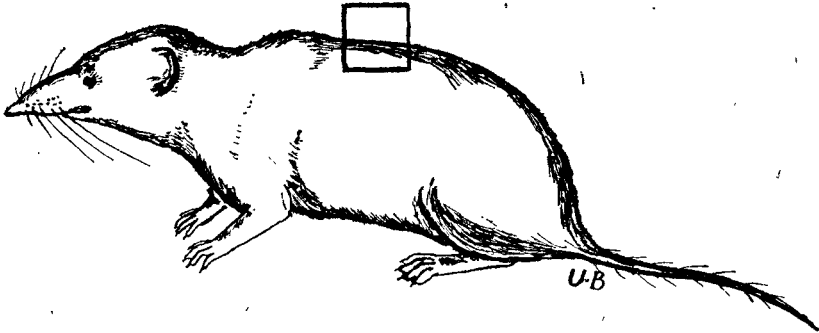


Bild 1. Etruskerspitzmaus mit eingezeichneter Haarprobenentnahme in etwa doppelter Lebensgrößendarstellung
Zeichnung: UWE BAUCH, Wurzen

Das Haarkleid ist Grenzfläche bzw. Mittler zwischen Körper und Umwelt. Es umschließt als dichtes Fell den gesamten Körper (Bild 1). Deshalb fällt der Widerspruch der extrem kurzen Haarlänge von 2 bis maximal 3 mm (Punkt 4.1.1.) und die optimal wirksam werdende Schutzfunktion besonders auf.

Es kann bereits vorangestellt werden, daß das Haar in seiner gesamten Struktur, d. h. der Längs- und Querschnittbeschaffenheit, eine totale Zweckorientierung bzw. Funktionsgebundenheit aufweist. Damit steht der Etruskerspitzmaus nur ein schmales Lebensbereichsband offen (geringe ökologische Valenz), das keine zu große Abweichung in der „Soll-Lebensfunktion“ gestattet. Es scheint, als wäre der gesamte Organismus auf einen bestimmten „Sollwert“ programmiert. Bereits die Fellstruktur zeigt, daß die Schutzfunktionen nur in einem engen Bereich wirksam werden können. Die Etruskerspitzmaus ist praktisch an ein bestimmtes Habitat gefesselt. Die Organfunktionen sind auf bestimmte Parameter abgestimmt, d. h., sie erfordern einen dem Tier entsprechenden Sollwert

(Tafel 1/2). Zu starke Abweichungen der Ist-Werte nach oben oder unten können vom Organismus kaum ausgeglichen werden. Das Fell sorgt in seiner Struktur mit zur Aufrechterhaltung des notwendigen Sollwertes. Eine Veränderung bzw. ein Verlassen der natürlichen Umweltbedingungen gefährdet die Existenz der Etruskerspitzmaus (Tafel 2). Sollen die Etruskerspitzmäuse erhalten bleiben, so kommt es auf einen zielgerichtet geführten Biotopschutz an.

Wirkungsfaktoren zur Gewährleistung der minimalen Schutzfunktion

Habitus	Luftvolumen	Profilbildung
Haarsubstanz (Masse)	Haardichte	Kapillarbildung der
Haarlänge	Querschnittbedeckungs-	Haare
Haarfeinheit	fläche bzw. -verhältnis	Luftregulierung
Haarfarbe	Haarwellung (Kräuselung/Bogenzahl)	Feuchtetransport
Pigmentbildung	Haargruppenbildung	Wärmeaustausch
Pigmentverteilung	Medullakammerung	Klimatisierung
Haartypen	Luftpolsterbildung (Luft-	
Haarstruktur	einschluß, 2 Etagen)	
Strichrichtung	Wärme-/Luftaustausch	
Medullastruktur	Hautkontraktion	
Spitzenbildung		
Strichrichtung		

Tafel 2

Das Leben der Etruskerspitzmäuse hängt in sehr starkem Maße von dem inneren und äußeren Gleichgewicht der Schutzfunktionen des Haarkleides, dem Lebensbereich und dem Nahrungsangebot ab. Was über das Nahrungsangebot und die Problematik der Ernährung HUTTERER [5] bereits allgemein berichtet hat, dürfte auf Etruskerspitzmäuse gleichermaßen zutreffen. Die Funktion des Haarkleides (s. Punkt 2./4.2) wird vor allem in der Wechselwirkung zwischen Organismus und Umwelt sichtbar. Das extrem kurze Fell mit einer Haarlänge von 2 bis max. 3 mm bietet den Etruskerspitzmäusen keinen genügenden Schutz vor Sonnenbestrahlung und anderen Umwelteinflüssen. Ob Etruskerspitzmäuse über einen ausgeprägten biologischen Wärmerégulierungsmechanismus verfügen, ist nicht bekannt. Schweißdrüsen konnten bei Spitzmäusen bisher nicht festgestellt werden. Eine mikroskopische Hautquerschnittaufnahme von einer Waldspitzmaus (*Sorex araneus* LINNÉ) zeigt dies (Bild 2) z. B. deutlich.

Ein zu kühles Biotop bringt für die Etruskerspitzmäuse das Problem des erhöhten Grundumsatzes und Wärmeverlustes mit sich. Das kurze Fell kann Temperaturschwankungen nur in engen Grenzen ausgleichen. Es liegt demnach eine biologische „Sollwertgebundenheit“ vor. Eine längere Unterkühlung oder Kälteperioden können vom Organismus kaum ausgeglichen werden. In diesem Zusammenhang sei auf die äußerst interessanten Versuche von VOGEL [2] über die Kälteresistenz und re-

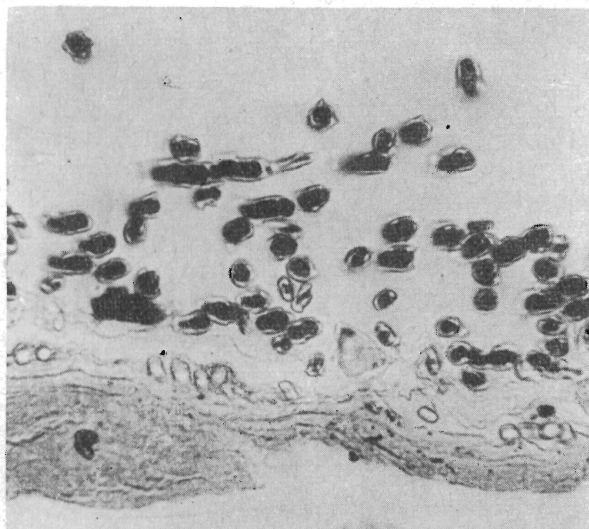


Bild 2. Hautquerschnitt einer Waldspitzmaus mit typischer Haarquerschnittsschichtung und Luftpolsterbildung über der Hautoberfläche. Die Haarwurzel-Querschnitte befinden sich dicht unter der Oberhaut. Schweißdrüsen und Nerven sind im Bild nicht festzustellen.

280 : 1, Hellfeld, 1 sec

Bild 2—10: HERBERT APPELT, Würzen

versible Hypothermie hingewiesen. Vielleicht können einige Aspekte der Haaruntersuchungen als Beitrag für die Ökologie der Etruskerspitzmäuse dienen.

Das Vorkommen und Verbreitungsgebiet der Etruskerspitzmäuse ist, wie bereits gesagt, an ein eng begrenztes, dem Tier angenehmes und die Lebensfunktionen sicherndes Habitat gebunden. Etruskerspitzmäuse leben deshalb versteckt im Gras und Gebüsch, vorwiegend im Schatten warmer Gebiete (Bild 1). HANŽAK [1] führt weiter aus, daß Etruskerspitzmäuse einen Lebensraum unter Wurzelwerk, in Schilf- und Gras-

flächen, teils in Wassernähe, bevorzugen. Das superdichte Haarkleid (Punkt 3) bietet trotz der Kürze (Punkt 4.1.1.) einen guten Schutz vor eindringender Feuchtigkeit. Sparsame Niederschläge, Tau und abgestreifte Wassertropfen werden aktiv vom Fell eliminiert. Ein zu großer Wärmeverlust entsteht durch das Trocknen des Fells nicht. Zur Wärmehaltung und gegenüber eindringender Feuchtigkeit ist das Haar im gesamten Bau (s. Punkt 4.1., Tafel 1/2) auf das Beste angepaßt.

3. Probenumfang

Es lagen zur Haaruntersuchung zwei verschiedene Haarproben vor, die freundlicherweise von Herrn HUTTERER und Herrn Prof. VOGEL zur Verfügung gestellt wurden. Die Herkunft geht aus folgenden Angaben hervor:

Probe I:

Herkunft: Naturhistorisches Museum Wien, Dr. SPITZENBERGER durch
RAINER HUTTERER
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Institut für vergleichende Verhaltensforschung
Abt. 3: Ethologische Wildtierforschung Oberweiden/Österreich

Fangort: Toscana

Präparat: Alkoholpräparat

Haartyp: Rücken- und Bauchhaar (s. Bild 1)

Probe II:

Herkunft: Université de Lausanne
Faculté des Sciences
Institut de Zoologie et d'Ecologie animale
Lausanne/Schweiz
Prof. P. VOGEL

Fangort: Laborzucht

Gewicht: 2 g

Körper: 45 mm

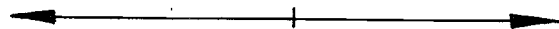
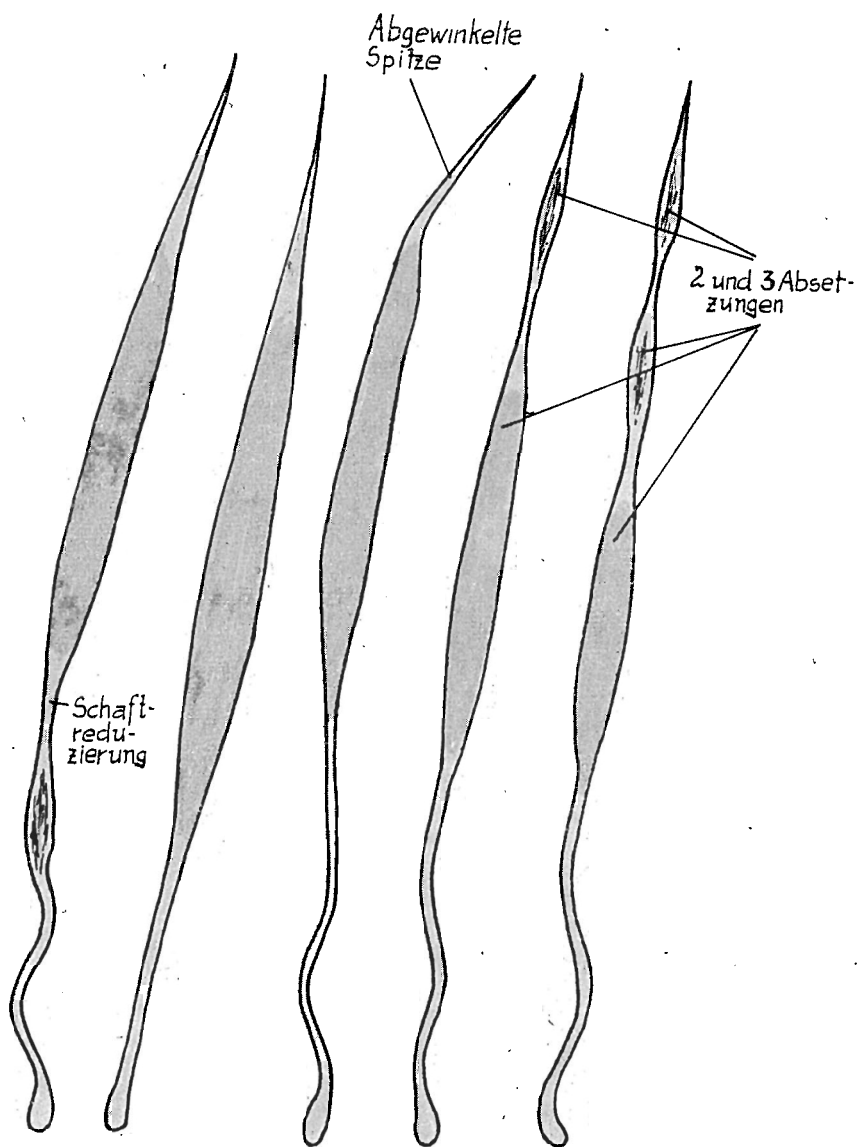
Schwanz: 27 mm

Hinterfuß: 7 mm

Ohr: 4 mm

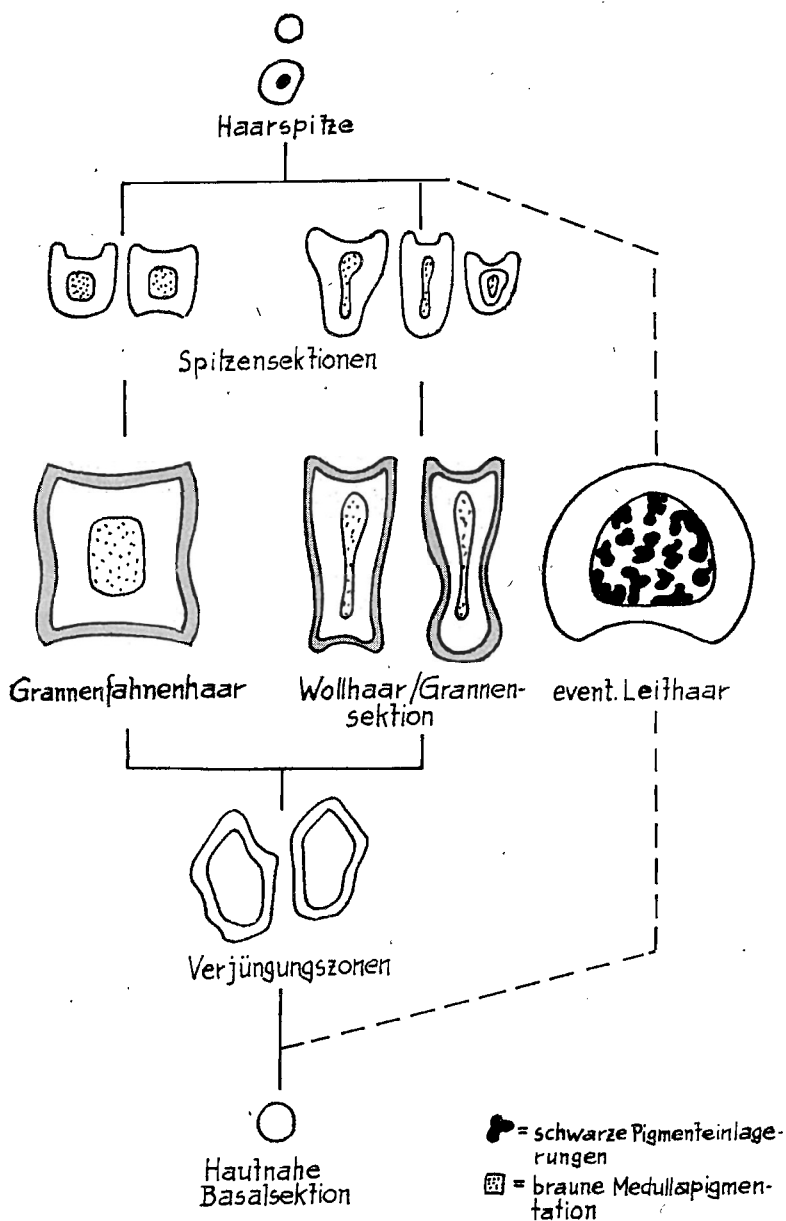
Haartyp: Rückenhaar (s. Bild 1)

Die Haarlängenermittlung ist durch die schwache Wellung und die extrem kurze Stapellänge sehr erschwert. Es erfolgte unter mikroskopischer Kontrolle eine Streckung der Haare, die so ausgeführt wurde,



Zunahme der Strukturveränderung

Tafel 3



Tafel 4

Analogieprofile



Etruskerspitzmaus



Feldspitzmaus



Gartenspitzmaus



Hausspitzmaus

Tafel 5

daß einige Haare mit der Pinzette erfaßt und auf eine angelöste, transparente Nitrozellulosefolie gelegt werden. Danach wurden die Haare mit der stumpfen Schmalseite einer Rasierklinge einseitig am Ende angedrückt und festgehalten, während unter gelindem Druck mit einem abgeschnittenen Zeichenpinsel die überstehenden Haare in das angelöste Nitrozellulosesubstrat gestrichen wurden. Das Überstreichen erfolgte mehrere Male. Die Längenausmessung unter dem Mikroskop ergab bei den unterschiedlichen Haartypen (Tafel 3) eine durchschnittliche Stapellänge von 2—2,4/2,5 und in den überragenden Haaren maximal 3 mm (s. Punkt 2). Grundsätzliche Abweichungen traten zwischen den beiden Haarproben nicht auf. Dies trifft auch auf die Haarfärbung beider Proben zu. Auch in der Längs- und Querschnittstruktur konnten keine im mikroskopischen Bereich visuell erfaßbaren Unterschiede festgestellt werden, weshalb sowohl in Tafel 4/5 und in der mikroskopischen Bildokumentation keine Trennung von Probe I und II erfolgt. Interessant

ist in diesem Zusammenhang für die Forschung, daß trotz unterschiedlicher Herkunft der Haarproben die artspezifischen Haarstrukturmerkmale voll übereinstimmen.

4. Habitus

Zur besseren und übersichtlicheren Darstellung wurde die Gliederung nach den verschiedenen Funktionen (Wirkungsfaktoren) des Haarkleides aufgebaut (Tafel 2).

4.1. Strukturmerkmale

4.1.1. Haarstapellänge

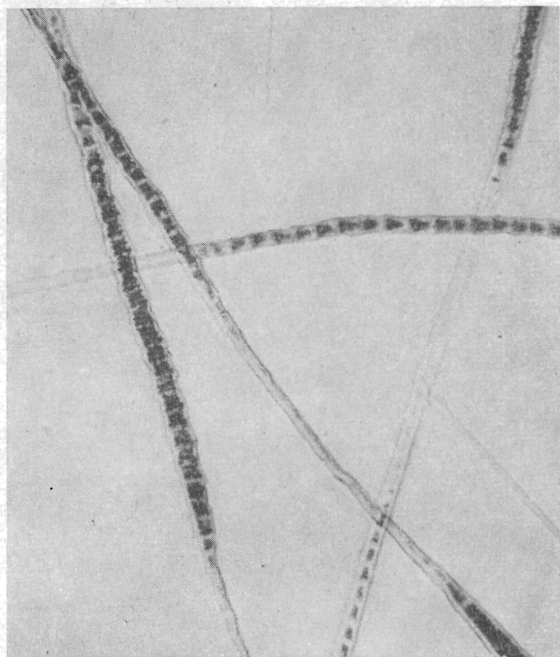


Bild 3. Basale Haarzonen einer Etruskerspitzmaus. Die für Etruskerspitzmäuse typischen basalen Schachtverdickungen sind in unterschiedlicher Anordnung gekammert. Die Übergangszonen sind markfrei.

400 : 1, Hellfeld, 2 sec

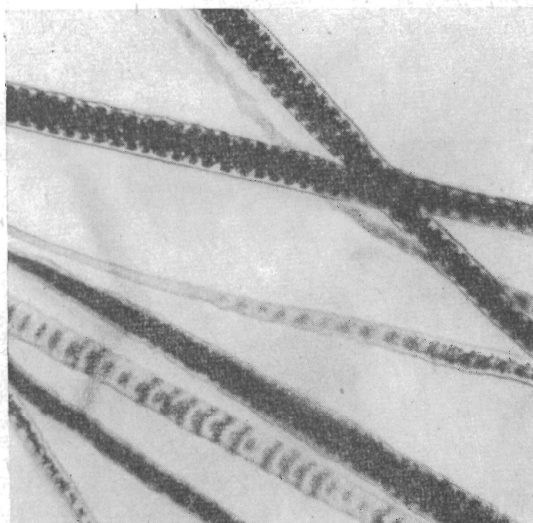


Bild 4. Verschiedene Haarschaftsektionen einer Etruskerspitzmaus. Im Untergrund sind 2 basale Haarsektionen im Bild erfaßt.
400 : 1, Hellfeld, 2 sec

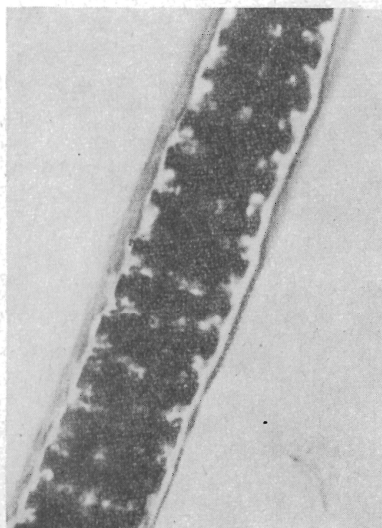
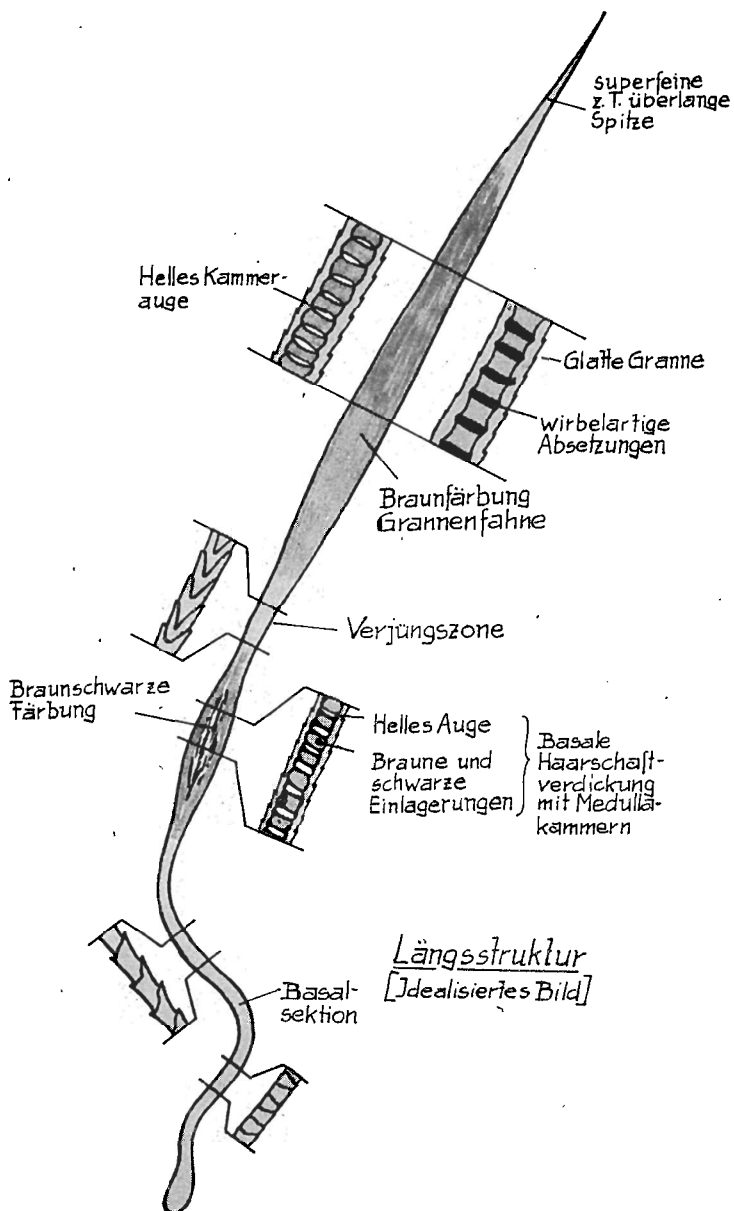


Bild 5. Medulla-Haarstruktur einer Etruskerspitzmaus-Grannensektion. Die breitgezogenen und zwischearäumlich schmal abgesetzten Luftkammern treten kontrastreich hervor.
1000 : 1, Hellfeld, 5 sec



Tafel 6

Die Ermittlung der Haarstapellänge wurde bereits im Punkt 3 beschrieben. Sie liegt im Bereich von 2 bis 3 mm und kann als extrem kurz angesehen werden. Die Längsstruktur geht aus Tafel 6/5 und Bild 3, 4, 5 hervor.

4.1.2. Haarfarbe

Die Rückenhaare von Probe I und II sind hell-ocker gefärbt. Bauchhaare der Probe I besitzen ein mehr sandfarbenes Aussehen. Wie die mikroskopische Zeichnung (Tafel 4) und die Bilddokumentation (Bild 6/7) zeigen, sind die Pigmente in die Zellwänden der Medulla untergebracht. Im Gegensatz zu anderen Spitzmäusen weist die Haarmatrix

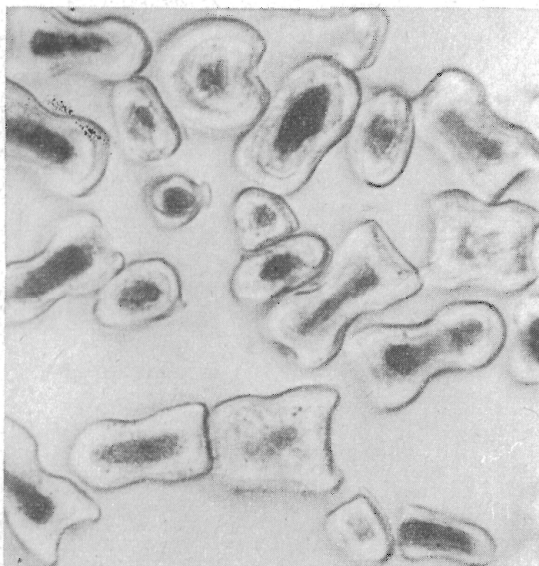


Bild 6. Querschnitte durch Etruskerspitzmaus-Haare. Es sind verschiedene Grannen- und Basal- oder Verjüngungszonen im Bild erfaßt. Eingedellte, oval-runde Querschnitte lassen eine Deutung auf Leithaare zu. Die relativ dickwandige Rindenschicht tritt bei einigen Querschnitten hervor (s. Bild 7).

1000 : 1, Hellfeld, 5 sec

(Kortex/Haarsubstanz) keine Pigmenteinlagerungen auf. Damit besteht neben der typischen Längsstruktur (Punkt 4.1.5.) eine einfache Abgrenzung zu anderen Spitzmaushaaren. Gewölluntersuchungen erfahren dadurch eine wesentliche Erleichterung.

Bauchhaare weisen gleichartige Pigmenteinlagerungen wie die Rückenhaare auf. Die sandfarbene Mikropigmentierung der Medullazellen ist jedoch nicht so typisch und visuell nur schwer erfaßbar. Auf eine mikroskopische Bildauswertung wurde verzichtet.

Die Verjüngungszonen (Haarreduzierung) und die basalen, hautnahen Zonen sind bei Etruskerspitzmaushaaren pigmentfrei.

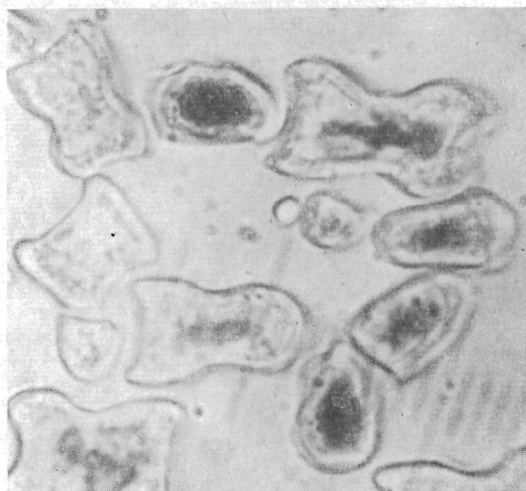


Bild 7. Querschnitte durch Etruskerspitzmaushaare in mikroskopischer Tiefeneinstellung. Die verstärkte Rindenschicht der Haare wird deutlich sichtbar. Sie ist sowohl bei Grannen- als auch bei mittelständigen Haarsektionen vorhanden.

Ein Teilstrich entspricht 2,4 μm .

1000 : 1, Hellfeld, 8 sec

Wie die mikroskopische Bilddokumentation zeigt (Tafel 3/6, Bild 3), weisen die hautnahen, basalen Zonen keine Medulla auf. Die Verjüngungszonen des reduzierten Haarschaftes sind ebenfalls immer medullafrei.

Soweit basale Haarschaftverdickungen (Tafel 3/6, Bild 3) auftreten, sind diese einreihig gekammert. Die Pigmenteinlagerungen treten vor allem im oberen, d. h., dem äußeren Haarabschnitt der Grannensektion (Bild 4) auf. Die Haarspitzen sind medullafrei und unpigmentiert. Bei der visuellen Haareinschätzung kann dies nicht festgestellt werden, weshalb sich ein allgemein bis zu den Haarspitzen ockerbraun gefärbtes Haarkleid ergibt, das in den hautnahen Basalsektionen in ein fast transparentes Aussehen übergeht.

Durch die helle Fellfärbung ist das Tier der Umgebung gut angepaßt und garantiert eine ausgezeichnete Deckungs- und Schutzmöglichkeit vor natürlichen Feinden. Gleichzeitig trägt das relativ mittelbraune Haarkleid einer geringen Wärmeaufnahme bei direkter Sonnenbestrahlung Rechnung (s. Punkt 2./4.2.). Nähere Untersuchungen stehen noch aus.

4.1.3. Haartypen (s. Tafel 3)

In der mikroskopischen Längsstruktur-Untersuchung konnten 5 Haartypen festgestellt werden, und zwar:

— glatte Grannen	} langes Haar 2,8—3 mm
— Grannen mit verjüngender Haarzone (Grannenreduzierung) und Wellung der hautnahen Basalsektion	
— Wollkörperhaar mit einer verstärkten Absetzung im oberen Haarschaft (Tafel 3)	} kurze, basal gewellte Haare 2—2,4/2,5 mm
— Wollkörperhaar mit 3 Absetzungen im Haarschaft	
— Wollkörperhaar mit 2 Absetzungen (Medullakammerzonen), und zwar einer kurzen hellen und einer längeren hellbraunen	

Die Wollhaare sind durch das verdickte Grannen- und verjüngte Basal-Haarschaftverhältnis abgegrenzt. Die Wollhaare weisen ein Abschnittsverhältnis von 1 : 1 auf. Mikroskopische Ausmessungen haben bei Grannenhaaren ein Verhältnis von 2/5 : 3/5 (Basal- : Grannensektion) ergeben, d. h. es überwiegt der Grannenfahnenanteil. Es kann weiter festgestellt werden, daß bei Etruskerspitzmäusen die Grannenhaare in überwiegender Mehrheit auftreten. Durch weitere mikrofotografische Detailaufnahmen und Auswertungen können sowohl in bezug auf die Grannen-Wollhaar- als auch die Basal-Grannenfahnenverhältnisse art-spezifische Fellbesonderheiten weiter präzisiert werden.

Die relativ langen Grannenfahnen gewährleisten in Verbindung mit der verhornten Rindenschicht einen guten mechanischen Schutz vor Verletzungen und vorzeitigem Verschleiß. Im Querschnittsbild (Bild 6/7) ist die relativ dick ausgebildete Rindenschicht deutlich zu erkennen.

4.1.4. Haarfeinheit

Die Etruskerspitzmäuse besitzen neben einem extrem kurzen auch ein superfeines Haarkleid. Dies gestattet eine hohe Haardichte (s. Punkt 3.). Mikroskopische Längsstrukturuntersuchungen haben ergeben, daß mehrere Haarwurzeln in einem Bündel zusammenhängen. Es ließen sich bis zu 5 Haarbälge in einem Bündel vereint feststellen. Eine derartige

Gruppenbildung tritt nur bei solchen Tieren auf, die über eine große Haar-Haut-Besetzungsdichte verfügen. Genauere Untersuchungen der Haarfeinheit, Gruppenbildung und Dichtebestimmungen stehen noch offen.

4.1.5. Längsstruktur

Wie bereits unter Punkt 4.1.3. beschrieben, liegen verschiedene Haartypen vor. Sie lassen sich in folgendes System einordnen. Das glatte Grannenhaar kann als Basis dienen, dem sich nach links ein Haartyp mit verjüngender Granne (Grannenreduzierung) und nach rechts die Wollhaare mit 1, 2 oder 3 Absetzungen im Haarschaft anschließen. Die Wollhaare weisen eine typische Wellung im unteren Teil des Haarschaftes auf. Das Verhältnis der gewellten Haarzone zum verdickten Grannenschaft beträgt etwa 1 : 1 (s. Tafel 3/6).

Typisch für Etruskerspitzmäuse sind Grannenhaare mit einer basal verjüngenden Grannenhaarzone. Sie kann als eine Grannenreduzierung angesehen werden. Eine Deutung ist problematisch. Sie läßt sich eventuell mit Fragen der Abwinklung der Grannenfahne zur Ausbildung einer schwachen Strichrichtung bzw. mit der Luftpolsterbildung und Körperklimatisierung (s. Punkt 4.2.) in Verbindung bringen. Wertvoll ist dieses Merkmal vor allem für die mikroskopische Haarbestimmung und Identifizierung. Tafel 3 zeigt weiterhin Haare mit einer typisch abgewinkelten Haarspitze. Sie erteilen dem kurzen Haarkleid zumindest in den Spitzen-sektionen eine gewisse Strichrichtung. Inwieweit die verstärkten Haarabsetzungen der Strichrichtung und dem mechanischen Schutz entgegenkommen, dazu kann zur Zeit nichts ausgesagt werden.

Wie aus der Tafel 6 hervorgeht, ist der basale Haarabschnitt durchscheinend transparent und schwach gewellt ausgebildet. Die Wellzone ist bei Wollhaaren länger. Dem schließt sich eine Haarschaftverdickung an. Diese ist einreihig gekammert. Das helle Kammerauge weist in Richtung Haarspitze. Die luftgefüllten Kammern der Medulla enthalten in den Zellwandungen braune bis schwarze Pigmenteinlagerungen (s. Bild 5).

Zwischen der partiellen Schaftverdickung und der relativ breit ausgebildeten Grannenfahne befindet sich ein kurzer, verjüngender Haarabschnitt, die sog. Haarreduzierungszone. Sie ist weder pigmentiert noch gekammert. Die Darstellung läßt sich aus dem Mikrofoto, Bild 3, entnehmen.

Den Hauptteil nimmt die breite Grannenfahne ein. Diese Verbreiterung nimmt allmählich zu und läuft zur Haarspitze schließlich verjüngend aus. Die Medulla besteht aus breiten, einreihig angeordneten Kammern (Bild 5, Tafel 6). Sie sind entweder durch eine helle Grenzzone, das Auge, abgesetzt, oder sie weisen dunkle, wirbelartige Ab-

setzungen auf. Dies ist von Haar zu Haar verschieden. Die Kammerwandungen sind mit braunen Pigmenten versehen, so daß bei der normal visuellen Einschätzung der Eindruck eines hellbraun gefärbten Haarschaftes entsteht. Zum Unterschied von anderen Spitzmaushaaren ergeben sich 2 typische Merkmale, und zwar:

1. liegen bei Etruskerspitzmäusen die Pigmente nicht in der Haarmatrix, sondern in den Zellwandungen der Medullakammern, und
2. ist die Matrix gegenüber der Medulla sehr dünnwandig ausgebildet.

Die Matrix mit der nach außen abgrenzenden Rindenschicht (Epidermikula) ist dünnwandig ausgebildet und trägt mit der gesamten Haarstruktur der biologischen „Leichtbauweise“ Rechnung. Durch die verhältnismäßig dickwandige Rindenschicht wird bei den kurzen Haaren ein Ausgleich zwischen der mechanischen Beanspruchung und der biologischen Leichtbauweise geschaffen. Die dickwandige Rindenschicht garantiert trotz extrem kurzer Haarbeschaffenheit einen ausreichenden mechanischen Schutz, der bei der beschriebenen Lebensweise bestimmt vorausgesetzt werden kann (Punkt 4.3.).

Trotz einer sehr großen Haarfeinheit wird durch die breite und sich über einen relativ langen Grannenfahnenchaft erstreckende Medullakammerung ein zwangsläufiger Lufteinschluß erreicht. Luft als schlechter Wärmeleiter wird damit in den Medullakammerungen in den hautfernen, d. h. im Haarkleid an den Grenzflächen zwischen Körper und Umwelt als konstantes Luftpolster gebunden. Die Schutzfunktionen lassen sich aus diesem biologisch wirksamen Luftkammersystem ableiten, ohne spekulativ zu wirken.

Einmal stellt die äußere Luftpolsterbildung einen Schutz vor zu großem Wärmeverlust und zum anderen bei den extrem kurzen Haaren einen Schutz vor Kälte- und Wärmeeinflüssen von außen dar. Damit trägt die Medullakammerung trotz kürzester Haarbeschaffenheit einmal einem konstant wirkenden Luftpolster und zum anderen der Wärmehaushaltregulation Rechnung. Es ist Aufgabe der Wissenschaftler, den biologischen Wirkungsmechanismus genauer zu untersuchen und zu definieren.

Die Haarenden laufen in einer sehr feinen, unpigmentierten, z. T. überlangen Spitzenbildung aus. Inwieweit die überlangen Haare Leithaare darstellen, kann auf Grund des geringen Probenumfanges nicht definitiv gesagt werden. Im Querschnitt treten halbmondförmig ausgebildete bzw. eingedellte Rundprofile auf. Sie lassen das Auftreten von Leithaaren vermuten, doch kann es sich gleichfalls um biologisch deformierte Haarprofile handeln. Leithaaruntersuchungen müssen in der Folge noch durchgeführt werden. Im Querschnittpräparat treten derartig strukturierte Profile nur einmalig auf, so daß die Beobachtung und Fest-

stellung erst bei folgenden Untersuchungen berücksichtigt werden kann.

In der hautnahen Zone (s. Tafel 6/3) reichen die Schuppenränder über die gesamte Schaftbreite. Die Schuppenränder sind fein und wenig strukturiert ausgebildet. Sie sind etwa denen normaler Wollhaare analog. Mit Beginn der ersten Wellung spreizen sich die Schuppen in den Randzonen becher- bzw. sägezahnartig ab.

Haarvergleiche zeigen, daß überall dort basale oder mittelschaftständige Schuppenabspreizungen auftreten, wo ein Eindringen von Wasser oder Feuchtigkeit bis zur Hautoberfläche vermieden werden soll. Eine derartige abspreizende Schuppenrandkonstruktion ist nicht nur auf Etruskerspitzmäuse begrenzt, sondern ist bei vielen Kleinsäugetern zu beobachten. Die abspreizenden Schuppen dienen sowohl der Kapillarbildung als auch als Kondensationspunkt für eindringende Feuchtigkeit. Sie verhindern das Durchschlagen der Feuchtigkeit bis zur Hautoberfläche. Durch den körpereigenen Wärmedruck können Etruskerspitzmäuse bei kurzzeitiger Feuchtigkeitseinwirkung das Kondensat aus dem Haarkleid hinausdrängen. Das Gleichgewicht zwischen Eindringen und Hinausdrängen von Feuchtigkeit bleibt bei gesunden Kleinsäugetern solange erhalten, wie Nahrungsangebot, Grundumsatz und klimatische Bedingungen in Übereinstimmung stehen. Diese allgemeine Feststellung von Haaruntersuchungen trifft in ganz besonderer Weise auf die Etruskerspitzmäuse zu.

Um die Schuppenstrukturen im mikroskopischen Sehfeld kontrastreich darzustellen, ist es zweckmäßig, die Haare in Silikonöl unter Deckglasverschluß zu untersuchen. Haarabdrücke liegen auf Grund der extrem kurzen Haarbeschaffenheit zur Zeit noch nicht vor. Dies erschwert das Studium der Schuppenstruktur in den partiellen Schaftverdickungen und der braun gefärbten Grannenfahne wesentlich. In dem partiell verdickten Haarabschnitt (Tafel 6) stehen die Schuppenränder sägezahnartig ab. Die reduzierte Verjüngungszone weist V-förmige Schuppenstrukturen mit geringer Randabspreizung auf. Im verdickten Grannenfahnenabschnitt nimmt die Schuppenabspreizung der Haarrandzonen wieder zu. Sie nimmt die Form einer feinen, dachziegelartigen Schuppenüberlappung an. Die Haarspitzen laufen in feinen, becherartig ineinandergesteckten Einzelschuppen aus. Die Abstände der einzelnen Schuppen nehmen zur Haarspitze hin zu.

Das Fell der Etruskerspitzmaus besitzt nur eine geringe Strichrichtung. Dies wird einmal durch die kurzen Haare und zum anderen durch die enorme Haardichte bewirkt. BARABASCH berichtet: „Nach Untersuchungen einer Serie von Fellen der Don-Desman-Population beträgt die Anzahl der Haare je Quadratzentimeter auf dem Rücken im Durchschnitt etwa 18000, am Bauch 20000 und mehr. Das sind wesentlich höhere Werte als bei anderen Insektivoren, die auf dem Lande leben.“

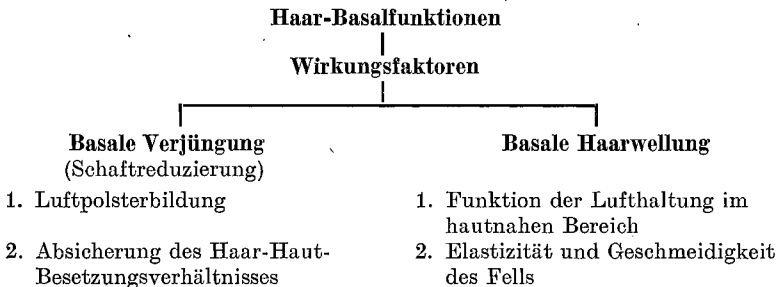
BARABASCH (s. [6]) bezieht die Zahlenangaben auf Desmane. Sie dürften bei Etruskerspitzmäusen gleich oder noch größer sein. Es wäre eine dankbare Aufgabe, derartige Auszählungen nicht nur bei Etruskerspitzmäusen, sondern auch bei den verschiedenen Wasserspitzmäusen vorzunehmen. Sie könnten der Ökologie einen weiteren Aufschluß über die Schutzfunktionen der Haarkleider von Kleinsäugetern, speziell Spitzmäusen geben.

Um das Haarquerschnitt-Haut-Bedeckungsverhältnis nicht zu unterschreiten und den Haaren einen sicheren Halt in der Haut zu geben, sind zwei biologische Besonderheiten festzustellen, und zwar:

1. weisen die basalen Haarsektionen in den feinen Haaren eine Basalverjüngung (s. Tafel 3/6), zum Teil eine doppelte Schaftreduzierung auf, und
2. findet eine Haargruppenbildung statt.

Die Basalverjüngung ist aus der Habituszeichnung (Tafel 3) ersichtlich. Sie kann einmalig basal verjüngend oder in zweifacher Grannen-Reduzierung (2 und 3 Absetzungen) auftreten. Ob die basal auftretende Schaftverdickung einiger Grannenfahnenhaare mit der auftretenden Medullakammerung als zusätzliche Luftpolsterbildung in Zusammenhang steht oder der Stabilitätssicherung der Haare dient, muß zur Zeit noch unbeantwortet bleiben. Durch die starke Querschnittreduzierung der basalen Haarabschnitte findet im Zusammenhang mit der Haargruppenbildung eine sichere Verankerung der Haare in der Haut statt, ohne daß das Haar-Haut-Besetzungsverhältnis gestört wird.

Außer den glatten Haarschaften sind die Verjüngungszonen schwach gewellt. Die feinen Basalsektionen mit der Haarwellung verleihen dem Fell eine hautnahe Luftpolsterbildung. Die Haarwellung bewirkt einmal eine zusätzliche Haltung des hautnahen Luftpolsters im Fell, und zum anderen erteilt es dem Haar eine gewisse Weichheit und Geschmeidigkeit. Damit wird dem Tier das „Wohlbehagen“ gesichert. In der Tafel 7 werden die Funktionen der Basalverjüngung noch einmal übersichtlich dargestellt.



Tafel 7

4.2. Wärmeregulationsmechanismus

Das Haarkleid als Mittler zwischen Tier und Umwelt dient neben den anderen Schutzfunktionen auch der Wärmeregulation. Es garantiert den inneren und äußeren Schutz. Das Haarkleid der Etruskerspitzmäuse ist diesem auf das beste angepaßt.

Als inneren Schutz ist der vor zu großem Wärmeverlust und als äußerer der vor klimatischen und mechanischen Einwirkungen zu verstehen. Der mechanische Schutz ist in dem superdichten Fell und der relativ breit ausgebildeten Rindenschicht anzusehen. Zur äußeren und inneren Wärmeregulation besitzt das Haar von Etruskerspitzmäusen eine spezielle Struktur, und zwar eine Luftpolsterbildung in zwei Etagen, wobei das äußere in dem konstanten Luftkammersystem der Grannen-Medulla-Kammerung und dem inneren, hautnahen und variablen der feinwelligen und teilweise doppelt reduzierten Haarverjüngungszonen vorliegt.

Kommt eine Hautkontraktion hinzu, so wird ein Atmungseffekt der gesamten Fellstruktur erreicht. Die Hautkontraktion wird vermutet und bedarf einer wissenschaftlichen Bestätigung. Im bejahenden Fall würde ein Walk- oder Atmungseffekt analog textiler Maschenwaren erzielt, der bei Maschendehnung eine Luftansaugung und bei Maschenentspannung eine Luftabgabe und damit einen hautnahen Luftaustausch (Luftzirkulation/Körperklimatisierung) bewirkt. Derartig bionische Probleme sind bis jetzt noch nicht bei der Literaturdurchsicht festgestellt worden. Sie bieten der Forschung ein weites Betätigungsfeld.

4.3. Haarquerschnittuntersuchungen

Bei der Haarquerschnittuntersuchung von Spitzmäusen sind allgemein zwei Besonderheiten zu berücksichtigen, und zwar:

einmal das Auftreten verschiedener Querschnittkonfigurationen entsprechend der einzelnen Schnittsektionen des Haarschaftes und zum anderen Profilabweichungen innerhalb der verschiedenen Haartypen, d. h. Grannen-, Grannenfahnen-, Leit-; Wollhaare u. dgl. im Fell.

Bei der Etruskerspitzmaus liegen zwei wesentliche Profilunterschiede der Grannensektionen von Woll- und Grannenfahnenhaar vor. Die Profile sind aus Tafel 4 und dem Mikrofoto Bild 6/7 zu entnehmen.

Die gröberen Grannenhaare treten gegenüber den feineren Wollkörperhaaren in verminderter Anzahl auf. Durch die Querschnittpräparation kann im mikrofotografischen Bild eine Abweichung des Grannen-Wollhaar-Verhältnisses auftreten. Genaue Verhältniswerte lassen sich nur bei Querschnitten durch zusammenhängende Haarstapel oder kleine Fell-

stücke erreichen. Jedoch ist eine derartige Schneidetechnik präparativ sehr aufwendig.

Rundprofilierte Leithaare konnten bei Etruskerspitzmäusen nicht direkt festgestellt werden (s. [7]). Jedoch liegt ein eingebuchteter Rundprofilquerschnitt in einem Schnittpräparat vor. Er ist zeichnerisch in Tafel 4/5 wiedergegeben. Im Gegensatz zu Etruskerspitzmäusen treten bei Feldspitzmäusen rundprofilierte Leithaare in größerer Anzahl auf. Sie besitzen eine dichte Pigmentanordnung in der Kortex. Der Identifizierungsalgorithmus (Punkt 4.4., Tafel 8) gibt über die Besonderheiten der Etruskerspitzmäuse Auskunft.

Die hautnahen Basalzonen sind bei Grannenfahren- und Wollkörperhaaren im Profil gleichartig rund ausgebildet. Eine Pigmentation ist nicht festzustellen.

In den Wellzonen bzw. dem glatten basalen Schaftteil sind beide Haartypen gleichartig ausgebildet. Es treten regellos eingedellte Querschnittsbilder auf. Sie besitzen gegenüber der großvolumigen Medulla nur eine dünne Kortex. Erst im Übergang zur Grannenausbildung des mittelständigen Haarschaftes treten differenzierte und für jede Spitzmaus typische Querschnittsbilder auf.

Die Wollkörperhaare sind in der Regel flacher, d. h. langgestreckter als die Grannenfahren-Querschnittsektionen. Sie sind im mikroskopischen Bild 6/7 (s. auch Tafel 4) durch ihre schlanke Form mit teilweise taillenförmigen Einschnürungen sofort zu erkennen. Die Grannenfahrenquer-

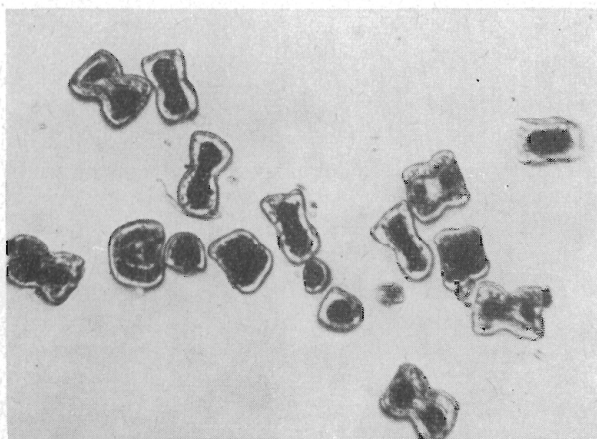


Bild 8. Feldspitzmaus-Haarquerschnitte weichen im Profil von Etruskerspitzmaushaaren vor allem durch die Pigmentierung der Haarsubstanz ab.

400 : 1, Hellfeld, 3 sec

schnitte sind quadratischer bzw. rechteckiger ausgebildet. Sie weisen eine schwach gewölbte bis stärker eingedellte oder eingebuchtete Seitenflächenbegrenzung auf. Die beiden Stirnseiten sind in den meisten Fällen schwach nach innen gewölbt. Damit bestehen Analogien zu Feldspitzmaus- (*Crocidura leucodon*) (Bild 8) und in geringerem Umfang zu Hausspitzmaus- (*Crocidura russula* HERM.) (Bild 9) und Gartenspitzmaus-

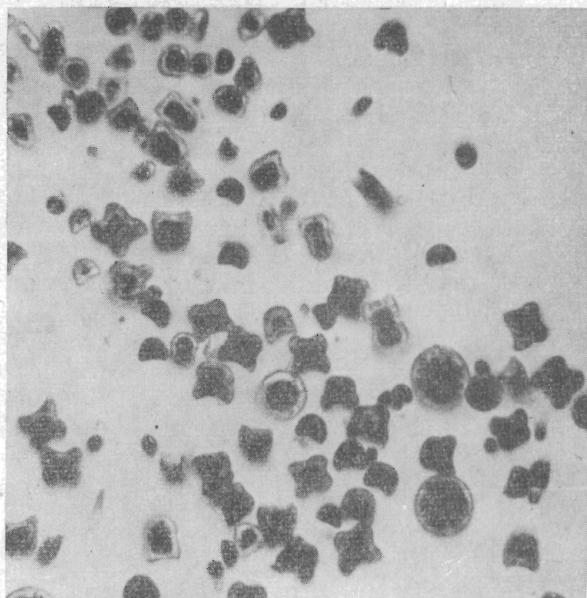


Bild 9. Verschiedene Querschnittsektionen von Hausspitzmaushaaren. Es treten mehrere rundprofilierte Leithaare auf. Die Pigmente liegen in der Haarmatrix verteilt.

400 : 1, Hellfeld, 2 sec

haaren (*Crocidura suaveolens mimula*) (Bild 10). Sie lassen sich im Identifizierungsalgorithmus leicht von Etruskerspitzmaushaaren trennen. Querschnittsbilder von Feldspitzmaus-, Hausspitzmaus- und Gartenspitzmaushaaren liegen in den Bildern 8, 9 und 10 vor. Wie bereits unter Punkt 4.1.5. ausgedrückt, treten vereinzelte Haare mit einem einseitig eingedellten Rundprofil (Tafel 4) auf. Sie können eventuell als Leithaare bezeichnet werden. Der geringe Probenumfang gestattete keine weiteren Untersuchungen.

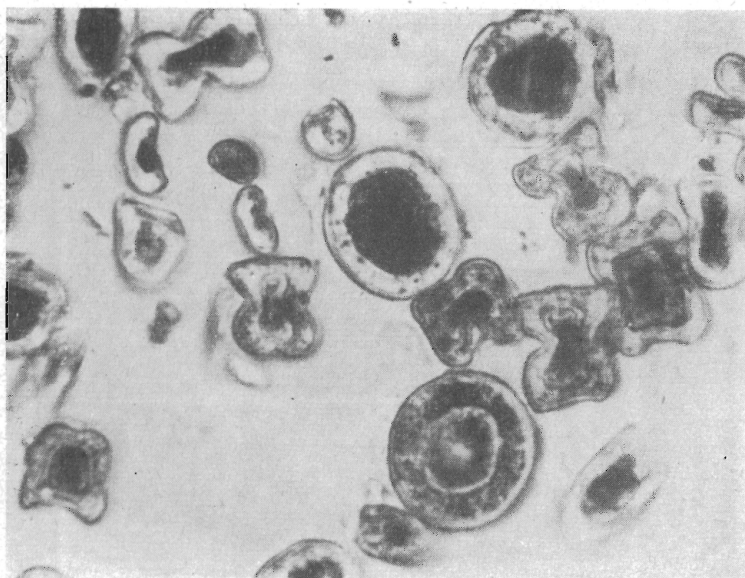


Bild 10. Pigmenteinlagerungen in Querschnitten von Gartenspitzmaushaaren. Die Grannenhaar-Querschnitte weisen gegenüber Feld- und Hausspitzmäusen eine stärkere seitliche Einschnürung der Profile auf.

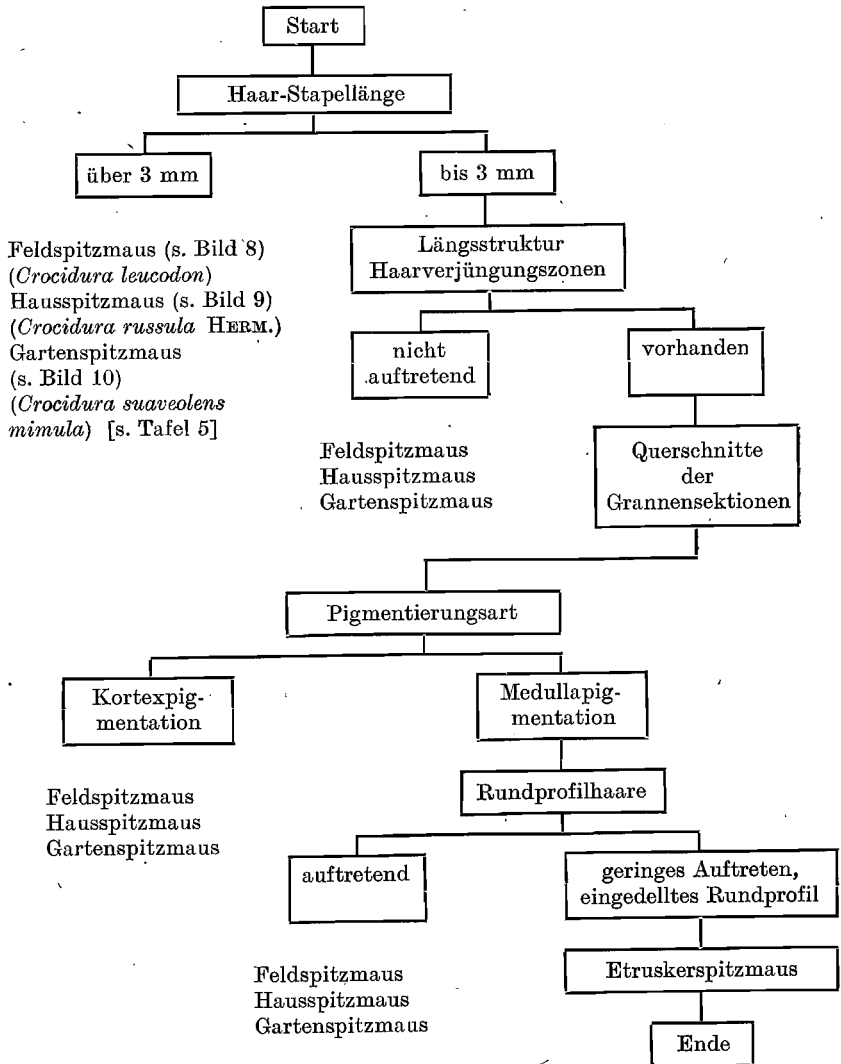
1000 : 1, Hellfeld, 8 sec

Die Profilausbildung der Rücken- und Bauchhaare ist gleichartig. Die Rindenschicht der Grannensektionen ist relativ dick ausgebildet und grenzt die Kortex als optisch stärker lichtbrechendes Medium (Substanz) deutlich voneinander ab (Bild 6/7). In der Farbstellung sind die Bauchhaare etwas heller. Im mikroskopischen Sehfeld erscheinen die Bauchhaare transparenter. Die Querschnittuntersuchung zeigt jedoch, daß die Medulla gleichfalls mit bräunlichen Pigmenten durchsetzt ist. Besonderheiten treten bei den Bauchhaaren nicht auf.

Die Spitzensektionen sind bei beiden Haartypen fast gleichartig profiliert. Die Grannenfahnenenden weisen gegenüber den schlankeren Wollhaarendprofilen eine einseitig eingebuchtete (kannelierte) Querschnittsstruktur auf. Die Wollhaarendprofile hingegen besitzen eine teils ypsilonförmige (Y) Querschnittform (s. Tafel 4). Die Spitzen laufen bei beiden Haartypen rundprofiliert aus.

Charakteristisch für alle Spitzmäuse und Kleinsäuger ist das Querschnittprofil der Grannensektionen der Haare. Die Querschnittkonfigurationen sind unterschiedlich und für jede Tierart typisch. Nach der

Identifizierungs-Algorithmus



Tafel 8

Profilbeschaffenheit ist es möglich, einen Identifizierungsatlas der Spitzmäuse auf Grund der Haarstrukturen aufzubauen. Dies gilt auch allgemein für die anderen Kleinsäuger der heimischen Fauna.

4.4. Untersuchungsalgorithmus

Zur raschen Identifizierung von Fund-, Rumpf-, Präparate- oder Gewollhaaren kann der in Tafel 8 angegebene Untersuchungsalgorithmus weiterhelfen. Es sind 4 Schrittfolgen in der Untersuchungsführung notwendig. Wenn in der algorithmischen Schrittfolge vorangegangen wird, können Etruskerspitzmaushaare mit Sicherheit identifiziert werden. Die vier Schrittfolgen gliedern sich in

- die Haarlängenbestimmung (visuell/makroskopisch)
 - die Verjüngungszonenbestimmung (Längsstrukturuntersuchung, mikroskopisch)
 - die Pigmentanordnungsbestimmung (mikroskopische Querschnittuntersuchung) und
 - die Haarprofilbestimmung (mikroskopische Querschnittuntersuchung)
- als bestätigende Untersuchung.

5. Annotation

Haaruntersuchungen von Etruskerspitzmäusen sind meines Wissens nach in der Literatur noch nicht vorgenommen worden. Es ist deshalb schwer, einen Anhalt oder eine Bestätigung in der Aussage der Untersuchungen zu finden. Zum Teil mußten gedankliche Überlegungen zu Hilfe genommen werden. Es ist Aufgabe, in weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen eine Bestätigung der gewonnenen Erkenntnisse zu finden. Interessant ist, daß die Etruskerspitzmäuse eine starke Haarprofilanalogie zu Feldspitz-, Garten- und Hausspitzmäusen, d. h. zu den *Crocidura*-Arten aufweisen.

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen können beim Vorhandensein eines größeren Probenumfanges von Etruskerspitzmaushaaren bereits bei Längsstrukturbeobachtungen Auskunft über die Profilabweichungen und das Auftreten von teilweise rundprofilierten Leithaaren geben.

Literatur

- [1] HANŽAK (1974): Taschenatlas der Säugetiere. Artia-Verlag Praha, S. 80—81.
- [2] VOGEL, P. (1974): Kälteresistenz und reversible Hypothermie der Etruskerspitzmaus (*Suncus etruscus* SAVI, 1822). Ztschr. f. Säugetierkde. **39**, 2, S. 78—88.
- [3] FONS, R. (1974): Methode de capture et d'élevage de la Pachyure étrusque, *Suncus etruscus* SAVI 1822. Ztschr. f. Säugetierkde. **39**, 4, S. 204—210.
- [4] FONS, R. (1974): Le repertoire comportemental de la Pachyure etrusque, *Suncus etruscus* SAVI 1822. Extrait de la Terre et la Vie, **1**, S. 131—157.
- [5] HUTTERER, R. (1974): Wie nützlich sind unsere einheimischen Spitzmäuse. Natur und Land (Wien), **60**, 1/2.
- [6] BARABASCH-NIKIFOROW, Dr. I. I. (1974): Die Desmane. Neue Brehm-Bücherei Nr. 474, Wittenberg.
- [7] BRINK, F. H. VAN DEN (1957): Die Säugetiere Europas. Hamburg/Berlin, S. 34.

Eingang: 19. 7. 1976

HERBERT APPELT, DDR-725 Wurzen, Erich-Weinert-Str. 4