

## Über die Haarformen der weißen Ratte (*Mus rattus norvegicus*, var. *albinos*)

Ein Beitrag zur forensischen Diagnostik von Nagetierhaaren

Fritz-H. Feder und Rudolf Hebel

Institut für Histologie und Embryologie der Tiere, Universität München (BRD)

Eingegangen am 29. Mai 1973

Hair Forms of the White Rat (*Mus rattus norvegicus*, var. *albinus*)

A Contribution to the Forensic Diagnosis of Rodent Hair

*Summary.* 1. There are contrary statements about the classification of the hair of rodents. To clear them up some guard hairs were taken from several body regions of 20 albino rats of different ages. The external measurements, the form of cuticular scales and the medullary air cells were examined. — 2. The average of all measurements was calculated and charted. — 3. The albino rat has bristles, awns, and furs. There are two types of bristles. One of them (type A) has been called tactile hair. — 4. Sinus hairs and type A of the bristles are also shed in a hair cycle. — 5. There are only modified bristles on the tail and the scrotum. — 6. The hair of the albino rat and the hair of the house rat are equal in length, but shorter than those of the wild norwegian rat. The cross section is bigger than that of the related rodents. The scales of the bristles are equal to those of the wild norwegian rat, the scales of the awns in the lower parts are equal to those of the house rat. There are no notches in the marginal cells of the medullary cord. The round medullary discs have only little connection.

*Zusammenfassung.* 1. Im Schrifttum liegen widersprüchliche Angaben über die Einteilung der Haare bei Nagern vor. Um diese zu klären, wurden Fellhaare an mehreren Körperstellen von 20 Albinoratten verschiedenen Alters untersucht. Die äußeren Abmessungen, das Schuppenbild und die Marklufträume wurden beurteilt. — 2. Die Durchschnittswerte der Meßergebnisse wurden errechnet und tabellarisch dargestellt. — 3. Aus den Befunden geht hervor, daß auch bei der Albinoratte Leit-, Grannen- und Flaumhaare vorhanden sind. Innerhalb der Leithaare gibt es 2 Typen, deren einer (Typ A) als Tasthaar modifiziert sein soll. — 4. Auch Sinushaare und Leithaare vom Typ A unterliegen einem Haarwechsel. — 5. An Schwanz und Scrotum treten nur abgewandelte Leithaare auf. — 6. Die Haare der Albinoratte und der Hausratte sind etwa gleich lang, jedoch kürzer als die der wilden Wanderratte. Der Querschnitt ist größer als bei verwandten Nagern. Die Epidermikulaschuppen gleichen beim Leithaar denen der wilden Wanderratte, beim Grannenhaar ähneln sie im basalen Teil denen der Hausratte. Die Randzellen des Markstranges zeigen keine Einkerbungen. Die runden Markscheiben besitzen einen geringen Zusammenhalt.

*Key words:* Haarformen, weiße Ratte — Spurenuntersuchung, Haare.

### Einleitung

Rattenhaare können gelegentlich als kriminalistisch oder rekonstruktiv wichtiges Leitelement auftreten, z. B. an der Kleidung einer Leiche, bei der Tierfraß-

verletzungen zu bewerten sind, oder bei Verletzungen von Säuglingen durch Wanderratten oder Wasserratten, wie sie gelegentlich beobachtet wurden. Schließlich ist daran zu denken, daß Rattenhaare an der Kleidung von Tierwärtern oder Laboratoriumspersonal gelegentlich als sekundäre Kontaminationsspur auf die Kleidung anderer Personen übertragen werden können. In solchen Fällen ist die mikromorphologische Differentialdiagnose gegenüber anderen Tierhaaren z. B. Katzenhaaren oder Pelzhaaren, wichtig.

Vergleichende Untersuchungen über die Feinstruktur der Fellhaare (Waldeyer, 1884; Toldt, 1910; Lochte, 1938; u. a.) haben zu einer Einteilung in Leit-, Grannen- und Flaumhaare geführt, die seither allgemein und auch für Nagetiere Verwendung findet. Auf Grund einiger Befunde an Nagern kommt Dry (1926, 1928) demgegenüber zu einer Einteilung in 4 Haartypen, die sich nur teilweise mit der erstgenannten deckt.

In den letzten Jahren erneut aufgenommene Untersuchungen an speziellen Tasteinrichtungen der Haut, den sog. Haarscheiben (Smith, 1967), die in Verbindung mit im gleichen Sinne besonders ausgestatteten Haarfollikeln, den „tylotrichen“ Follikeln stehen (Straile, 1960, 1961), enthalten Hinweise darauf, daß die von Dry angewandte Klassifizierung berechtigt ist.

Dies gab uns Anlaß, die Fellhaare einer Nagerart mittels exakter Messungen mit Hinblick auf diese unterschiedlichen Auffassungen zu untersuchen. Hierfür wurde die weiße Laboratoriumsratte gewählt, um für diesen Modellfall über ein genetisch weitgehend einheitliches Ausgangsmaterial verfügen zu können. Außerdem sollte mit den erhaltenen Werten die klassische Zusammenstellung von Daten über die Säugetierhaare (Lochte, 1938; Waldeyer, 1884) ergänzt werden, in denen die albinotische Variation der Wanderratte nicht oder nur unvollständig berücksichtigt ist.

Neben Fellhaaren wurden zum Vergleich auch die Langhaare (Sinushaare) und die Haare des Schwanzes in die Untersuchung miteinbezogen.

### Material und Technik

Von 20 weißen Ratten beiderlei Geschlechts, die bei gleichmäßiger Raumtemperatur in Makrolonkäfigen gehalten worden waren, wurden Haarproben an Nacken (nachfolgend Probe 1), Schwanzwurzel (2), Schulterblattgegend (3) und Kniegegend (4) entnommen. Außerdem wurden die Scrotalhaare männlicher Tiere, die Schwanzhaare und Sinushaare aus dem Bereich der Oberlippe untersucht.

Zur Messung der Länge und der Dicke der Haare und zur Beurteilung der Größe und der Form der Epidermikulaschuppen wurden Abdrücke auf Zelluloidobjektträgern nach dem Verfahren von Nistler (1952, zit. nach Berg, 1957) hergestellt. Die Längenmessung der Haare erfolgte mit dem Stechzirkel, der auf einen Abstand von 2 mm eingestellt war. Die Dickenmessung der Haare (Wurzel mit Wurzelscheide, der stärkste Haardurchmesser und die Haarspitzenbreite) erfolgte mit einem Leitz-Meßocular, die Werte wurden in  $\mu\text{m}$  umgerechnet. Nach der Längenmessung bleiben die entsprechenden Einstiche des Zirkels auf dem Objektträger, mit deren Hilfe der Haarabdruck in 4 gleiche Abschnitte unterteilt wird. Auf diese Weise ergeben sich bei unterschiedlichen Haarlängen proportionale Verhältnisse, die Vergleichsmöglichkeiten der Epidermikula verschiedener Haare an den Punkten  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{4}$  der Haarlänge zulassen. Diese Punkte werden im folgenden Text mit a, b und c bezeichnet. An den Meßpunkten wurde die Länge und Breite der Epidermikulaschuppen gemessen und ihre Form beurteilt. Die Länge der Schuppen wurde in Richtung der Haarlängsachse gemessen, die Breite quer dazu. Die Beurteilung der Schuppenform erfolgte nach dem von Hausmann

(1924) festgelegten, von Holm (1964), Baumann (1965), Blümel (1965), Feder (1965), Müller (1965) und Schmid (1967) etwas erweiterten Prinzip. Zur Untersuchung des Markstranges wurden die Haare zerkleinert und nach Lochte (1938) in Terpentinöl aufgehellt. Die Marklufträume wurden nach dem von Waldeyer (1884) angegebenen Verfahren klassifiziert. Die von anderen Autoren (Lochte, 1938; Fitzthum, 1952) angewandte Darstellung der Markscheiben durch Erhitzen in heißer 17%iger Kalilauge mußte bei den vorliegenden Untersuchungen etwas variiert werden, da sich die Markscheiben bei dieser Behandlung sofort auflösten. Die besten Ergebnisse wurden erzielt, wenn die unverletzten Haare in 17%iger Kalilauge über Nacht im Brutschrank bei 37°C maceriert wurden. Anschließend wurden die Haare mit einem Tropfen Kalilauge auf den Objektträger übertragen und das aufgelegte Deckglas leicht angedrückt. Auch hierbei zerfiel ein großer Teil der Markscheiben.

Zur Beurteilung des Markes beim Sinushaar erwies es sich als zweckmäßig, Querschnitte anzufertigen. Das Haar wurde dazu in Araldit (Serva) eingebettet und auf einem Ultramikrotom nach Fernández-Morán der Firma Leitz in ca. 1  $\mu\text{m}$  starke Schnitte zerlegt. Die Färbung erfolgte mit Methylblau-Safranin in Anlehnung an die Färbemethode nach Richardson *et al.* (1960).

### Befunde

Beim *Leithaar* machten es die einleitenden Messungen bereits erforderlich, diese Haarform, die sich durch die größere Länge und den gestreckten Verlauf von den übrigen Fellhaaren abhebt, zu unterteilen. Ein Teil der Haare unterscheidet sich durch die größere Länge und den runden Querschnitt deutlich von anderen, die eine geringere Länge und einen abgeplatteten Haarschaft aufweisen. Die Unterteilung der Leithaare erfolgte nach diesen Charakteristika in einen Typ A und einen Typ B (Abb. 1, *A* und *B*).

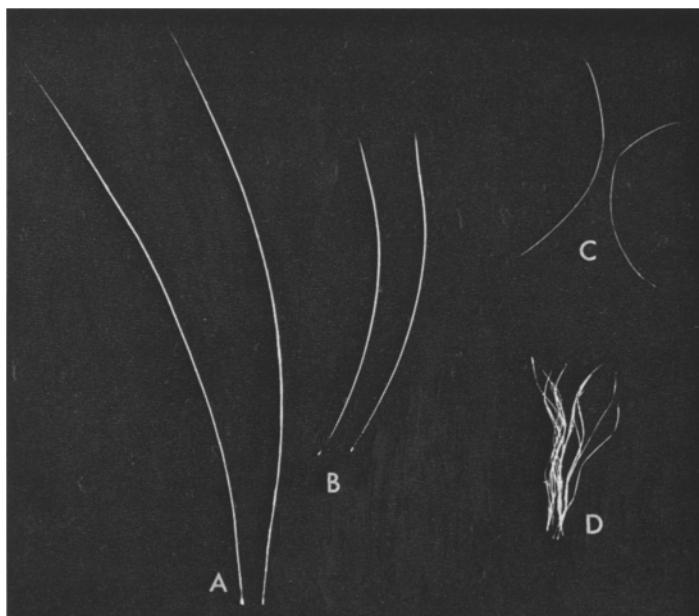


Abb. 1. Natürliche Form der Fellhaare der Albinoratte. *A* Leithaar (Typ A), *B* Leithaar (Typ B), *C* Grannenhaar, *D* Flaumhaar. Vergr. 3,5fach

Für den Typ A konnten für die 4 untersuchten Körperstellen folgende Durchschnittslängen ermittelt werden:

1. 11,5—20,2 mm (16,1)
2. 16,2—38,5 mm (24,6)
3. 12,5—20,2 mm (16,6)
4. 14,0—28,0 mm (18,8)

Die Haardicke der Leithaare vom Typ A wurden an der Wurzel, an der dicksten Stelle und an der Haarspitze gemessen. Es ergaben sich folgende Durchschnittswerte in  $\mu\text{m}$ :

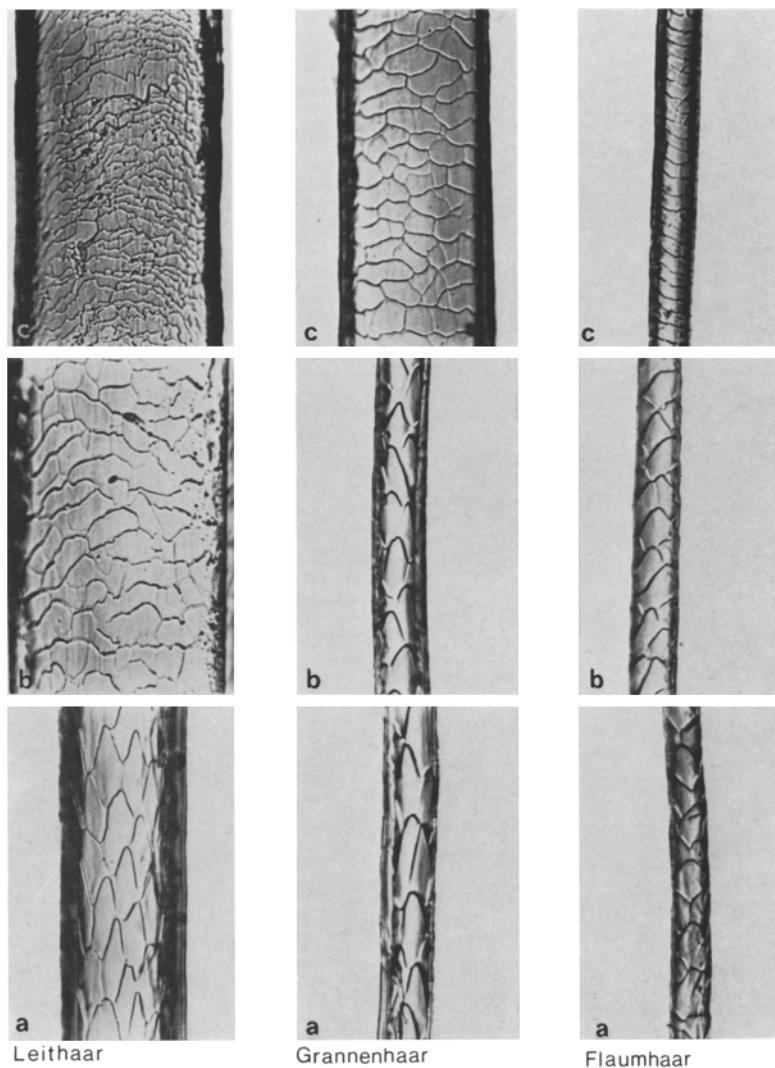


Abb. 2a—c. Abdrücke der Epidermikulashuppen der Fellhaare an den Meßpunkten a, b und c (s. Text). Vergr. 250fach

	Wurzel (+ Wurzelscheide)	Dickste Stelle	Spitze
1.	61,28	80,7	3,4
2.	68,3	78,6	5,1
3.	66,3	85,2	3,3
4.	68,1	84,7	4,1

Die Größe der Epidermikulaschuppen (Abb. 2) wurde an den 3 Meßpunkten a, b und c ermittelt. Für den Meßpunkt c kann oft nur die Länge der Schuppen angegeben werden, da das Haar meist schon so schlank ist, daß es ringförmig

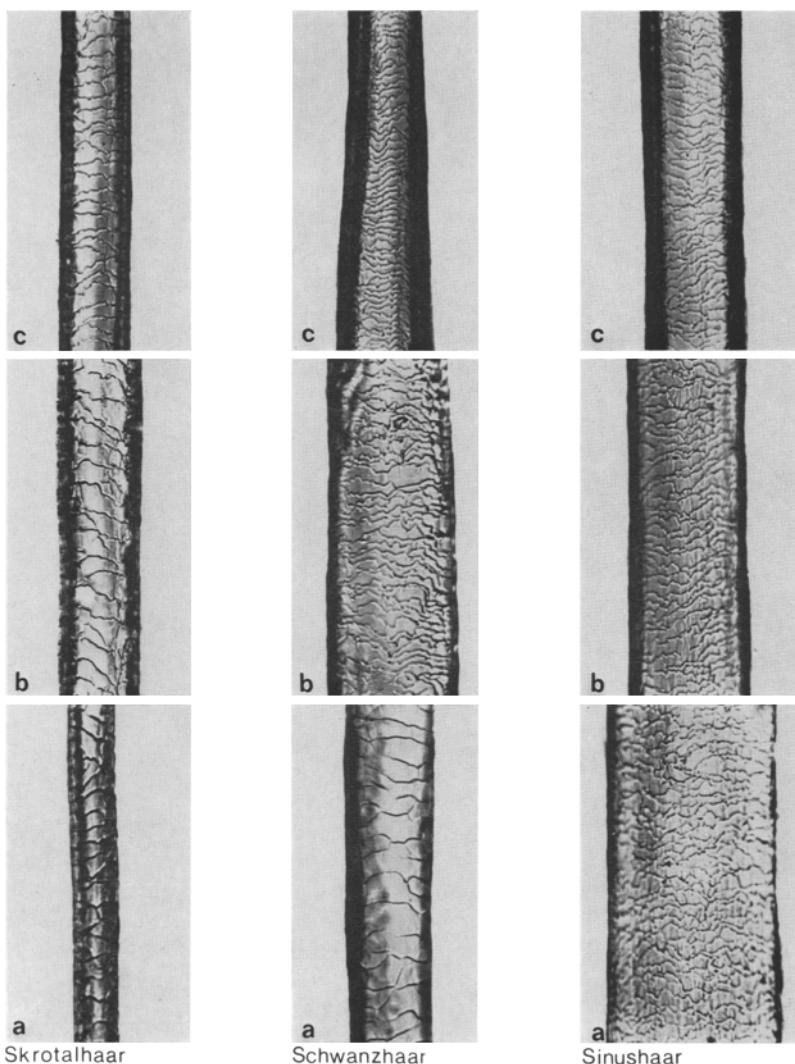


Abb. 3 a—c. Abdrücke der Epidermikulaschuppen der Haarmodifikationen an den Meßpunkten a, b und c (s. Text). Vergr. 250fach

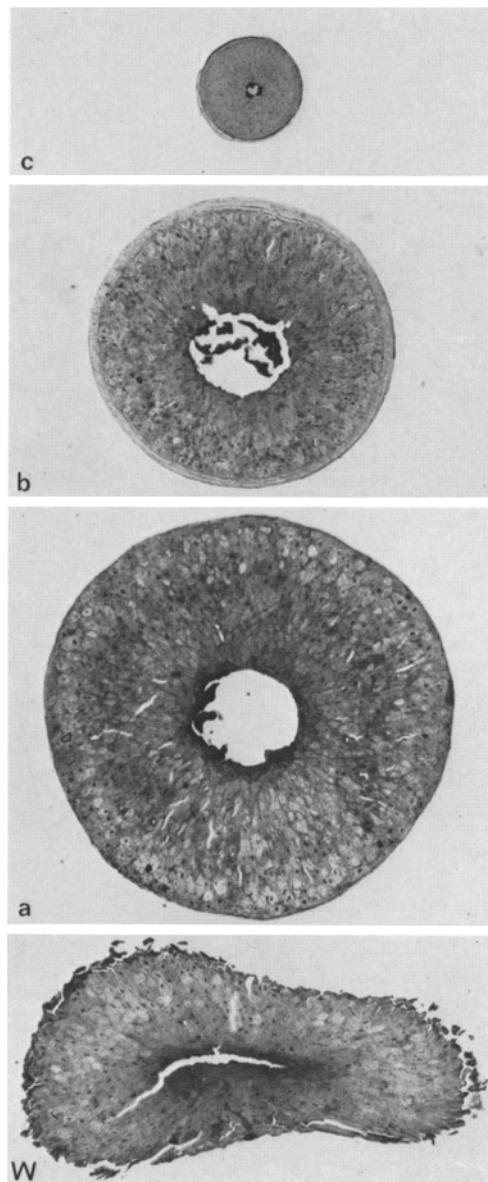


Abb. 4 a—c.  
Querschnitte eines  
langen Sinushaares  
im Wurzelbereich  
(W) und an den  
Meßpunkten a, b  
und c (s. Text).  
Dünnschnitte,  
Methylblau-  
Safranin, Vergr.  
310fach

von den einzelnen Schuppen umfaßt wird und so eine Breitenmessung nicht mehr möglich ist. Es ergaben sich folgende Werte in  $\mu\text{m}$ :

	a	b	c (Länge)
1.	$37,7 \times 14,0$	$13,8 \times 27,6$	5,7
2.	$39,4 \times 14,8$	$13,8 \times 26,1$	6,5
3.	$41,3 \times 14,8$	$15,6 \times 28,1$	6,1
4.	$39,8 \times 13,9$	$13,2 \times 27,8$	5,4

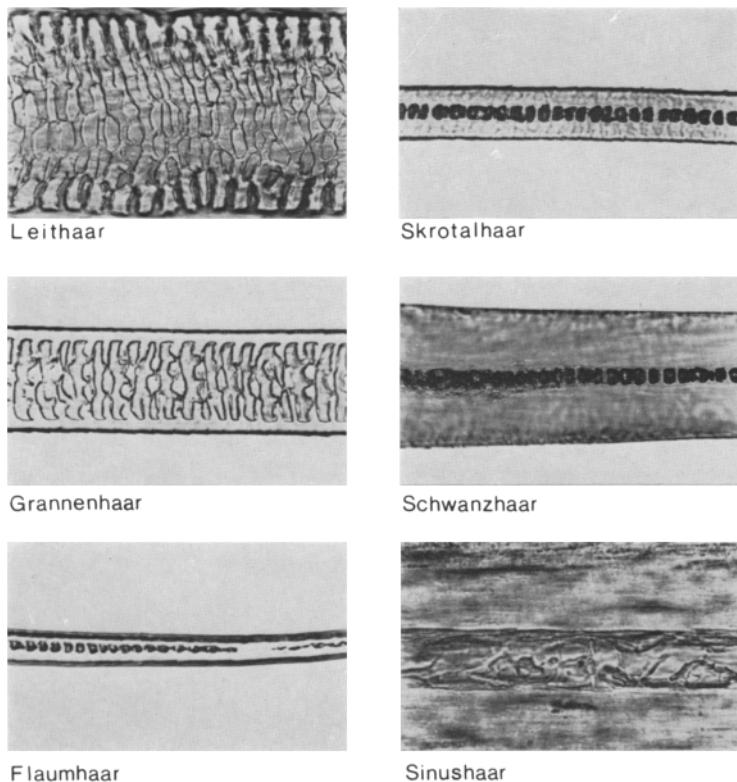


Abb. 5. Darstellung der Marklufträume. Die Luft wurde in den zusammenhängenden Markräumen mit Hilfe von Terpentinöl verdrängt. Beim Flaumhaar ist die Markunterbrechung deutlich zu erkennen. Beim Sinushaar fällt der rohrartige Markraum auf. Vergr. 250fach

Die Schuppen der Leithaare vom Typ A zeigten an allen 4 untersuchten Körperstellen am Meßpunkt a die rhombische Form (nach Hausmann Form H), die sich am weitesten in Richtung der Haarlängsachse ausdehnt. Diese Schuppe hat meist eine sehr regelmäßige Begrenzung, die Seiten des Rhombus fügen sich rund oder in abgesetzten Spitzen ineinander. Am Meßpunkt b tritt die rechteckige Schuppenform (R) auf, vereinzelt kann hier noch eine Mischform zwischen rhombisch und rechteckig gefunden werden. Der Meßpunkt c zeigt nur mehr gezackte Schuppenformen (Z), deren Breite nicht mehr zu messen ist. Die Markräume (Abb. 5) beginnen kurz oberhalb der Wurzel perlschnurartig (nach Waldeyer Form Q), um sehr schnell an Dicke zuzunehmen. Der Hauptteil des Markstranges besitzt die Form H, d. h. er ist mehrreihig und setzt sich aus unregelmäßig spindelförmigen, groß- und kleinblasigen Gebilden zusammen. Zur Spitze hin läuft der Markstrang wieder in die perlschnurartige Form Q aus. In seinem mehrreihigen Abschnitt nimmt er ca. vier Fünftel der Gesamthaardicke ein.

Für den Typ B des Leithaares konnten für die 4 untersuchten Körperstellen folgende Durchschnittslängen ermittelt werden:

1. 9,5—15,0 mm (11,6)
2. 12,5—25,0 mm (16,0)
3. 8,5—14,2 mm (11,5)
4. 9,8—19,0 mm (12,4)

Die Haardicke der Leithaare vom Typ B ergab an den entsprechenden Meßpunkten folgende Durchschnittswerte (in  $\mu\text{m}$ ). Da diese Haare einen abgeplatteten Haarschaft aufweisen, wurde einmal der größte Durchmesser (I) und zum anderen der geringste Durchmesser (II) angegeben:

	Wurzel (+ Wurzelscheide)		Dickste Stelle		Spitze	
			I	II	I	II
	I	II				
1.	57,8	57,6	158,8	84,9	3,8	3,2
2.	55,5	54,2	128,8	88,6	4,5	3,6
3.	56,0	51,8	159,7	88,9	3,9	3,7
4.	50,9	53,9	156,0	79,8	3,5	3,6

Die Größe und Form der Epidermikulaschuppen sowie die Form und Ausdehnung des Markstranges stimmt weitgehend mit der des Typs A überein (Abb. 2 u. 5).

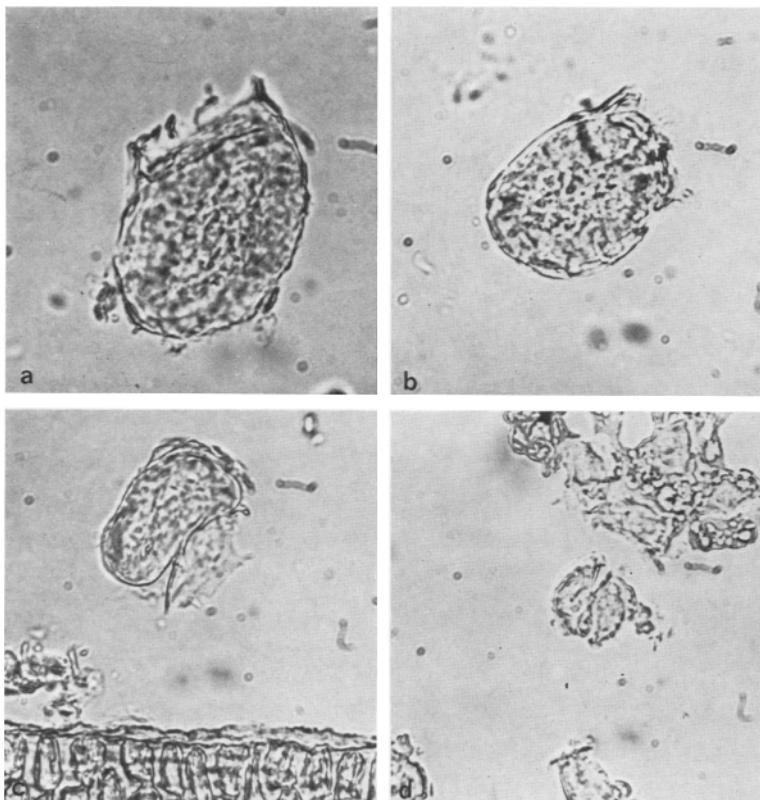


Abb. 6a—d. Markscheiben vom Leithaar, Typ A (a und b) und Typ B (c) und zerfallende Markscheibe vom Wollhaar (d). Vergr. 500fach

Die Darstellung der Markscheiben gelang nur unter großen Schwierigkeiten, da bei der Albinoratte noch stärker als bei der Haus- und der Wanderratte die einzelnen Zellen von Lufträumen umschlossen sind (Lochte, 1938) und daher der Zusammenhang der Zellen untereinander sehr gering ist. Bei der Albinoratte scheint außerdem die Rinde der Behandlung mit Kalilauge einen so starken Widerstand entgegenzusetzen, daß in dem Augenblick, in dem sich die Rindensubstanz löst, die Markscheiben bereits zerfallen sind. Die Markscheiben, die wir bei sehr vorsichtiger Maceration der Haare darstellen konnten, sind rund oder oval und besitzen eine äußere Ringzone, die eine undeutliche radiäre Streifung aufweist. Die innere Zone ist unregelmäßig granuliert (Abb. 6).

Die *Grannenhaare* (Abb. 1, C) entspringen mit dünner Wurzel und setzen sich mit einem sehr schlanken Schaft fort. Erst apikal des Meßpunktes b kommt es zur Ausbildung einer deutlich abgesetzten Granne, die, sich gleichmäßig verjüngend, zu einer feinen Haarspitze ausläuft. Das Grannenhaar ist deutlich kürzer als das Leithaar, es konnten folgende Werte für die 4 Körperstellen ermittelt werden:

1. 8,0—12,0 mm (10,1 mm)
2. 10,0—17,5 mm (12,8 mm)
3. 7,0—14,0 mm (10,6 mm)
4. 8,0—17,0 mm (12,0 mm)

Die Haardicke der Grannenhaare, gemessen an der Wurzel, der dicksten Stelle und an der Spitze, ergab folgende Werte in  $\mu\text{m}$ :

	Wurzel (+ Wurzelscheide)	Dickste Stelle	Spitze
1.	37,7	55,2	3,2
2.	33,2	55,3	2,8
3.	37,7	63,7	3,1
4.	35,6	58,8	2,4

Die Größe der Epidermikulaschuppen wurde an den Meßpunkten a, b und c ermittelt. Für den Meßpunkt c kann hier immer Länge und Breite der Schuppen angegeben werden, da sich dieser Meßpunkt in Höhe der Granne befindet. Das Haar ist hier so dick, daß auch die Breitenbegrenzung der Schuppe eindeutig festgelegt werden kann. Es ergaben sich folgende Werte in  $\mu\text{m}$ :

	a	b	c
1.	$32,2 \times 12,0$	$31,4 \times 13,5$	$7,6 \times 18,4$
2.	$30,7 \times 12,0$	$29,9 \times 11,8$	$7,9 \times 18,0$
3.	$32,1 \times 11,2$	$30,6 \times 11,4$	$8,4 \times 19,9$
4.	$34,8 \times 11,0$	$34,0 \times 10,1$	$6,8 \times 22,7$

Die Schuppenform der Grannenhaare ist an der Basis auf eine kurze Strecke rechteckig (R). An allen 4 Körperstellen tritt in Höhe der Meßpunkte a und b ausschließlich die rhombische Form (H) auf, die mit der für das Leithaar ange-

gebenen Form identisch ist. Am Meßpunkt c tritt auf Grund der Haarbreite die rechteckige Form (R) auf, die manchmal eine leichte Zackung aufweisen kann (Abb. 2).

Die Marklufträume ähneln denen des Leithaares, sie sind mehrreihig (Form H). Vor der Granne wird der Markstrang jedoch schlanker und zeigt am Grannenbeginn eine Einschnürung bis zur Einreihigkeit. Im Bereich der Granne ist er wieder breit (Form H) und läuft dann zur Spitze hin, kontinuierlich sich verjüngend, in die perl schnurartige Form (Q) aus. Der mehrreihige Markstrang nimmt ca. sieben Neuntel der Gesamthaarbreite ein (Abb. 5). Die Markscheiben der Grannenhaare gleichen denen der Leithaare.

Das *Woll-* bzw. *Flaumhaar* (Abb. 1, D) stellt die feinste Haarqualität dar. Es nimmt nach seinem Ursprung aus dem Haarbalg nur wenig an Dicke zu. Es ist leicht gewellt und läuft in eine feine Spitze aus. Für die Länge des Haares an den 4 Körperstellen konnten folgende Werte ermittelt werden:

1. 5,5—8,0 mm (6,6 mm)
2. 5,0—9,5 mm (8,5 mm)
3. 4,0—11,0 mm (6,7 mm)
4. 5,5—11,0 mm (7,3 mm)

Die Haardicke der Flaumhaare, gemessen an der Wurzel, der dicksten Stelle und der Spitze, ergab folgende Werte in  $\mu\text{m}$ :

	Wurzel (+ Wurzelscheide)	Dickste Stelle	Spitze
1.	26,3	24,0	2,2
2.	24,9	23,2	2,0
3.	24,6	23,8	2,6
4.	23,3	22,8	1,5

Die Größe der Epidermikulaschuppen wurde an den Meßpunkten a, b und c ermittelt. Für den Meßpunkt c kann nur die Länge der Schuppen angegeben werden, da durch die Feinheit des Haares und die Form der Schuppen eine Breitmessung nicht mehr möglich ist. Es ergaben sich folgende Werte in  $\mu\text{m}$ :

	a	b	c (Länge)
1.	$26,3 \times 12,6$	$24,4 \times 11,3$	10,3
2.	$21,6 \times 11,8$	$21,8 \times 11,9$	9,1
3.	$23,6 \times 10,0$	$24,6 \times 11,6$	11,0
4.	$22,7 \times 9,6$	$23,8 \times 12,3$	8,1

Die Schuppen der Flaumhaare zeigen an den Meßpunkten a und b meist die rhombische Form (H), die manchmal eine gewisse Neigung zur schrägparallelen Form (T) zeigt. Am Meßpunkt c tritt überwiegend die parallele Form (P) auf, die abschnittsweise etwas schräggestellt sein kann (Abb. 2). Die Marklufträume sind perl schnurartig (Q), es treten am gesamten Haar jedoch Einschnürungen auf, die bewirken, daß auch das Mark sich verjüngt oder sogar unterbrochen wird

(Abb. 5). Die Markscheiben der Flaumhaare sind dem Durchmesser der Haare entsprechend sehr klein und kreisrund, sie zeigen keine besonderen Merkmale (Abb. 6d).

Die locker angeordneten *Haare* im Bereich des *Scrotalsackes* männlicher Tiere ähneln in der äußeren Form den Flaumhaaren. Sie zeigen eine durchschnittliche Länge von 5,9 mm, die Dicke beträgt im Wurzelbereich 26,4  $\mu\text{m}$  und an der dicksten Stelle 32,7  $\mu\text{m}$ . Sie laufen in eine 3,0  $\mu\text{m}$  starke Spitze aus. Bei durchschnittlich gleicher Länge sind sie also etwas stärker als Flaumhaare. Auch die Schuppengröße ergab andere Werte. Für die Meßstellen a, b und c wurden in  $\mu\text{m}$  ermittelt:

a	b	c
$7,9 \times 14,4$	$6,8 \times 19,9$	$5,4 \times 14,4$

An der Meßstelle a sind die Schuppen rechteckig (Form R). Im mittleren Abschnitt besitzen sie in der Längsrichtung angeordnete kleine Zacken (Form R—Z), die im Bereich c an Zahl stark zunehmen. Die Marklufträume sind wie beim Wollhaar perl schnurartig (Q), es treten jedoch weder am Haar noch am Mark Einschnürungen auf (Abb. 3 u. 5).

Die kürzesten Haare sind die am Schwanz in einer Zahl von jeweils 5 bzw. 3 (n. Römer, 1896, und Erickson, 1931) unter den Hautschuppen hervortretenden *Schwanzhaare*. Sie besitzen eine durchschnittliche Länge von 3,03 mm. Die Dickenmessung ergab für den Wurzelbereich 61,02  $\mu\text{m}$ , für die dickste Stelle 99,9  $\mu\text{m}$  und für die Spitze 6,4  $\mu\text{m}$ . Diese Meßwerte liegen im Bereich der Leithaardicke. Die Schuppengröße ergab in  $\mu\text{m}$ :

a	b	c (Länge)
$12,8 \times 29,7$	$6,4 \times 32,06$	2,7

Am Meßpunkt a liegt die rein rechteckige Schuppenform (R) vor. In der Mitte ist schon eine starke Zackung (Z) der Schuppen zu beobachten, die zur Spitze hin so stark wird, daß eine Breitenmessung der Epidermikulaschuppen nicht mehr möglich ist. Die Marklufträume laufen perl schnurartig (Q) gleichmäßig von der Wurzel bis zur Spitze durch (Abb. 3 u. 5).

Das *Sinushaar* der Oberlippe ist ein starkes gerades Haar von sehr unterschiedlicher Länge (2—64 mm). Die Dickenmessung der längeren Haare der Oberlippe ergab für den Wurzelbereich einen Durchschnittswert von 187  $\mu\text{m}$ , für die dickste Stelle von 149  $\mu\text{m}$  und für die Spitze eine Breite von 8,4  $\mu\text{m}$ . Es liegt hier also im Vergleich zu den anderen Haaren eine recht stumpfe Haarspitze vor.

Die Schuppengröße ergab für die Meßstellen folgende Werte in  $\mu\text{m}$ :

a	b	c (Länge)
$5,08 \times 36,3$	$4,2 \times 35,1$	3,4

Es liegt bereits an der Haarbasis eine stark gezackte Schuppenform (Z) vor, die Schuppen sind hier sehr kurz und breit. Zur Spitze hin werden die Schuppen etwas kürzer und weniger stark gezackt (Abb. 3). Eine Breitenmessung der Schuppen ist im Spitzenbereich nicht mehr möglich. Die Marklufträume sind sehr schmal, sie nehmen ca. ein Fünftel der Gesamthaarbreite ein (Abb. 5). Eine klare Form der Räume konnte nicht erkannt werden. Aus diesem Grund wurden Querschnitte von einem ca. 40 mm langen Sinushaar im Wurzelbereich und in Höhe der 3 Meßstellen a, b und c angefertigt (Abb. 4).

Im Verlauf des Haarwechselvorganges werden Sinushaare im Wurzelbereich durch das nachschiebende Ersatzhaar eingedellt oder abgeplattet; ihr Querschnitt bekommt hier Halbmond- oder Hantelform. Die äußere Oberfläche zeigt starke Abschilferungen, da das Haar aus dem Haarbalg herausgezogen wurde. Eine Epidermikula kann demnach hier nicht differenziert werden. Die Rindenzone ist breit und zeigt deutliche Zellgrenzen. In den Zellen sind oft noch Kernreste und granuläre Einlagerungen festzustellen. Im Zentrum befindet sich ein spaltförmiger Hohlraum, der beginnende Markraum.

Im Bereich der Meßstelle a besitzt das Haar einen kreisrunden Querschnitt. Die Epidermikula erscheint als ganz feine Außenschicht. Die Rindenzone verhält sich ebenso wie im Wurzelbereich. Der nun im Zentrum vorhandene Markraum ist kreisrund und enthält stellenweise abgestoßene Zellen. Im Bereich der Meßstelle b besitzt das Haar ebenfalls einen kreis-

runden Querschnitt. Die Epidermikula ist als deutlich abgesetzte Außenzone sichtbar. In der Rindenzone sind die Zellgrenzen undeutlich, die Granulation in der Peripherie dieser Zone ist stärker. Der Markraum ist rund und enthält wiederum Zellreste.

Im Bereich der Meßstelle c verhält sich der Aufbau des Haares wie an der Meßstelle b, nur der Gesamtquerschnitt hat stark abgenommen. Zellgrenzen sind allerdings hier in der Rindenzone nicht mehr zu erkennen.

### Differentialdiagnose

Um einen Vergleich mit den bei Lochte (1938) angegebenen Werten verwandter Nager (*Mus musculus*, *Epimys rattus*, *Epimys norvegicus*) zu ermöglichen, werden ihnen entsprechend ausgewählte Durchschnittswerte der Albinoratte gegenübergestellt.

Das Haar der Hausmaus (*Mus musculus*) ist insgesamt wesentlich kürzer (6—11 mm) als das der Albinoratte, außerdem besitzen die Randzellen des Marks starke seitliche Einkerbungen; diese Zellen werden daher als a-förmige Zellen bezeichnet.

Die Albinoratte zeigt für die Länge der Leithaare einen Durchschnittswert von 24 mm, für die der Grannenhaare von 17 mm und für die der Flaumhaare von 11 mm. Ähnliche Werte liegen für die Haarlänge der Hausratte (*Epimys rattus*) vor (Leithaar: 28 mm, Grannenhaar: 18 mm, Flaumhaar: 17 mm), wohingegen die Wanderratte (*Epimys norvegicus*) wesentlich längere Haare besitzt (Leithaar: 40 mm, Grannenhaar: 20 mm, Flaumhaar: 18 mm).

Bei der Haus- und der Wanderratte liegen die Werte für die Haardicke an der Basis bei 0,03 mm, der größte Durchmesser bei 0,08:0,06 mm, die Haare sind in diesem Teil des Schaftes abgeplattet. Bei der Albinoratte wurden für die Leithaare Basalwerte von 0,06 mm, für die Grannenhaare von 0,03 mm und für die Flaumhaare von 0,02 mm gemessen. Die größte Dicke beträgt beim Leithaar vom Typ A 0,08 mm, das Haar ist rund. Beim Leithaar vom Typ B liegen die Werte höher (0,15:0,08 mm), dieser Haartyp ist im oberen Schaftbereich auch abgeplattet. Grannen- (0,06 mm) und Wollhaar (0,02 mm) sind dünner und durchgehend rund.

Die Epidermikula der Leithaare besitzt bei der Hausratte an der Basis rechteckige Schuppen, die zur Spitze hin in die gezackte Form übergehen. Die Wanderratte zeigt wie die von uns untersuchte Albinoratte an der Basis der Leithaare die rhombische Schuppenform, in der Mitte die rechteckige und an der Spitze die gezackte Form. Die Epidermikula der Grannenhaare setzt sich bei der Albinoratte an der Basis aus rhombischen, bei der Hausratte aus unregelmäßig rhombischen und bei der Wanderratte aus rechteckigen Schuppen zusammen. Bei der Wanderratte werden die Schuppen in der Haarmitte rhombisch und gehen zur Spitze hin in die gezackte Form über. Bei der Albinoratte bleibt auch im mittleren Haarschnitt die rhombische Schuppenform erhalten. Im oberen Drittel, im Bereich der Granne, treten rechteckige Schuppen auf, die zur Spitze hin eine leichte Zackung aufweisen können. Die Epidermikulaschuppen der Wollhaare zeigen bei allen 3 Arten weitgehende Übereinstimmung.

Das Markbild ist bei allen 3 Arten sehr ähnlich. Bei der Haus- und Wanderratte treten im Markstrang der Leithaare an den Randzellen Einkerbungen auf, die bei der Albinoratte nicht beobachtet werden konnten. Die im Wollhaar der Wanderratte geschilderten Einschnürrungen des Markes (Lochte, 1938) wurden im Wollhaar der Albinoratte in verstärktem Maße beobachtet. Die Markscheiben sind bei der Haus- und der Wanderratte sehr vielgestaltig ausgebildet, es treten runde, ovale, bohnenförmige und bandartige Scheiben auf. Bei der Albinoratte konnten nur runde und ovale Scheiben dargestellt werden. Die Zellen der Markscheiben zeigen einen geringen Zusammenhalt.

Demnach ähneln die Haare der weißen Ratte, abgesehen von der Haarlänge und der Pigmentation, am ehesten jenen der eng verwandten wilden Wanderratte. Von denen der Hausratte und der Hausmaus weichen sie im Schuppenbild und in der Dicke deutlich ab.

### Diskussion

Die im Schrifttum enthaltenen Angaben über das Haar der Ratte sind für exakte vergleichende Untersuchungen etwa im Sinn einer artspezifischen Diagnose nicht ausreichend. Waldeyer (1884), de Meijere (1894) und Schünke (1924) beschreiben bei der Haus- und Wanderratte nur 2 Haarformen, die den Woll- bzw.

Grannenhaaren entsprechen dürften. Toldt (1910, 1912) teilt demgegenüber mit, daß die Leithaare bei *Mus rattus* besonders lang seien. Fraser (1931) unterscheidet bei der weißen Ratte nach Länge und Verhalten der Markräume 2 Formen, deren eine dem Leithaar, deren andere den Flaum- oder den Grannenhaaren entsprechen dürften. Lochte (1938) führt 3 Haarformen bei Haus- und Wanderratte auf.

Dry (1926, 1928) führt in einer Untersuchung über Haarfarben bei Maus und Ratte eine Einteilung in 4 Haarformen ein. Er unterscheidet monotrichie (Typ A), pfriemenartige („awl“, Typ B), Grannenhaare („auchene“, Typ C) und Flaumhaare („zigzag“, Typ D).

Typ A hat einen mehr oder weniger kreisrunden Querschnitt und eine lange Spitze; beim Haarwechsel wird das Kolbenhaar stets aus dem Follikel ausgestoßen. Nach Auffassung des Autors hat dieses Haar sensorische Funktion. Der Querschnitt der Haare vom Typ B ist oval oder auf einer Seite leicht konkav.

Das Vorkommen dieser beiden Typen wird durch unsere Befunde eindeutig bestätigt. Sie konnten an allen 4 untersuchten Hautstellen bei sämtlichen Tieren auf Grund ihrer Form- und Größenunterschiede getrennt dargestellt werden. Das beiden Typen gemeinsame Schuppenbild spricht jedoch gegen eine Aufgliederung in 2 Formen, die den Grannen- bzw. Flaumhaaren gleichwertig gegenübergestellt werden können. Es empfiehlt sich vielmehr, beide Kategorien als spezialisierte Typen des Leithaars einzuordnen. Die längeren und dünneren Haare vom Typ A scheinen dabei den sog. tylotrichen (monotrichen) Haaren zu entsprechen, deren Follikel durch Einlagerung besonderer nervöser Einrichtungen (Straile, 1960, 1961) und durch die Verbindung mit Haarscheiben (Smith, 1967) zu Tasthaaren modifiziert sein sollen.

Die spärliche Behaarung des Schwanzes und des Scrotalbereiches (beim männlichen Tier) besteht jeweils nur aus einer Haarform. Beide Formen weichen zwar in ihren äußeren Abmessungen von den Leithaaren der dichtbehaarten Hautregionen ab, Schuppenform und Verhalten der Markstränge weisen sie jedoch eindeutig als abgewandelte Leithaare aus.

Demgegenüber stellen die Sinushaare eine völlig eigenständige Form dar. Abgesehen von der Länge zeigt auch das Schuppenbild und das Verhältnis des hohlen Markraumes zur kräftigen Rinde keine Ähnlichkeit mit einer anderen Form. Es ist in diesem Zusammenhang interessant, daß Sinus- und Leithaare vom Typ A beim Haarwechsel das alte Haar ausstoßen, zwischen den Haarwechselperioden also einzeln in einem Follikel stehen. Bei allen anderen Formen können mehrere Generationen von Haaren in einem gemeinsamen Follikel erhalten bleiben (Fraser, 1931; Butcher, 1934).

Grannen- und Woll- oder Flaumhaare weichen in ihren Abmessungen kaum von denen vergleichbarer Species ab. Die an Flaumhaaren vorliegenden Verengungen des Markstranges an Biegungen des Haares, die Lochte (1938) auch bei der Wanderratte beschreibt, deutete Waldeyer (1884) als Erscheinung, die auf eine Torsion der abgeplatteten Haare zurückzuführen sei. Aus den von uns beobachteten Lücken im Markstrang muß dagegen geschlossen werden, daß der Markstrang dieser Haare in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen eingeschnürt oder völlig unterbrochen sein muß.

Es sind demnach im Fellhaar der weißen Ratte wie bei anderen Säugern 3 Hauptformen von Haaren zu unterscheiden: Leit-, Grannen- und Flaumhaar.

Während das Erscheinungsbild der Grannen- und Flaumhaare mit dem bei anderen Species weitgehend übereinstimmt, lassen sich innerhalb der Leithaare 2 Typen differenzieren. Abgewandelte Leithaare kommen außerdem an schwach behaarten Körperstellen (Schwanz, Scrotum) als einzige Haarform vor. Die vorliegende Zusammenstellung der Meßdaten über das Haarkleid der weißen Ratte und ihre Gegenüberstellung mit denen anderer Nager erscheint besonders auch mit Hinblick auf die zunehmende Verbreitung dieser Artvariation als Versuchstier in der Forschung von Interesse.

Obgleich die in den letzten Jahren mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie erstellten Oberflächenabbildungen auf Grund ihrer höheren Auflösung und größeren Tiefenschärfe die Kenntnis von der Beschaffenheit der Haaroberfläche erweitert haben (Übersicht s. b. Küpper u. Hundeiker, 1973), dürfte sich für die forensische Medizin die hier — wie auch in früheren Untersuchungen ähnlicher Art (Waldeyer, 1884; Hausmann, 1924; Lochte, 1938; Holm, 1964; Feder, 1964; Blümel, 1965; u. a.) — verwandte Form der Ermittlung von Durchschnittswerten aller lichtmikroskopisch erfaßbaren Formbestandteile, insbesondere mit Hinblick auf die praktische Auswertung der Daten, nach wie vor als besonders geeignet erweisen.

### Literatur

- Baumann, E.: Untersuchung der Feinstruktur von Rinderhaaren zur Möglichkeit einer Rassendifferenzierung. Inaug.-Diss., München 1965
- Blümel, B.: Untersuchung der Feinstruktur von Ziegenfellhaaren zur Möglichkeit einer Rassendifferenzierung. Inaug.-Diss., München 1965
- Butcher, E. O.: The hair cycles in the albino rat. *Anat. Rec.* **61**, 5—19 (1934)
- Dry, F. W.: The coat of the mouse (*Mus musculus*). *J. Genet.* **16**, 287—340 (1926)
- Dry, F. W.: The agouti coloration of the mouse (*Mus musculus*) and the rat (*Mus norvegicus*). *J. Genet.* **20**, 131—144 (1928/29)
- Erickson, T. C.: The postnatal development of the caudal integument in the rat. *Amer. J. Anat.* **47**, 173—189 (1931)
- Feder, F.-H.: Untersuchung der Feinstruktur von Pferdehaaren zur Möglichkeit einer Rassendifferenzierung. Inaug.-Diss., München 1964
- Fitzthum, O.: Beitrag zur Darstellung und Unterscheidung der Markscheiben der Haare bei einigen Säugetierarten, mit besonderer Berücksichtigung von Fuchs, Wolf und Hund. Inaug.-Diss., Wien 1951
- Fraser, D. A.: The winter pelage of the adult albino rat. *Amer. J. Anat.* **47**, 55—87 (1931)
- Hausmann, L. A.: Further studies of the relationship of the structural characters of mammalian hair. *The American Naturalist* **58**, 544—557 (1924)
- Holm, J. P.: Untersuchung der Feinstruktur von Katzenfellhaaren zur Möglichkeit einer Rassendifferenzierung. Inaug.-Diss., München 1964
- Küpper, W., Hundeiker, M.: Möglichkeiten einer vergleichenden Oberflächenmorphologie der Haarkutikula. *Berl. Münch. tierärztl. Wschr.* **86/7**, 125—129 (1973)
- Lochte, Th.: Atlas der menschlichen und tierischen Haare. Leipzig: Schöps Verlag 1938
- de Meijere, J. C. H.: Über die Haare der Säugetiere, besonders über ihre Anordnung. *Gegenbaurs morph. Jb.* **21**, 312—424 (1894)
- Müller, W. M.: Untersuchung der Feinstruktur von Hundehaaren zur Möglichkeit einer Rassendifferenzierung. Inaug.-Diss., München 1965
- Nistler, L., zit. nach Berg, S.: Beiträge zur Gewinnung und Bewertung von Befunden in der forensischen Haaruntersuchung. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **46**, 531—545 (1957)
- Priestley, G. C.: Rates and duration of hair growth in the albino rat. *J. Anat. (Lond.)* **100**, 147—157 (1966)
- Richardson, K. C., Jarett, L., Finke, E. N.: Embedding in epoxy resins for ultrathin sectioning in electron microscopy. *Stain Technol.* **35**, 313 (1960)

- Römer, F.: Studien über das Integument der Säugetiere. II. Das Integument der Monotremen. Denkschr. med.-nat. Ges. Jena **6**, 189—241 (1898)
- Schmid, W.: Untersuchung der Feinstruktur von Hundehaaren zur Möglichkeit einer Rassendifferenzierung. Inaug.-Diss., München 1967
- Schünke, P.: Untersuchung über Haare von der Ratte, dem Meerschweinchen, der Hausmaus und der weißen Maus. Inaug.-Diss., Berlin 1924
- Smith, K. R., jr.: The structure and function of the Haarscheibe. J. comp. Neurol. **131**, 459—474 (1967)
- Straile, W. E.: Sensory hair follicles in mammalian skin: The tylotrich follicle. Amer. J. Anat. **106**, 133—148 (1960)
- Straile, W. E.: The morphology of tylotrich follicles in the skin of the rabbit. Amer. J. Anat. **109**, 1—13 (1961)
- Toldt, K., jr.: Über eine beachtenswerte Haarsorte und über das Haarformensystem der Säugetiere. Annalen des k. k. naturhist. Hofmuseums Wien **24**, 195—268 (1910/11)
- Toldt, K., jr.: Beiträge zur Kenntnis der Behaarung der Säugetiere. Zool. Jb. **33**, 9—86 (1912)
- Waldeyer, W.: Atlas der menschlichen und tierischen Haare sowie der ähnlichen Fasergebilde. Lahr: Schauenburg Verlag 1884

Dr. Fritz-H. Feder  
Dr. Rudolf Hebel  
Institut für Histologie und Embryologie  
der Tiere, Universität München  
D-8000 München 22, Veterinärstraße 13  
Bundesrepublik Deutschland