

Aus dem Institut für Pathologische Anatomie der Medizinischen Akademie Magdeburg, dem Zoologischen Garten Magdeburg und dem Institut für Gerichtliche Medizin der Medizinischen Akademie Magdeburg

Feingewebliche Untersuchungen zur Struktur und Ontogenese des Hornes von Nashörnern, *Rhinocerotidae*

Ein Atlas mit neuen Ansichten auf und über ein altes Problem ¹

VON PETER KEMNITZ, WOLFGANG PUSCHMANN, MICHAEL SCHRÖPEL,
DIETER KRAUSE & RÜDIGER SCHÖNING, Magdeburg

Mit 29 Abbildungen

Schon seit 135 Jahren ist immer wieder einmal, wenngleich insgesamt selten, über die Feinstruktur des Hornes von Nashörnern berichtet worden. Bei kritischer Rückschau kann jedoch das bisherige Ergebnis in mancher Hinsicht immer noch nicht befriedigen. Der Verlust des Vorderhornes bei einem 6jährigen weiblichen Spitzmaulnashorn, *Diceros bicornis* (L.), infolge eines Traumas, über dessen Hergang und weiteren Verlauf an anderer Stelle berichtet wurde (PUSCHMANN und SCHRÖPEL 1988), veranlaßte uns, die eingangs genannte Problematik aufzugreifen. Da an dem abgerissenen Teil des wegen der Gefahr einer Sekundärinfektion operativ entfernten Hornes infolge der Tiefe der Verletzung auch noch basales Matrixgewebe vorhanden war, eröffnete sich uns nun die Möglichkeit, am Frischmaterial mit Einsatz moderner Untersuchungstechnik die im Titel formulierte Aufgabenstellung erneut zu bearbeiten. Ergänzend standen uns ältere Teilstücke eines Hornes vom Nördlichen Breitmaulnashorn, *Ceratotherium simum cottoni* (Lydekker), und vom Panzernashorn, *Rhinoceros unicornis* L.,² sowie ein abgefallenes zusätzliches drittes Stirnhörnlein des Spitzmaulnashornbullens „*Mabu*“ des Zoologischen Gartens Magdeburg (NEUSCHULZ 1988) zur Verfügung.

Die wie erwähnt spärliche und weit verstreute Literatur über das Horn der Nashörner verzeichnet dennoch auch bereits im älteren Schrifttum Angaben über dessen Feinbau. Die vermutliche älteste Mitteilung stammt aus dem Jahr 1854. Es handelt sich um den Abstrakt eines Vortrages von KNEELAND vor der Boston Society of Natural History

¹ In ehrendem Gedenken an Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. H. DATHE.

² Für die Überlassung von Hornproben des weiblichen Panzernashorns „*Miris*“ aus dem Zoologischen Garten Berlin danken wir Herrn Direktor Prof. Dr. Dr. H.-G. KLÖs. Aus dem Vychodoceska Zoologicka Zahrada Dvůr Králové n. L. erhielten wir in dankenswerter Weise von Herrn MV Dr. J. VAHALA ein Hornteil des Nördlichen Breitmaulnashorns „*Nola*“.

1852. Wörtlich sagte er dort: „Wenn wir die Struktur des *Rhinoceros*-Hornes untersuchen, finden wir, daß es im Wesentlichen aus einer Kollektion von Haaren aufgebaut ist, d. h. aus einer Masse von langen, nahezu parallelen Hornzylindern. Wenn wir dann ein Haar als einen Hornzylinder von unterschiedlicher Länge definieren, können wir Nägel, Klauen, Hufe, Hörner aus Hornsubstanz, Stacheln etc. nur als konfluente Haare ansehen“ (übersetzt v. Verf.). Dieser Vortrag scheint die Geburtsstunde der „haarigen“ Natur des Hornes gewesen zu sein. Diese Auffassung, die 1902 von BEDDARD und 1928 von ANTHONY erneuert wurde, hat sich z. T. bis heute erhalten. 1931 schreibt BOAS in einem für ein Handbuch sehr kurzen Abschnitt, das Horn sei „eine mächtige, kegelförmige Hornmasse, in deren Basis zahlreiche feine Hautpapillen in entsprechenden Röhren sich hineinsenken. Diese Röhren werden in distaler Richtung immer enger, indem sie allmählich mit an den Wänden abgelagerten Hornschichten gefüllt werden, und setzen sich weiter durch das Horn mit dem somit gebildeten dünnen, parallel verlaufenden Hornsäulen fort, die durch anderweitige Hornmasse verbunden sind“.

Publikationen aus jüngster Zeit stammen von MAKINSON 1954, EARLAND et al. 1962, RYDER 1962 und LYNCH et al. 1973. Übereinstimmend wird das Horn als aus zylindrischen tubulären, noch häufiger als aus filamentösen, konzentrisch geschichteten Strukturelementen bestehend beschrieben. Von RYDER (1962) stammt der Hinweis, daß im Huf des Pferdes gleichartige Strukturelemente, wenn auch dünner und in geringerer Dichte, vorliegen.

Zusammenfassend läßt sich nach Durchsicht der Literatur feststellen, daß der feingewebliche Aufbau besonders des kompakten Anteils des Hornes im Prinzip bekannt ist. Das gilt jedoch weniger für dessen basale Anteile und noch weniger für die dermale Matrix wie auch für die Entstehung der typischen Substruktur des Hornes ausgehend von dieser Matrix. Unzureichend ist ferner die bildliche Dokumentation der Strukturelemente und teilweise unakzeptabel deren Interpretation und Nomenklatur. Insgesamt also genügend Gründe für uns, dieses alte Thema erneut aufzugreifen.

Untersuchungsergebnisse

Makroskopie

Das uns zur Verfügung stehende Horn von *Diceros bicornis* L. ist an der vorderen Konvexität 22 cm, an der Dorsalseite 14 cm lang und hat an der Basis einen Durchmesser von 12 cm (Abb. 1). Die basale Fläche ist leicht konkav, wobei diese konkave Aushöhlung von mitentferntem Koriumgewebe ausgefüllt wird. Die äußere basale Zirkumferenz entspricht der traumatischen Abbruchfläche des Hornes, die von der Basis her betrachtet eine poröse, siebartige Struktur zeigt (Abb. 2). Auf der Längsschnittfläche des Hornes zeigen die basalen 0,5–0,9 cm an der Abbruchstelle und an der Grenze zur Cutis dicht und parallel gelagerte Röhrchen (Abb. 3). Weiter nach cranial ist eine deutliche feine, parallele Faserstruktur erkennbar, die sich bei Läsionen an der Oberfläche in einer typischen borsten- oder haarartigen Auffaserung zeigt (Abb. 4). Der Längsschnitt zeigt darüber hinaus eine zentrale, etwa die Hälfte des Hornes einnehmende, schwarze Pigmentierung, während die Außenzone von typischer blaßgelblicher Farbe der Hornsubstanz ist. Nur an der konvexen Vorderfläche, die apikalen 10 cm des Hornes betreffend, erreicht der pigmentierte Anteil infolge des ständigen Abriebs in diesem Bereich die Oberfläche. Dazu kommt ein weiterer bemerkenswerter Befund. Das Horn weist von der

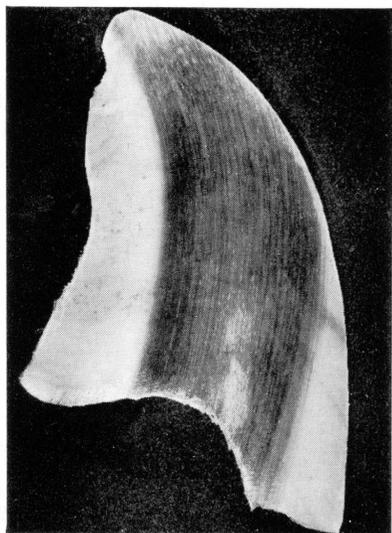


Abb. 1. Längsschnitt durch das Horn nach Entfernung des Matrixgewebes. Beachte die zentrale schwarze Pigmentierung und die unregelmäßige quere Streifenzeichnung (im Original rötlich). $2/5$ d. natürl. Größe

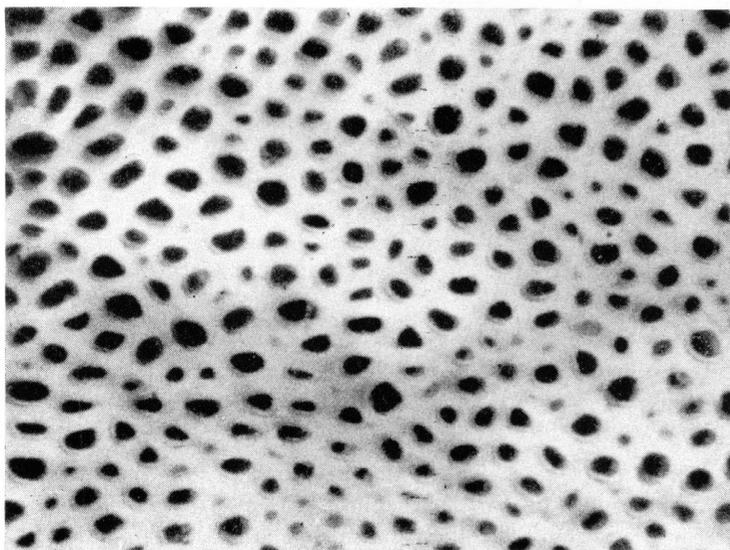


Abb. 2. Basale Abbruchfläche des Hornes, die durch den Querbruch dicht gelagerter Hornröhrchen eine siebartige Struktur aufweist. Stereomikroskopische Aufnahme Vergr.: $12\times$

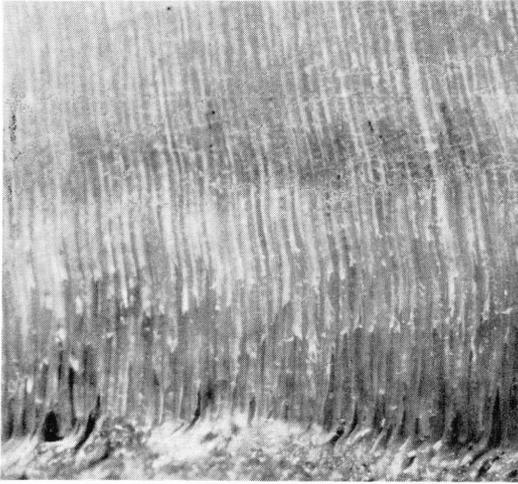


Abb. 3. Hornbasis mit paralleler Röhrenstruktur. Unten die Abbruchfläche. Stereomikroskopische Aufnahme. Vergr.: $3,8\times$



Abb. 4. Längsschnitt durch das Horn. Beachte die haarartige Auffaserung an der lädiereten Oberfläche, die quere Streifenzeichnung und die parallele Röhren- bzw. Säulchenstruktur. Vergr.: $7/10$ der natürlichen Größe

Basis bis zur Spitze ca. 30 Querschichten auf, in denen die Hornsubstanz eine blaß-rötliche Farbe annimmt und die auf der Schnittfläche als rötliche Linien imponieren (Abb. 1 und 4). Sie erstrecken sich auch durch den schwarz pigmentierten zentralen Hornanteil. Der Abstand der Schichten ist unregelmäßig, ihre Dicke variiert zwischen eben erkennbar und 0,2 cm. Eine besonders deutliche, rötliche Linie ist basal an der Grenze zwischen röhrenförmiger und kompakter Hornsubstanz erkennbar.

Mikroskopie (konventionelle Histologie, Transmissions- und Rasterelektronenmikroskopie)

Die Beschreibung der mikroskopischen Feinstruktur des Hornes soll entsprechend der Wachstumsrichtung von basal nach apikal, also von der Matrix bis zur kompakten Hornsubstanz, erfolgen. Im Strukturschema des Hornes (Abb. 5) ist die Region, aus der die histologischen Abbildungen stammen, durch Markierungen gekennzeichnet.

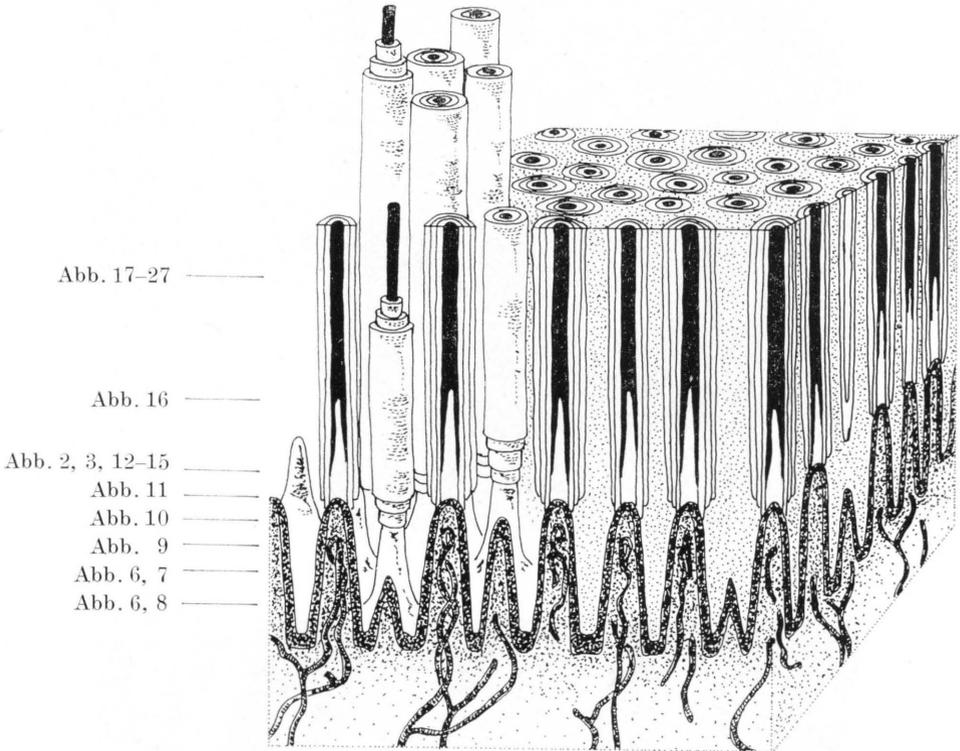


Abb. 5. Schematische Darstellung der Matrix und Feinstruktur des Hornes. Die seitlichen Markierungen kennzeichnen den Hornabschnitt, aus dem die in den Abbildungen dargestellte feingewebliche Struktur stammt.

Das Matrixgewebe des Hornes zeichnet sich durch 2 lokale Besonderheiten aus: 1. Die epidermale Verhornung erfolgt, wie auch bei anderen harten Keratinen (z. B. Nägel) ohne Keratohyalinbildung, d. h. ohne Ausbildung eines Stratum granulosum (Abb. 6, 7, 9, 10, 11). 2. Das Korium bildet einen ungewöhnlich hohen, feinzottigen Papillarkörper aus (Abb. 6 und 7).

Diese Koriumzotten bewirken, daß die sie umgebenden verhornenden Epidermiszellen, zur Papillenspitze hin zunehmend, eine geordnete konzentrische Schichtung einnehmen. Dabei entstehen, der Anzahl der Papillen entsprechend, rundliche Hornsäußchen, die durch ungeordnete Zwischenhornsubstanz zu einer kompakten Hornmasse verbunden werden. Zusätzlich kommt es aber unmittelbar oberhalb der Papillenspitze zu einer dem Mark der Haare ähnlichen, unvollständigen Verhornung im Zentrum des



Abb. 6

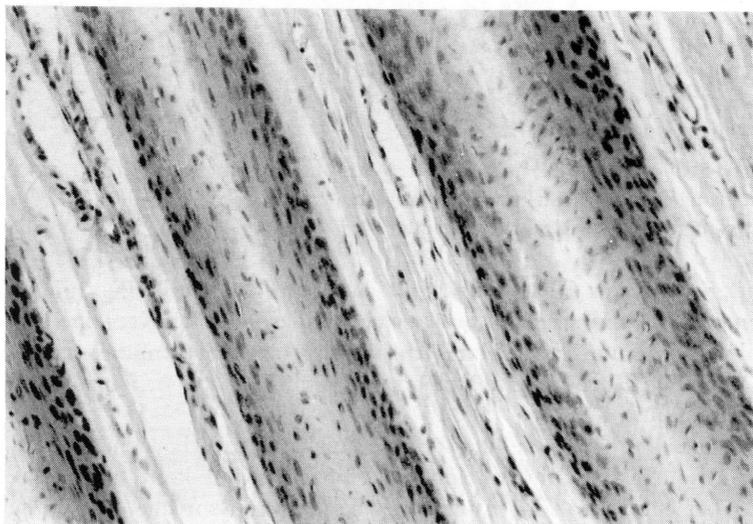


Abb. 6 und 7. Längsschnitt durch die Matrix mit hohem feinzottigem Papillarkörper und epidermaler Verhornung (in den Abb. hell) ohne Keratohyalinbildung.
Vergr.: 40 bzw. 155 \times

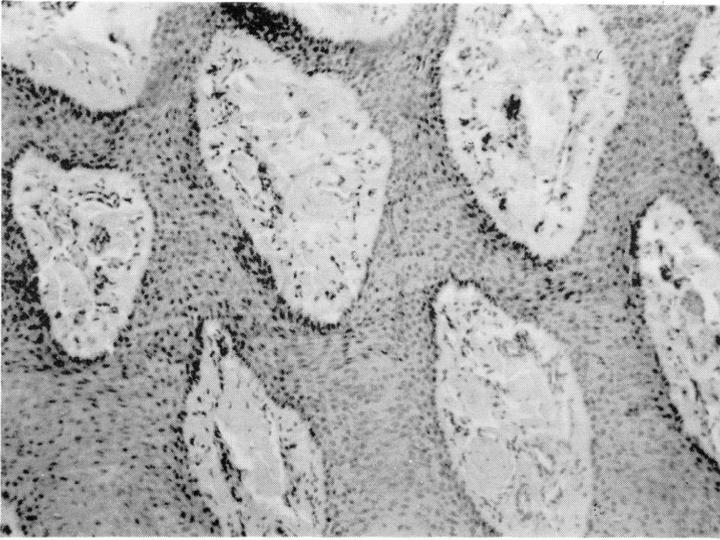


Abb. 8. Querschnitt durch den basalen Papillarkörper mit noch unverhornter basaler Epidermis. Vergr.: 100×

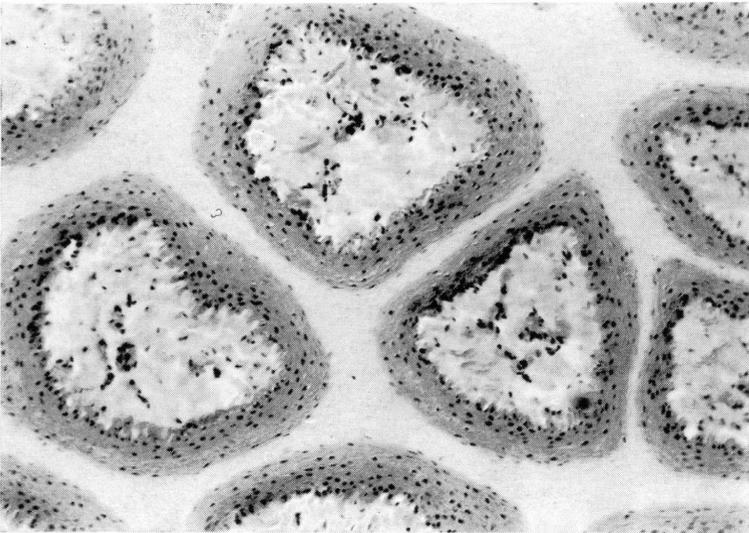


Abb. 9 siehe Abb. 10

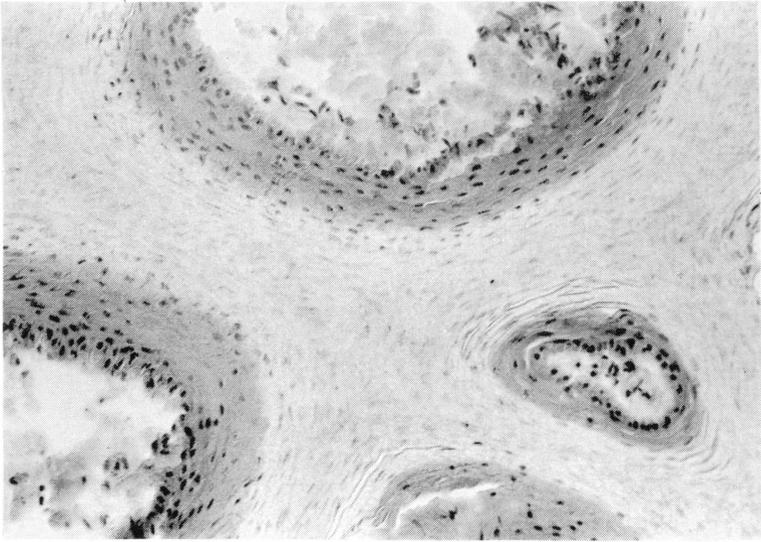


Abb. 10

Abb. 9 und 10. Querschnitte durch den mittleren und oberen Papillarkörper mit zunehmender Verhornung zwischen den Papillen und beginnender konzentrischer Schichtung der verhornten Zellen Vergr.: 100 bzw. 155 \times

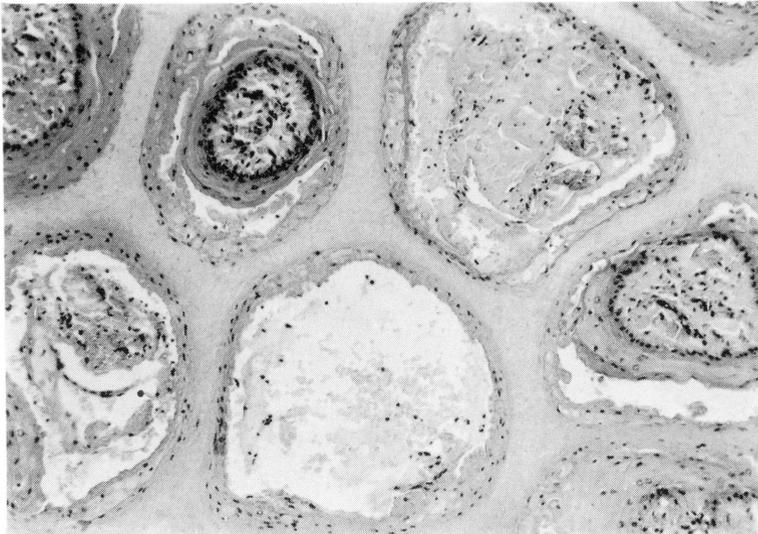


Abb. 11. Querschnitt in Höhe der Papillenspitzen mit beginnender Markhöhlen- bzw. Röhrenbildung. Vergr.: 100 \times

Säulchens. Dieses Hornmaterial geht offenbar mehr oder weniger vollständig verloren, so daß die basalen Anteile der Säulchen in einer Länge bis zu etwa 1 cm hohl sind und daher eine röhrenartige Struktur entsteht (Abb. 12—15). Die Hohlräume haben einen Durchmesser von durchschnittlich $350\ \mu\text{m}$. Der Durchmesser der Hornsäulchen, bestehend aus zentralem hohlem Markraum und umgebender konzentrisch geschichteter Hornsubstanz, beträgt etwa $500\ \mu\text{m}$. Die Länge der Hornsäulchen entspricht der Länge des Hornes. Dabei verringert sich der Durchmesser der Markräume kontinuierlich

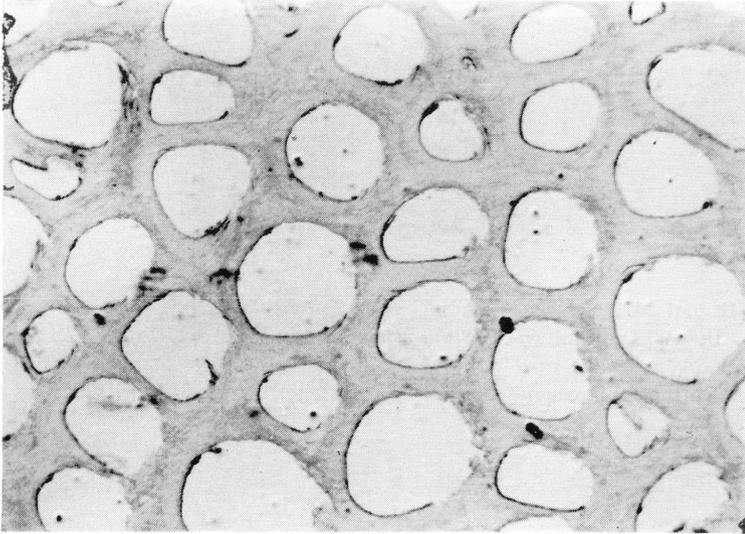


Abb. 12. Querschnitt durch die Hornröhren dicht oberhalb der Abbruchfläche des Hornes. Vergr.: $40\times$

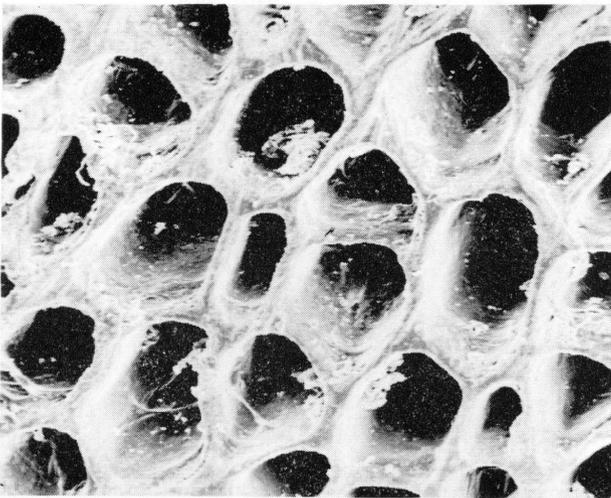


Abb. 13 siehe Abb. 14

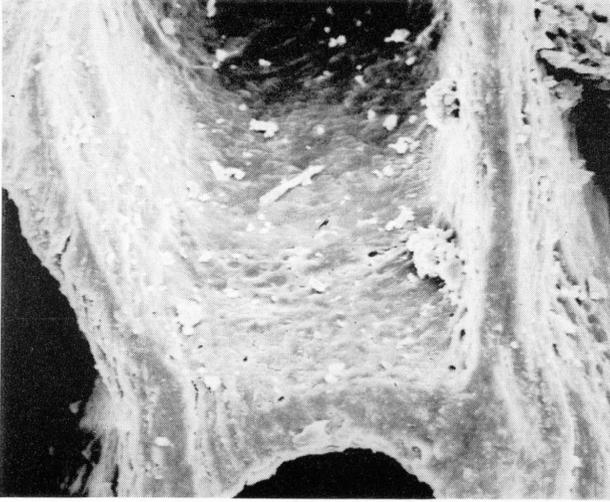


Abb. 14

Abb. 13 und 14. Querschnitt durch basale Hornsäulchen mit röhrenförmigem Markraum. In der Ausschnittvergrößerung ist die lamelläre Schichtung der Säulchenwand deutlich erkennbar.

Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahme. Vergr.: 55 bzw. 175 \times

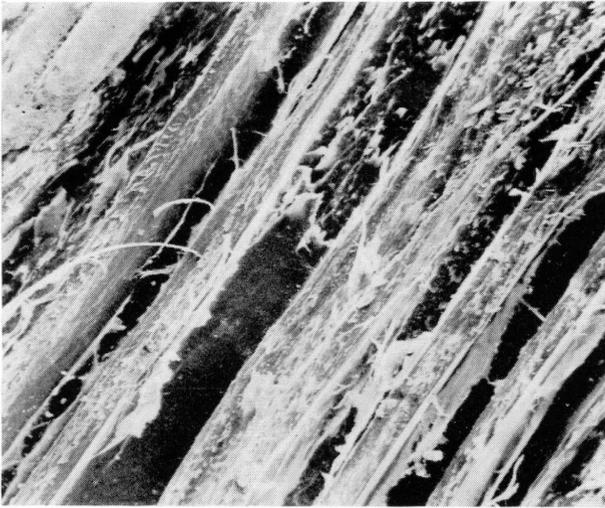


Abb. 15. Längsschnitt durch basale Hornsäulchen mit Resten von markartiger Hornsubstanz in der röhrenförmigen Markhöhle und faseriger Struktur der Säulchenwand. REM. Vergr.: 45 \times

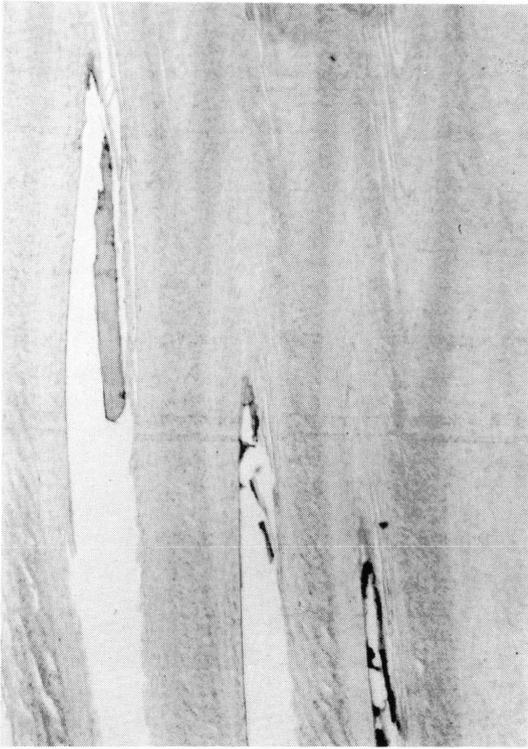


Abb. 16. Längsschnitt durch den Grenzbereich zwischen röhrenförmiger und kompakter Hornsubstanz. Beginnende Ausfüllung der Markräume mit markartiger Hornsubstanz. Vergr.: 40×

auf 75–100 μm und ist bis auf den beschriebenen basalen Anteil vollständig von markartiger Hornsubstanz ausgefüllt. Der Gesamtdurchmesser der Hornsäulchen verringert sich dabei auf 200–250 μm . Die Abb. 16 zeigt einen Längsschnitt aus dem Grenzbereich zwischen röhrenförmiger und kompakter Hornstruktur, in dem die Markräume allmählich wieder mit markartiger Hornsubstanz ausgefüllt werden. In Abb. 17 wird ein Hornsäulchen in der kompakten Hornsubstanz im Längsschnitt dargestellt (entspricht in der Lokalisation den Querschnitten der Abb. 20–25). Die Abb. 18 und 19 zeigen Hornsäulchen aus der kompakten Hornsubstanz im Längs-Schrägschnitt bei raster-elektronen-mikroskopischer Darstellung. Deutlich ist die konzentrische, schuppenartige Schichtung des Hornmaterials um das Zentrum erkennbar. Die Abb. 20–25 stammen aus der gleichen Region und demonstrieren die typische Struktur der Hornsäulchen im Querschnitt bei licht- und elektronenmikroskopischer Darstellung. Deutlich sichtbar wird der zentrale Markraum und die umgebende konzentrische Schichtung. Letztere weist ca. 30–40 Lagen auf und besteht aus stark abgeflachten, langgestreckten, spindel-förmigen, dachziegelartig geschichteten Zellen. Die Abb. 20 zeigt dabei Hornsäulchen, die aus dem schwarz pigmentierten zentralen Hornanteil stammen. Deutlich ist die Einlagerung von feinkörnigem, teils grobscholligem Melaninpigment, besonders in die äußeren konzentrischen Lagen der Hornsäulchen, erkennbar. Die Abb. 25 demonstriert

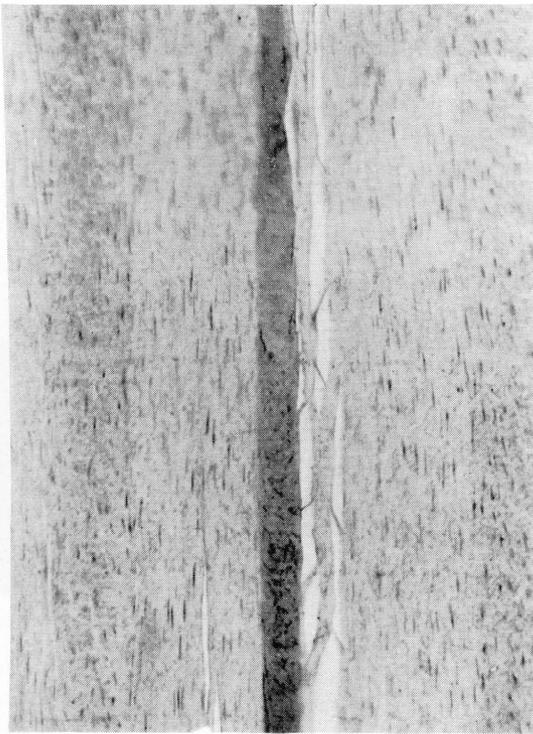


Abb. 17



Abb. 18 siehe Abb. 19