

Aus der hydrotherapeutischen Anstalt der Universität Berlin.

## **Über Hautsinnesorgane neben dem menschlichen Haar (Haarscheiben) und ihre vergleichend-anatomische Bedeutung.**

Von

Dr. **Felix Pinkus** in Berlin.

Hierzu Tafel VIII—XI.

In einigen kurzen Mitteilungen habe ich die Aufmerksamkeit auf ein kleines Gebilde der menschlichen Haut zu lenken gesucht, welches durch seinen Bau und seine Nervenversorgung seine Zugehörigkeit zum Hautsinnesapparat beweist, und welches durch seine topographische Anlehnung an die Haare für deren Bedeutung und Ableitung wichtige Fingerzeige darzubieten scheint. Wenn auch bisher die physiologische Untersuchung noch keine Anhaltspunkte für die Funktion dieser Nervenendapparate dargeboten hat, so sind wir durch das Vorhandensein von anatomischen Vergleichsbefunden doch wenigstens in den Stand gesetzt, die morphologische Einordnung unter bereits bekannte Bildungen anderer Wirbeltiere vorzunehmen.

Vergleichend anatomische Untersuchungen boten in weit voneinander und vom Menschen entfernten Tierklassen ähnlich aussehende Organe dar; durch einige neue Befunde gelang es, diese zu Beginn noch unerreichbar weit auseinanderstehenden Vorkommnisse einander zu nähern, und es zeigte sich — wenn auch noch sehr grosse Lücken auszufüllen sind — zunächst einmal das Vorkommen dieser Organe über die ganze Säugetierreihe hin verbreitet. Sodann kann es wohl als gesichert angesehen werden, dass ein Zusammenhang der Säugetierorgane mit ähnlich gebauten der Reptilien- und Amphibienhaut besteht. Es ergibt sich also das Vorhandensein eines einheitlichen Epidermissinnesorgans durch eine weit grössere Strecke der Wirbeltierreihe hin als sie die meisten anderen epidermoidalen Organe (Federn, Haare, Drüsen) aufweisen können. Das Ziel vorliegender Arbeit soll es sein, durch Zusammenstellung der Befunde und ihre Vergleichung den Beweis für diese Anschauungen zu liefern.

Da meine bisherigen Mitteilungen nur kurze Schilderungen enthalten haben, gebe ich zunächst eine möglichst genaue Beschreibung des Verhaltens beim Menschen, an welche sich die der übrigen Säugetiere anschliessen wird. Ich bemerke im voraus, dass die einzige Andeutung dieser Organe beim Menschen meines Wissens von Leontowitsch (cf. das Zitat S. 134) gegeben worden ist.

### I. Haarscheibe des Menschen.

Am leichtesten sind diese Organe am lebendigen Menschen zu beobachten. Sie kommen ohne Ausnahme, wenn auch bisweilen spärlich oder undeutlich sichtbar, bei jedem Menschen vor. Zuweilen sind sie in ausserordentlicher Zahl und Grösse vorhanden. Man findet sie am leichtesten in folgender Weise:

Betrachtet man die Vola des eigenen Oberarms, der Ellbeuge und des Vorderarms, so sieht man in dieser meist wenig behaarten, wenigstens in der Mittellinie nur von kleinen Haaren bestandenen Region ein System von spitzwinklig sich schneidenden Furchen. Dies ist das über den ganzen behaarten Körper verbreitete Faltennetz, durch welches die drei- bis vieleckigen Felder der Haut begrenzt werden. Meistens laufen je fünf dieser Furchen in einem Haarpunkt zusammen. Die so begrenzten Felder zeigen einen matten, sammetartigen Glanz. Jede Bemühung, sich über die durchschnittliche Gestalt dieser Felder eine bestimmte Ansicht zu bilden, scheitert an der Mannigfaltigkeit der Übergänge. Eine gewisse Gleichmässigkeit wird nur dadurch erzeugt, dass bei der Verschiedenartigkeit der Gestalt alle Übergänge in Form und Grösse der Baufelder durcheinander vorkommen, also sicher gar keine Regel besteht. Inmitten dieses durch seine vielfachen Linien verwirrenden Anblicks sieht man Gebilde von scharf umschriebener Form sich abheben. Zuerst entdeckt man, in Abständen von einigen Millimetern, glitzernde Plättchen. Fasst man eines nach dem anderen ins Auge, so ergibt sich, dass sie rund sind, scharf begrenzt von einer Furche, dass stets neben ihnen ein Haar die Haut durchbricht Fig. 3 und 4.

Diese glitzernden Flächen sieht man am besten an der wohlgenährten, blassen, weichen Haut erwachsener junger Männer mit dunkler, nicht zu starker Behaarung; zuweilen ist auch die

stark fettabsondernde Haut von blonden Individuen mit sogenanntem seborrhoischem Habitus sehr geeignet. Doch kommen sie ausnahmslos bei allen Menschen, männlichen wie weiblichen Geschlechts, vor.

Hat man sich erst einmal von dem Vorhandensein der Scheiben überzeugt, so erleichtert ihre Eigenschaft, stets einem Haar benachbart zu sein, ausserordentlich ihr Auffinden. Man kann es als Regel betrachten, dass die Scheibe in dem spitzen Winkel liegt, welchen der freie Haarschaft mit der Hautoberfläche bildet. Biegt man das Haar mittels eines feinen Instruments (Nadel) zurück, so sieht man dicht neben seiner Austrittsstelle ein rundes oder ovales, flaches Knötchen wie einen kleinen Knopf in die Hautfölderung eingepasst. Es unterscheidet sich durch seine runde Begrenzung scharf von den geraden Linien der übrigen Hautfölderchen. Seine Grösse ist so erheblich, dass es als höchst auffällig betrachtet werden muss, dass bisher keine Beschreibung dieses Gebildes in der Literatur vorliegt. Seine Maße betragen oft  $\frac{1}{2}$  bis 1 mm, also fast die Grösse eines gewöhnlichen Stecknadelknopfs. In seltenen Fällen habe ich einen Durchmesser von mehr als 1 mm nach Länge und Breite (vornehmlich vorn am Bauch, in Nabelhöhe und etwas darunter) beobachtet. Dagegen ist die Höhe sehr gering und überragt oft kaum das Niveau der umgebenden Haut.

Die Haarscheibe liegt nicht immer genau in der Längsachsebene des benachbarten Haares. In nicht gerade geringer Anzahl kommen Abweichungen nach rechts oder nach links vor. Ob Verlagerungen an die Seite des stumpfen Winkels zwischen freiem Haarschaft und Hautoberfläche vorkommen, vermag ich nicht zu entscheiden, da zur Verifizierung stets eine mikroskopische Untersuchung der betreffenden Stelle erforderlich wäre, die nicht immer ausführbar war: wo ich aber in der Lage gewesen bin, Haarscheiben, die scheinbar in regelwidriger Lage zum Haar sich befanden oder ganz ohne Beziehung zum Haar zu sein schienen, histologisch mitsamt ihrer Umgebung in Serienschnitten zu untersuchen, da fand ich stets, dass eine andere, mit blossen Auge nicht sichtbar gewesene kleine Haargruppe in typischer Beziehung zur Haarscheibe lag.

Untersucht man die Haut des lebenden Menschen, oder noch besser, das durch einen Scherenschlag exzidierte Haut-

stückchen, welches die Haarscheibe enthält, unter der stark vergrössernden binokulären Lupe, so erscheint die Oberfläche der Haarscheibe ganz fein chagriniert, leicht gewölbt und nur am Rande schärfer abfallend. Man hat bei dieser 25–50fachen Vergrösserung des einzelnen Organs noch mehr als bei übersichtlicher Betrachtung der ganzen Haut mit blossem Auge den Eindruck, als läge es auf die Haut aufgelagert, sodass es die Hautfurchen, welche auf seine Stelle zustreben, unterbricht.

Das von der Haarscheibe eingenommene Gebiet bildet im allgemeinen eine grössere einheitliche Fläche als die umgebenden, meist recht kleinen und durch breite Furchen voneinander getrennten polygonalen Hautfelder. Das Chagrin seiner Oberfläche ist äusserst fein, gleichmässig aus runden, flachen, gewölbten Buckeln bestehend und erinnert sehr an das von G. Meissner zuerst beschriebene und in seiner Bedeutung für die Tastempfindung gewürdigte viel gröbere Konvexchagrin der Rückseite der Finger und des Handrückens. Die plane Oberfläche, welcher ungefaltet und weniger zur Schuppung geneigt als in der eckigbegrenzten Umgebung, eine festgefügte Hornschicht (cf. die histologische Beschreibung) aufliegt, lässt das Gebilde bei schräg auffallendem Licht glänzender erscheinen als die übrige Haut, während es bei senkrechter Betrachtung hornartig graulich durchscheint. Möglicherweise trägt die häufig zu beobachtende Pigmentfreiheit zur Erhöhung des Eindrucks bei, dass diese Organe weisser seien als die Umgebung. Ganz besonders deutlich erkennt man dies bei dunkel pigmentierten Europäern, die zuweilen, namentlich an Bauch und Lenden, wie weiss getüpfelt erscheinen<sup>1)</sup>. Auch in blauen Tätowierungen erscheinen sie oft als runde, weissliche Flecke. Bei dunkleren Rassen indessen (Neger, Japaner) sind sie so dunkel wie die Umgebung.

Ich glaube, behaupten zu dürfen, dass die Haarscheiben ohne Ausnahme bei jedem Menschen vorkommen. Ihre Häufigkeit, mehr aber noch ihre Deutlichkeit schwankt in den weitesten Grenzen. Oft erfordert es langwieriges Suchen, bis es gelingt, auch nur eine einwandfrei zu Gesicht zu bringen, oft glitzert

---

<sup>1)</sup> Von dieser weissen Tüpfelung ist die häufigere und gröbere, welche durch Weissfärbung des ganzen ciriumfollikulären Gebietes erzeugt ist, zu unterscheiden.

der ganze Arm oder Bauch oder Nacken von fast stecknadelgrossen Scheiben.

Im allgemeinen sind sie besser ausgebildet bei Männern als bei Frauen. Recht deutlich sichtbar werden sie erst in der Pubertät, zur Zeit des verstärkten Haarwachstums. Am grössten und in besonders charakteristischer Form findet man sie bei Männern von nicht zu starker Behaarung. Sie bevorzugen kleine bis mittlere Haare, vor allem eine Körperbehaarung, bei welcher die Lanugo ein wenig an Stärke zugenommen hat, pigmenthaltig ist, und bei der die Haare sehr schräg hervorkommen, der Hautoberfläche fast anliegen, nur 1–2 cm lang und gerade sind, und nicht durch ihre Länge sich bereits biegen und kräuseln. An starken Körperhaaren sind sie seltener zu finden. Sie bevorzugen also kurzbehaarte Partien. Am häufigsten sind sie zu finden an Nacken und Schultern und an den Seitenteilen des Bauches. Dort sind sie auch am grössten. Ebenfalls fast konstant befinden sie sich an der Volarseite des Oberarms, der Ellbeuge und der oberen  $\frac{2}{3}$  des Vorderarms. Dann folgt Oberschenkel, Rücken und Gesäss, Vorderfläche des Körpers, wobei sie oft, je nach der Behaarung, auch vorn am Bauch sehr deutlich sein können. Zuweilen sieht man sie an der Dorsalseite der Arme, am Unterschenkel, am Halse vorn und seitlich, selten an den Füßen, den Zehen und den Augenbrauen. Nie habe ich sie bisher am behaarten Kopf, der Stirn und dem grössten Teil des Gesichts, sehr selten an den Wangen und der Unterkieferpartie gesehen. Auch die Hände und das männliche Glied sind, wenigstens beim Europäer, frei. An den unbehaarten Teilen (Handteller und Fusssohlen, oberes Augenlid) fehlen, wie die Haare, auch die Haarscheiben.

Ehe die menschliche Haut in die Pubertätsentwicklung eintritt, sind die Haarscheiben meistens nur sehr schwer zu erkennen. Bei genauem Suchen findet man sie bereits an der Haut des Neugeborenen, und nicht selten sind sie bereits bei 4–7 jährigen Kindern recht stattlich ausgebildet. Doch wird man auch oft vergeblich bei Kindern noch höheren Alters nach ihnen spähen. In hohem Alter verschwindet die Möglichkeit ihrer Erkennung, falls die Haut fettlos, trocken, schilfernd und knittrig geworden ist. So gelingt es oft bei 60jährigen nicht mehr, sie zu entdecken. Andererseits bleiben sie bei praller,

fetter Haut auch bei 80jährigen Greisen noch sehr deutlich, ganz besonders da, wo die Haut der Unterlage fest und gespannt aufliegt, vornehmlich in den Suprascapulargegenden.

Dasselbe Verhalten wie knittrige, atrophische Greisenhaut zeigt die Haut von Leichen. Während mehrere Stunden nach dem Tode die Haarscheiben noch deutlich zu sehen sind, verschwinden sie mit dem Verlust des Turgors der Haut etwa 24 Stunden nach dem Ableben und sind dann sogar bei 20jährigen Männern, deren Haut all die obenerwähnten Vorbedingungen für leichtes Auffinden dargeboten hatte, vollkommen dem Blicke entzogen. Nur bei hydropischen Leichen, deren Haut sehr lange prallgespannt bleibt, sind sie auch auf dem Sektionstische oft noch deutlich zu erkennen. Zuweilen sieht man sie aber später, an etwas eingetrockneten konservierten Leichenteilen wieder recht gut.

Bei zwei Frauen mittleren Alters, welche seit Jahren fast am ganzen Körper haarlos waren (alopecia totalis), waren am Hals und Bauch sowie an den Armen die Haarscheiben in normaler Menge und grosser Deutlichkeit vorhanden, auch bei dem von mir vor Jahren beschriebenen, nunmehr 14 Jahre alten hypotrichotischen Knaben sind sie am Körper und den Extremitäten wohl ausgebildet. Ihr Vorkommen ist demnach nicht an die Persistenz des Haares gebunden, und ebensowenig wird das Wachstum des Haares durch Verlust der Haarscheibe (durch Exzision oder Elektrolyse) in irgend einer Weise gestört.

Die Häufigkeit und der Grad der Ausbreitung ist bei den verschiedenen Menschenrassen verschieden. Sehr deutlich sind sie beim Neger; ganz ausserordentlich zahlreich und weitverbreitet stehen sie aber auf der fast haarlosen Haut des Japaners. Ich habe sie dort volar und dorsal am Arm gesehen, und sie bis auf den Handrücken verfolgen können, was beim Europäer sehr selten gelingt.

Ebenso charakteristisch wie das Aussehen vom blossen Auge ist der mikroskopische Bau der Haarscheiben. Es muss von vornherein bemerkt werden, dass eine ganz genaue Identifizierung des an der Haut gesehenen mit dem mikroskopischen Bilde im Anfange der Untersuchung in folgender Weise erstrebt und erreicht wurde. Die Haarscheibe mit dem anliegenden Follikelloche wurde durch einen Tintenkreis umzeichnet, mit

gebogener Schere oder Skalpell exzidiert und alsbald mit der Lupe auf das Gelingen der Exzision hin untersucht und gezeichnet. Nach der Härtung wurde eine genaue Zeichnung des meist myrthenblattförmigen Stückes angefertigt, das Stück in Paraffin eingebettet und in eine Schnittserie, quer zur Längsachse des Stückes, zerlegt, um möglichst kleine Schnitte zur Untersuchung zu erhalten. Da die Stückchen immer nur ganz klein waren, sodass nur wenig umgebende Haut rechts und links von der Haarscheibe mit herausgeschnitten worden war, gelang es, in diesen Querschnitten unschwer festzustellen, wo eine abweichende Epidermisformation vorhanden war. Noch deutlicher sichtbar wurden die gröberen Verhältnisse in den Wachsplattenrekonstruktionen, welche nach BORNs Methode aus einer Anzahl dieser Schnittserien angefertigt wurden. Es ergab sich als Schluss der Beweisführung, dass in dem histologischen Bild in Wahrheit das an der lebenden Haut sichtbar gewesene Knötchen getroffen sei, eine vollkommene Übereinstimmung aller Falten und Erhebungen der ursprünglichen Zeichnung und des Modells. Durch immer wiederholte Vergleichen von makroskopischem Aussehen und histologischem Befund ist jeder Zweifel ausgeschlossen, dass das Gebilde, welches ich im folgenden beschreiben werde, der Haarscheibe entspricht.

Inmitten der unregelmässig gefalteten Haut des kleinen exzidierten Stückchens, dessen Epithel Erhöhungen und Einsenkungen von nicht genauer zu klassifizierender Form darbietet, springt ein auffallend regelmässig gebautes kleines Gebiet ins Auge. Es ist (im Schnitt) rechts und links scharf abgegrenzt durch eine Epitheleinsenkung, die eine seichte aber scharfe Falte bildet. Die Epidermisoberfläche der Umgebung, ausserhalb dieser Falte, verläuft grobwellig. Innerhalb der Falte ist die Oberfläche fast plan, von der Peripherie sanft zu dem zentralen Plateau aufsteigend und dort, entsprechend dem oben erwähnten Konvexchagrin, ganz flachwellig (Fig. 1, 2—5, 8).

Die Hornschicht ist fester, erscheint weniger wabenartig locker als in der Umgebung. an ihr ist die derbere basale Lage, eine breite, mittlere, helle Lage, in der oft noch Kerne zu erkennen sind, und eine dunklere oberste Lage in gleichmässiger Schichtung zu erkennen. Nur die normalerweise abschilfernde Oberfläche ist ein wenig aufgelockert, blättrig. Unter der Horn-

schicht folgt ein breites Stratum lucidum. Unter ihm liegen in 1 - 2 Reihen die keratohyalinhaltigen Zellen dem flachen Bogen des Rete Malpighi auf. Das Rete besteht aus einer dickeren Zellenmasse als die Epidermis der Umgebung. Die obersten Reihen bestehen aus grösseren Zellen, während die dem Stratum cylindricum genäherten Zellen eher kleiner sind als die durchschnittlichen Epidermiszellen.

Die Unterfläche der Haarscheibe unterscheidet sich in ganz ausserordentlich hohem Grade von der Unterfläche der Umgebung. Ihr eigentümlicher Bau beginnt scharf an einem bestimmten Punkt, welcher auf der scharfen Ecke des Rand walls liegt. Mit diesem Namen bezeichne ich der leichteren Verständigung halber den tiefherabreichenden Retezapfen, welcher die äussere Umgrenzung der Haarscheibe an der Epidermisunterseite darstellt. In dem von ihm abgegrenzten Cutis- und Epidermisbezirk ist all dasjenige vorhanden und eingeschlossen, was von wichtigen Bestandteilen zur Haarscheibe gehört. Der Rand wall ist im gewöhnlich gefärbten Schnitt (Hämatoxylin und andere Kernfärbungen) das Gebilde, an dem die Haarscheibe stets bei schwacher Vergrösserung zu erkennen ist. Seine Ausbildung ist verschieden, aber immer ist er so gross, dass er an allen senkrechten Schnitten durch die Haarscheibe deutlich erkennbar ist. Er ragt nach innen unten in die Cutis hinein, und während er breitbasig entspringt, endet er mit scharfen Rande. Meist ist er ein wenig nach innen konkav gewölbt. Auf tangentialen Schnitten liegt er als dünne Epithelspanne unter der Epidermis (Fig. 1). An seiner scharfen Kante beginnt urplötzlich eine andere Epithelformation, welche die ganze Innen- resp. Unterfläche der Haarscheibe einnimmt. Die Haarscheibe steht dadurch im scharfen Gegensatz zur Umgebung, da sogar die Aussenfläche des Rand walls noch von der gewöhnlichen, niedrigzylindrischen bis kubischen Form der basalen Zellschicht der umgebenden Epidermis überzogen wird. (Fig. 2, 7).

Die Zellen der Unterfläche der Haarscheibe sind im allgemeinen höher und schmalerzylindrisch als die der Umgebung. Diese hohen Zylinderzellen bekleiden den grössten Teil der Unterfläche. Diese Fläche liegt im ganzen etwas gegen die Umgebung erhaben. Sie zeigt nicht deren grobe Faltungen und flachen, breiten Wellen, sondern ist durch schmalere und breitere, zum Teil knopfartige Retezapfen sehr bewegt. Namentlich in den

mittleren Partien ragen ein oder mehrere dicke Retezapfen von verschiedener Länge in die Tiefe (Fig. 20). Diese Retezapfen sind im allgemeinen aus dichtgedrängten, kubischen Zellen aufgebaut, und an ihrer Basis von den erwähnten hohen Zylinderzellen umgeben. Ihre Zellen stehen meistens senkrecht auf der Cutisgrenze, sind also radiär um die Zapfen herum angeordnet. Wo die Zapfen schmal sind und im Durchschnitt nur aus zwei Zelllagen bestehen, sieht man sie aus ziegelartig parallel übereinandergeschichteten Zellsäulen gebildet. Dicht unter diesen Retezapfen ist die Cutis häufig ein wenig abgelöst (Lymphraum?, Fig. 2). Doch fehlt diese Spalte bei besonders exakten Härtingsarten (Flemming'sche Lösung) fast ganz, sodass die Möglichkeit, sie sei wenigstens zum Teil durch die Präparation bedingt, nicht von der Hand zu weisen ist. Diese Epidermiszapfen sind die Stellen, an denen sich ganz besonders die Nerven verteilen, und an denen sich namentlich die zelligen Nervenendigungen vorfinden, welche wir alsbald betrachten wollen. Sie sind vermutlich mit den von Merkel beschriebenen Epithelzapfen mit Tastzellen zu identifizieren, welche in der Sohle des Maulwurfs vorkommen (Taf. XV, Fig. 17, Seite 135). Die hohen Zylinderzellen dagegen liegen meistens in schwach innervierten oder in den ganz nervenfreien Strecken, scheinen demnach das zwischen den sensorischen Partien liegende Stützepithel darzustellen. Während die basalen Zellen der Umgebung eine deutliche Ansammlung hellbraunen, körnigen Pigments enthalten, sind die hohen Zylinderzellen der Haarscheibe fast immer frei davon. Die tiefer hinabreichenden breiten Zapfen sind dagegen oft pigmentiert.

Durch den Randwall wird die Cutis im Bereich der Haarscheibe halsartig eingeschnürt. Diese knopfförmige grosse Cutispapille erfüllt den Innenraum des Haarscheibenbezirks mit lockerem, feinfaserigen Bindegewebe. Erst eine geringe Strecke unter der Scheibe beginnen die groben, sich netzförmig durchflechtenden Faserbündel der Cutis propria. Die Haarscheibencutis ist somit deutlich als ein andersartiges Gewebe erkennbar. Sie hat im ganzen den Typus des Bindegewebes in den Papillen bezüglich ihres Aussehens (Rosafärbung der feinen Bindegewebsfasern mit van Giesons Färbung gegenüber dem gelbroten Ton der groben Koriumbündel) und ihrer elastischen Fasern und stimmt auch in

ihren wichtigsten Eigenschaften, im Gefäss- und Nerven Gehalt, prinzipiell mit den Eigenschaften des Papillarkörpers überein. Die Anordnung und Mächtigkeit dieser Bildungen, vor allem die Nervenverteilung, unterscheidet sie aber scharf von allen zufällig vielleicht einmal ähnlich konfigurierten breiteren Cutispapillen.

Die Gefässe steigen mit den Nerven zugleich von der Seite des Haares her in die Haarscheibe hinein und verästeln sich in der Form einer flach ausgebreiteten Baumkrone (Fig. 5, 6). Es lässt sich über sie nichts genaueres aussagen, als dass sie in der Form gewöhnlicher dünner Gefässe vom Typus des oberflächlichsten Gefässnetzes und der Papillarschlingen (Spalteholz) sich so verteilen, dass jede Randausbuchtung, zwischen Randwall und Unterfläche der Haarscheibenepidermis, eine Schlinge erhält, demnach ungefähr 10 bis 20 derartiger kleiner Gefässchen an das Epithel heranziehen. Auch die Mitte der Haarscheibe wird in ähnlicher Weise versorgt. Im ganzen ist es nicht gelungen, aus dieser Form der Vaskularisation etwas über die Bedeutung der Haarscheibe festzustellen. Es muss nur bemerkt werden, dass diesselbe um einen sehr bedeutenden Grad stärker ist als die Gefässversorgung der Umgebung.

Von weit grösserer Bedeutung scheint der Gehalt an Nervenfasern und Nervenendapparaten zu sein, welcher sofort die Eigenschaft der Haarscheibe als eines nervösen Endorgans klarlegt.

Die Untersuchung wurde anfangs an Gold- und Golgi-Präparaten unternommen, welche aber nur mässige und teils lückenhafte, teils nicht zweifellose Resultate ergaben. Bessere Präparate, welche namentlich die gröberen Anordnungen sehr gut darstellten, bot die Schwärzung der Achsenzylinder durch Fixierung des frischen Hautstückchens in Palladiumchlorürlösung (zwei bis vier Tage lang). Nach Alkoholhärtung und Paraffineinbettung ergaben derartig behandelte Hautstücke ganz sichere Bilder, in denen nur die geringe Färbbarkeit der übrigen Gewebelemente und einige Formveränderungen (namentlich im Epithel) störend wirkten. Als erst einmal die Nervenverteilung bekannt war, genügte die gewöhnliche Hämatoxylin-Pikrinsäure-Fuchsin-S-Färbung (van Gieson) oder eine Färbung der elastischen Fasern, um die Nerven bis in die Nähe des Epithels verfolgen zu können. Allein von allen Methoden ergab aber nur die Methylenblaufärbung Ehrlichs

(in der Modifikation von Dogiel-Bethe) Übersichtsbilder über die ganze Haarscheibe, und vor allem die Möglichkeit des Studiums der feineren Verhältnisse.

Im Prinzip ist der Befund bei allen von mir untersuchten Haarscheiben der gleiche gewesen, mit welcher Methode auch immer die Nerven zur Erscheinung gebracht wurden, und ganz gleichmässig an allen verschiedenen Stellen des Körpers verschiedener Menschen. Für die vitalen Färbungen ist es einleuchtend, dass nur Stückchen meiner eigenen Haut zur Verwendung kommen konnten, die ich mit der Schere ohne anaesthesierende Mittel an Arm und Bauch entnahm.

Von der Seite, wo das zur Scheibe gehörige Haar liegt, zieht ein Bündel von Nervenfasern schräg zur Epidermis empor. Von diesem Nervenstamm gehen zunächst Fasern zur äusseren Wurzelscheide des Haares ab. Der Rest, aus vier bis sechs dickeren Fasern bestehend, setzt seinen schrägen Verlauf fort und zieht mitten auf die Unterfläche der Haarscheibe los (Fig. 2, 4 N meiner zweiten Mitteilung, Fig. 5, 6). Nicht weit von ihr entfernt, in der Höhe des oberflächlichen Gefässnetzes, und dessen Verzweigungen in groben Zügen folgend, trennen sich die Fasern des Nervenbündels voneinander und breiten sich in der Fläche der Haarscheibe mit einer ausserordentlich grossen Zahl von Fäserchen aus, versorgen, die Gefässe umspinnend, deren Wände und steigen zum Epithel empor, wo sie in verschiedener Weise ihr Ende finden. Der Aufstieg zum Epithel ist niemals geradlinig, sondern oft ein äusserst weiter Umweg, wie es Fig. 5 zeigt, zuweilen die ganze Peripherie der Scheibe umgreifend.

Bis in die entferntesten Ecken dringen Nerven vor. Die Nervenendigungen liegen teils um die Gefässe herum, teils an oder sogar in der Epidermis. Die Endverzweigungen der Nerven sind teils als feine Ausläufer zu sehen (einfache Nervenendigungen Botezat), teils mit Knöpfchen versehen und sitzen dann wie eine Dolde oder Trugdolde zu mehreren an einem gemeinsamen Stiel (Endbäumchen, Szymonowicz, Botezat). Ein Unterschied derart, dass die Gefässwände oder die Epidermisgrenze eine dieser beiden Arten in vorwiegender Zahl besässe, scheint nicht zu bestehen. Ebenso wenig besteht ein Unterschied in der Verteilung der Tastmenisken, welche sowohl an den Gefässwänden, als auch an der Epidermisgrenze

und an die basalen Epithelzellen angelagert, in mässig grosser Zahl vorhanden sind. Sie bestehen in blaurotgefärbten, ovalen, kleinen, kernähnlichen Gebilden (vitale Methylenblaufärbung, Karminnachfärbung), an die eine Nervenfasern herantritt, sie umschlingend und an ihnen sich verteilend. Diese Verhältnisse sind erst kürzlich von Botezat wieder beschrieben und abgebildet worden (Fig. 3, Eimer'sche Organe; Gaumen Fig. 4, 7), mit viel grösseren Einzelheiten, als sich an meinen gelungensten Präparaten feststellen liessen. Ich unterlasse es daher, auf die feinere Textur dieser Gebilde einzugehen, da ich nur Unvollkommenes beschreiben könnte. So ist es mir vor allem nur selten gelungen, ein Stückchen der Nervenfasern über den Tastmeniskus hinaus mit Sicherheit zu verfolgen. Da aber in dieser Arbeit nur die grobe Morphologie und die vergleichende Bedeutung dieser neuen Hautsinnesorgane behandelt werden soll, glaube ich mich mit den obengemachten Angaben begnügen zu können, welche eine Übereinstimmung mit den Funden des erwähnten, äusserst exakten Forschers zur Genüge beweisen.

Die Endigung mit Einschaltung von Tastmenisken findet sich in der Epidermis ganz besonders an den oben beschriebenen dicken Retezapfen vor, sodass sie in dieser Beziehung eine nicht geringe morphologische Ähnlichkeit mit den basalen Enden der „Puffer“ der Eimer'schen Organe, dem Zapfen mit Tastzellen in der Maulwurfssohle und mit den basalen Zellen der äusseren Wurzelscheide von Tasthaaren erhalten.

Die Unterfläche des Haarscheibenepithels erscheint durch die vielfachen Nervenfasern wie in einen Nervenkorb eingehüllt, namentlich an den breiten Retezapfen (Fig. 6).

In auffallendem Gegensatz zu dieser starken Innervierung der Haarscheibe steht die fast vollkommene Nervenlosigkeit der umgebenden Oberflächenepidermis. Dass die Haare gleichfalls stark mit Nerven versorgt sind, ist bekannt (Retzius) und wurde bereits erwähnt. Die übrige Epidermis wird in meinen Präparaten nur hier und da von einem kleinen Zweiglein versorgt. Ich will nicht entscheiden, ob diese Nervenfreiheit wirklich besteht, oder ob etwa doch vorhandene Nerven durch die angewandte Dogiel'sche Methode nur nicht zur Darstellung gelangten. Indessen sprechen die Resultate der Markscheidenfärbung gleichfalls für eine relative Nervenfreiheit der um-

gebenden Haut. Soviel ist jedenfalls mit Sicherheit erwiesen, dass nach den angewandten Methoden, vor allem mit der Methylenblautinktion der überlebenden Haut, sich im Gebiete der Haarscheibe ein ganz ausserordentlich starker Nervengehalt nachweisen lässt.

Es handelt sich also, wenn wir das bisher gezeichnete histologische Bild kurz zusammenfassen, um eine scharf umschriebene Partie von Epidermis und oberflächlicher Cutis, welche um einen durch Nerveneintritt und Gefässeintritt gekennzeichneten Stiel herum angeordnet ist, und welche durch die Verteilung der Nerven und Gefässe, sowie durch Form und Anordnung ihres Epithels ein (radiärgebautes) nervöses Hautorgan darstellt. Sie erfüllt einen Teil der oberen Seite des Dreiecks, welches von Hautoberfläche, Haarfollikel und *m. arrector pili* gebildet wird.

Über die physiologische Funktion der Haarscheibe haben wir, wie ich bereits erwähnte, bisher keine Kenntnisse. Berührung, Kalte- und Wärmereiz, Schmerzempfindung mit Nadelstichen und mit dem galvanischen Strom geprüft, ergaben keine ausschliesslich hier lokalisierten Gefühlsqualitäten. Jede dieser Empfindungen war gelegentlich hier besonders stark, gelegentlich abgestumpft, und ganz besonders fand sich eine Abschwächung für leicht schmerzhaft Stiche: eine Abweichung, welche vielleicht durch die Verdickung der Epidermis ausreichend erklärt ist. Bei einer grossen Reihe der allerverschiedensten Hautkrankheiten wurde auf einen etwa bevorzugten Sitz in diesen Teilen geachtet; indessen fand sich entweder gar keine, die Haarscheiben in gesonderter Weise treffende Veränderung, vielmehr ein einfaches Miteinbeziehen in den grossen Krankheitsprozess (Psoriasis, Ekzem, Syphilis), oder sogar eine Aussparung, sodass die Haarscheiben am längsten freiblieben von Rötung und Schwellung (Quecksilbererythem, Tätowierung). Bei einer so exquisit mit nervösen Erscheinungen (Jucken) verlaufenden Hautaffektion wie dem Lichen planus waren die Haarscheiben immer nur in den anderswo beginnenden Prozess sekundär einbezogen oder, wie ich vor Jahren an einem besonders jungen Knötchen abbildete, erst sehr spät und nur gelegentlich ergriffen worden.

Durch Merkels umfassendes Werk ist es bekannt, wie reichlich die von ihm benannten Tastzellen in der Haut des

Menschen vorkommen. Er fand sie so reichlich, wie man sie bei manchen Tieren auch an dichtestbesetzten Plätzen nicht findet, an Brust, Rücken, Bauch, Oberschenkel, Unterschenkel, Arm und Hals. Am reichlichsten standen sie an Bauch und Oberschenkel, an der Vola der Finger spärlich, an ihrem Dorsum zahlreich (S. 135). Die Fundstellen stimmen demnach mit denen der Haarscheiben gut überein. Die Zusammenfassung in besonderen, schon mit blossem Auge erkennbaren Organen wird indessen nicht erwähnt. Diese scheint meines Wissens nur an einer Stelle des Werkes von Leontowitsch über die Innervation der menschlichen Haut erkannt worden zu sein (S. 288, Fig. 35). Dieser Autor beschreibt Verhältnisse, welche denen unserer Fig. 13 ganz ähnlich sind. An einer Stelle des Unterschenkels fand er in einem von drei Schweissdrüsen begrenzten Raum eine ungeheuer grosse Papille von 390  $\mu$  Länge, 200  $\mu$  Breite, in einer mützenförmigen Epithelkappe, erfüllt mit zahlreichen, bald klein-, bald grossplattenvarikösen Verzweigungen von Nervenfasern. Das benachbarte Epithel (ausser zwei seitlich liegenden, kleinen aber tiefen Papillen) war in recht weiter Ausdehnung frei von papillären Erhebungen und zeigte nur wenige Nervenendigungen.

Es ist einleuchtend, dass ein so typisch gebautes und so konstant vorkommendes Gebilde von vornherein schon als ein wichtiges Organ angesehen werden muss, auch solange seine physiologische Bedeutung noch nicht erkannt ist. In dieser Ansicht wurde ich umsomehr bestärkt, je öfter ich beim Suchen vergleichend anatomischer Analogien ähnliche Gebilde bei niederen Tieren antraf.

In meinen ersten beiden Mitteilungen gebe ich bereits die Anhaltspunkte, mit deren Hilfe ich zu einem befriedigenden Ergebnis bezüglich der morphologischen Stellung der Haarscheiben gekommen bin. In dieser Arbeit vermag ich die dort angedeuteten Schlüsse durch den Fund von Zwischenstufen und auf Grund eigener Untersuchungen, welche mir einerseits durch die Leiter der Freiburger anatomischen Anstalt, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. Wiedersheim und Herrn Prof. Dr. Keibel, sowie die gütige Beihilfe von Herrn Dr. E. Fischer in Freiburg, andererseits durch die Hilfsbereitschaft der Herren Professor Fuerbringer in Heidelberg und Semon in München ermöglicht wurden, zu bekräftigen. Ich stelle die Befunde an der

Säugetierhaut in der Reihenfolge dar, in welcher mir die Entdeckung geglückt ist, und nicht in der Reihenfolge, welche das zoologische System ergeben würde. Der Grund dieses Verfahrens liegt in der Berücksichtigung des Gedankenganges, welcher zur Entdeckung der Zwischenstufen Veranlassung gab.

In meiner ersten Mitteilung vermutete ich Beziehungen der menschlichen Haarscheiben zu den von Fr. Roemer bei Echidnabeutelungen beschriebenen „Tuberkeln“. Durch die Güte der Herren Prof. K. Fuerbringer und Semon und das freundliche Entgegenkommen von Herrn Dr. Fr. Roemer selbst bin ich in den Stand gesetzt, über die Befunde des wertvollsten, embryonalen Echidnamaterials aus eigener Anschauung zu berichten, sowie eigene Funde erwachsener Echidna und Ornithorhynchus mitzuteilen. Die genauere Beschreibung dieser Befunde an der Monotremenhaut bleibt einer ausführlicheren Bearbeitung vorbehalten. Hier gebe ich die Tatsachen und Abbildungen nur so weit, als sie für die im weiteren Verlaufe erörterten Theorien von Bedeutung sind.

## II. Nervöse Hautapparate der Monotremen.

Mir stand folgendes Material zur Verfügung:

Echidnahaut, Stadium 52, 53, 54 von Herrn Prof. Semon.

Echidna, jüngere und dieselben älteren Stadien, aus der Sammlung des Herrn Prof. Semon, durch die Güte des Herrn Prof. Keibel zur Besichtigung.

Echidna, erwachsen, zwei Exemplare des Freiburger anatomischen Instituts, von deren einem ich zum Zweck mikroskopischer Untersuchung Hautstücke entnommen habe.

Ornithorhynchus erwachsen, a) Exemplar des Freiburger anatomischen Instituts, b) Kopf- und Schnabelhaut eines Tieres von Herrn Prof. Fuerbringer, c) Hautschnitte in Serien von Herrn Dr. phil. Fritz Roemer.

Bei älteren Stadien von Echidnabeutelungen entdeckte Roemer um die Stacheln herum kleine, runde Erhebungen der Haut; es fielen ihm bei diesen „Tuberkeln“ vor allem die grosse Regelmässigkeit der Verteilung und die Beziehungen zu den Stacheln auf. Wegen der abweichenden Deutung, welche ich gezwungen bin, diesen Gebilden zu geben, andererseits aber wegen der vortrefflichen Beschreibung, welche Roemer lieferte,

und die ich nicht durch eigene Worte ersetzen zu können meine, zitiere ich die wichtigsten Stellen von Roemers Befund im Wortlaut (S. 217): „Die Tuberkelchen liegen stets hinter den Stacheln, sodass diese mit ihren Spitzen über sie hinwegragen. Es scheinen nun aber besonders die grossen Stacheln von ihnen bevorzugt zu sein, und damit ergibt sich von selbst die Regelmässigkeit ihrer Anordnung.“ — „Unter den Tuberkeln überwiegt nun bei weitem die Zweizahl; meistens liegen zwei solcher runder Erhebungen hinter einem Stachel, von denen allerdings vielfach eine erheblich kleiner ist als die andere. Andererseits gibt es aber auch Einzeltuberkel und Gruppen zu mehreren, drei bis fünf, die im Halbkreis um die Stacheln gelagert sind. Die stärksten Gruppen liegen aber immer hinter starken Stacheln. Mit diesen runden Erhebungen, die ich kurzweg Tuberkel genannt habe, ist der ganze Embryo bedeckt, die Oberseite sowohl wie die Unterseite, aber nicht überall gleichmässig. Auch kommt lange nicht auf jede Stachel- und jede Haargruppe eine Tuberkelgruppe. Sie sind zunächst, ebenso wie die Stacheln beim Durchbruch, an den Seiten des Körpers am schönsten ausgebildet und daher auch am deutlichsten. Nach dem Rücken zu werden sie ebenso schwächer wie nach dem Bauche“. An den Beinen bedecken sie die Vorderseite, sitzen auf dem Kopf und besonders dicht auf dem Schwanz. Die erste Andeutung fand Roemer im Stadium 52 der Semon'schen Tafeln; scharf ausgebildet traf er sie bei Stadium 53.

Im mikroskopischen Bilde zeigte die Epidermis [keinerlei Veränderung über den Tuberkeln, weder durch Dicke, noch durch ihre Zelllagen. Die Cutis bildet breite Erhebungen mit zahlreichen, dichtliegenden Zellen. Roemer deutet diese Tuberkel als die primären Cutispapillen von Goette und Feiertag, auf denen später die Haaranlagen in der Epidermis entstehen. Nach ihm sind sie die letzten Reste eines ehemaligen Schuppenkleides, obwohl sie nicht vor der Haar- und Stachelanlage, sondern hinter ihnen liegen, eine Abweichung von dem normalen, z. B. auch von Roemer selbst an dem prachtvollen Beispiel von *Thryonomys* geschilderten Verhalten, welche er durch die Annahme eines indifferenten Bildungsbezirks hinter den grossen Stacheln zu erklären sucht (S. 219). Ich stelle die hypothetischen Sätze Roemers hierher: „Ich glaube . . ., diese Lage lässt sich leicht

verstehen, wenn man bedenkt, dass die Stacheln ausserordentlich kräftige Gebilde sind, welche bei ihrer Entwicklung viel Material für sich beanspruchen und bei deren Befestigung die Cutis schon frühzeitig stark beteiligt ist, da sie tief in die Cutis hineinwurzeln. An diesen Stellen traten neue und schwerere Aufgaben an die Cutis heran; sie musste sich ihnen anpassen und ihre ganze Kraft zusammennehmen, um ihnen gewachsen zu sein. Daher mussten alle nebensächlichen Dinge, und das wurden ja die Schuppen und ihre Rudimente mit der weiteren Ausbildung des Haar- und Stachelkleides, der einen grossen Aufgabe geopfert werden. Wir sehen dies auch daraus, dass sich vor einem stärkeren Stachel stets ein grösserer, völlig stachelfreier Bezirk findet. Hier schwanden die Schuppenrudimente gänzlich, während sie hinter den Stacheln in einem für die Cutis weniger arbeitsreichen Bezirk erhalten bleiben konnten. Nur ganz vereinzelt fand ich einige Tuberkel, unter denen ein kleiner Stachel hervortrat; hier ist also der ursprüngliche Zustand noch mehr gewahrt geblieben. Es wird ja hier auch die Cutis nicht so sehr in Anspruch genommen wie bei den grossen Stacheln.“

Betrachtet man das Fell einer ausgewachsenen Echidna, so sieht man sehr deutlich zwischen den Haaren und Stacheln kleine, runde, knopfförmige Erhebungen in der Haut. Da es hier nur auf die Vergleichung mit dem menschlichen Organ ankommt, gehe ich weder auf Topographie noch auf die Verschiedenheiten im Verhalten zu den grossen und kleinen Stacheln ein, sondern beschreibe ausschliesslich die Verhältnisse der Stellen, wo diese Gebilde am leichtesten erkannt werden können. Dies ist an den Stellen der Fall, wo Stacheln die Betrachtung nicht stören, am Bauch, an der Mammartasche, am Schwanz und streckenweis an den Extremitäten (Fig. 11). An der Unterseite des Tieres, wo vornehmlich Haarbüschel die Haut durchbohren, sieht man in den Räumen zwischen den steifen Borsten und Haaren die erwähnten Erhebungen wie kleine scharfabgesetzte runde Plateaus. Meistens kann man ihre Lage in der Nähe eines Haarbezirks feststellen; sehr häufig liegt das Knötchen einer Haargruppe ganz dicht an, so wie es oben für die menschliche Haarscheibe als Regel beschrieben worden ist. Viel öfter ist aber ein ziemlich grosser Raum zwischen Knötchen und Haargruppe vorhanden. Dieser Anschluss an das Haarsystem ist indessen nicht ausnahms-

los. Man sieht oft genug derartige Bildungen, die frei, ohne die Nachbarschaft einer Haargruppe liegen, oder die sogar der Haargruppe im stumpfen Winkel anliegen, d. h. nicht hinter, sondern vor der Haargruppe liegen.

Mikroskopisch enthüllt sich dieses Knötchen als eine steile Epidermiserhebung mit beinahe planer Decke (Fig. 10). Die Hornschicht ist derb. Die Zellkerne im Rete Malpighi liegen dichter, namentlich die Zylinderzellenschicht enthält dichtgedrängte, dunklergefärbte, längliche Kerne, während die Umgebung eine spärlichere Zahl hellerer Kerne aufweist. Die Unterfläche der Epidermis ist halbkugelig eingezackt, wie es fast nirgends in der Umgebung vorkommt. In diesem Epidermisbezirk liegt ein Cutisgewebe, das sich scharf sowohl von der tieferen Cutisschicht als auch vom Gewebe des Papillarkörpers der Umgebung unterscheidet. Es nimmt in meinen Präparaten bei der van Gieson'schen Färbung einen zarteren Ton an, während alles übrige Bindegewebe derb gelblichbraun tingiert ist. Es ist dünnfaseriger, in kleineren Biegungen gewellt und scharf sowohl seitlich wie nach unten begrenzt, ein wenig unter dem Niveau der Epidermisunterfläche der Umgebung. Dieser Cutisbezirk hat demnach eine linsenförmige Gestalt mit flacherer Unterfläche, stark konvexer Oberfläche. Seine oberen Teile, die der Epidermis am nächsten liegenden am stärksten, sind namentlich im Zentrum des Knötchens erfüllt von einer grossen Ansammlung von Kernen, welche grösstenteils quergelagert sind, deren Art und Bedeutung aber in meinen Präparaten nicht näher erforscht werden konnte. In diesen Cutisknopf hinein zieht ein Bündel von Gefässen und Nerven und verteilt sich zur Epidermis emporsteigend.

Genau dieselben Verhältnisse trifft man an der embryonalen Echidna, wie ein Vergleich mit der Beschreibung Roemers ergibt. An meinen Präparaten sind die makroskopischen Verhältnisse nicht ganz so in die Augen springend wie in Roemers Fig. 11, wo die „Tuberkel“ wie kleine Kugeln in geringer Entfernung hinter den Stacheln abgebildet sind. Dass ich aber dieselben Gebilde meine, ist vor allem aus ihren mikroskopischen Durchschnitten zu erkennen, die den Zeichnungen Roemers (Fig. 12 und 13) vollkommen entsprechen. Nirgends in der Haut finden sich mit diesen Tuberkeln zu verwechselnde Gebilde; sie wurden stets an den der vorherangefertigten Zeichnung ent-

sprechenden Punkten gefunden, deren Lage durch Papier- oder Wachsrekonstruktion zu grösserer Sicherheit nochmals bestätigt wurde. Genauere Beschreibung und Abbildungen spare ich für eine spätere Mitteilung auf, welcher auch alle übrigen theoretischen Erwägungen, welche sich an die Befunde der embryonalen Echidnahaut anschliessen, vorbehalten bleiben. Zur Deutung der Tuberkel sind diese jungen Stadien von der grössten Wichtigkeit. Entsprechend dem niederen Entwicklungsstadium liegen hier die Verhältnisse einfacher und klarer als am ausgewachsenen Tier. In den älteren Stadien 53 und 54 sind die Verhältnisse durch die grossen Abstände, in denen Tuberkel und Stacheln sich voneinander befinden, schwerer zu beurteilen, indessen stellt sich auch hier noch heraus, dass zum Stachel ein Tuberkel desselben Baues gehört, wie er im vorhergehenden geschildert ist. Ich schliesse mich, gestützt auf die einfacheren Verhältnisse des jüngsten Stadiums, der Anschauung Roemers an, dass ein Tuberkel stets zu dem vor ihm gelegenen Stachel gehört, d. h. auf der Seite des spitzen Winkels liegt, den das freie Schaftende des Stachels (verlängert) mit der Hautoberfläche bilden würde.

Die Lage dieser Tuberkel zum Stachel ist also ganz dieselbe wie die Lage der menschlichen Haarscheibe zum Haar. Ganz besonders stimmt aber das histologische Aussehen des Tuberkels in hohem Grade mit dem der menschlichen Haarscheibe überein. Ich glaube keinen zu gewagten Schluss zu ziehen, wenn ich, durch die genauere Untersuchung der verschiedenen Entwicklungsstadien und der erwachsenen Echidna bewogen, behaupte, dass der in Fig. 12 u. 13 Roemers Taf. 1 abgebildete Tuberkel und die Haarscheibe dasselbe Organ seien. Ich werde im folgenden diese Roemer'schen Tuberkel gleichfalls mit dem Namen Haarscheiben bezeichnen.

Sowohl beim Menschen wie bei der Echidna ist der Abstand der Scheiben voneinander ein ziemlich beträchtlicher, entsprechend dem weiten Abstand der Haar- und Stachel-Follikel voneinander. Mit Bezug auf diesen Punkt ist der Befund an der Haut des andern Monotremen, des Ornithorhynchus, von der grössten Wichtigkeit. Von diesem Tier sind an der Schnabelhaut die seltsamsten Nervenendapparate schon seit langer Zeit bekannt (Leydig, Souza, Fontes, Poulton, Wilson und Martin),

sodass auf die übrige Haut grosse Hoffnungen gesetzt werden durften. Wie die folgenden Zeilen lehren, fanden sich die Erwartungen über alle Maßen erfüllt. An dem mir zur Verfügung stehenden Exemplar des Freiburger anatomischen Instituts waren stellenweise, namentlich am Bauch, die Haare oberflächlich abgerieben, sodass die glatte, weisse Haut freilag. An dieser waren in Abständen von einigen Millimetern voneinander wiederum kleine runde, deutlich prominierende Knötchen zu sehen. Eine Beziehung zu den sehr dichtstehenden Haargruppen ergab sich an absichtlich gerupften Hautstücken, deren Behaarung in Stümpfen noch zu sehen war, nicht. Vielmehr lagen die Knötchen in dem dichten Haarkleide des Rumpfs hier und da scheinbar unregelmässig eingesprengt und ihre Anordnung in ungefähr gleichgrossen Abständen hat mich bisher keine sicheren Beziehungen zu besonders gebauten Haarschäften (Mittelhaaren) oder Haargruppen (Haarbüscheln der Nebenhaare) erkennen lassen (Fig. 12).

Fertigt man Durchschnitte durch ein Knötchen der enthaarten Haut an, so erkennt man schon bei der schwächsten Vergrösserung einen scharf begrenzten Cutisbestandteil, der durch distinkte Färbung und durch seine stärkere Hervorragung unverkennbar ist und dann in allen übrigen Hautstücken, auch ohne vorherige Enthaarung, mit Leichtigkeit wiedergefunden werden kann (Fig. 20).

Man sieht auf senkrechten Schnitten durch die Ornithorhynchushaut eine flache breite Epidermiserhebung, unter der durch seine dunklere Färbung differenziert ein Cutisbestandteil mit vielen Zellen, Gefässen und Nerven liegt. Mit Hämatoxylin oder Methylenblau färbte diese Partie sich diffus bläulich, nach van Gieson rosa gegenüber dem bläulich-gelbroten übrigen Korium (cf. die entsprechenden Färbungen der Echidnaaarscheibe). Diese Cutispartie überragt das Niveau der Epidermis der Umgebung und reicht bis scharf an die sie bedeckende eigentümlich modifizierte Epidermis heran. Abwärts erstreckt sich die dunkle Cutis bis tief unter die Talgdrüsenregion hinab. Die ganze Partie hat die Gestalt eines Kegels mit abwärts gerichteter Spitze. Allmählich sich verbreiternd steigt er zur Epidermis empor, wo seine Basis in kugelige Wölbung von dem Epithel bedeckt wird. Seine Längsachse verläuft fast parallel den Haarachsen.

Er wird meist von einer oder von zwei Haargruppen der Länge nach durchbohrt und rund herum von anderen Haargruppen begrenzt. In ihn hinein ziehen Gefässe und ganz ausserordentlich starke Nervenbündel. Das Gewebe ist im Gegensatz zu dem lockeren Bindegewebe der Umgebung äusserst derb und dichtfaserig, im allgemeinen mit parallel der Hautoberfläche verlaufender Faserrichtung, in die nur wenige Kerne in den tiefen Lagen, eine immer zunehmende Zahl in den oberflächlicheren eingelagert sind. Dicht unter der Epidermis befindet sich, ihren Bogen ausfüllend, eine Ansammlung sehr zahlreicher, meist quer liegender Zellkerne. Die Epidermis ist sehr sonderbar aufgebaut, wie es bei keinem Säugetier bisher angetroffen wurde. Über das soeben geschilderte Cutisgebiet spannt sich ein einfacher Epidermisbogen, dessen unterste Schicht von der Aussengrenze her zum Zentrum aus immer höher werdenden Zylinderzellen besteht. Die Höhe der Epidermis hat dort das 4 bis 5fache der gewöhnlichen Dicke, welche Zunahme fast ganz auf Rechnung der Basalschicht kommt. Die Grenze dieser Zylinderzellenschicht erreicht nicht ganz die Grenze des dunkelgefärbten Cutiskegels, deckt sich vielmehr genau mit einem sekundären Absatz in der ganzen Erhebung, welcher ziemlich das Zentrum der Kegelsbasis einnimmt. Wie das ganze Gebilde in der schrägen Richtung des Haarverlaufs orientiert ist, so ist auch der zentrale Höhepunkt des Kegels und der Epithelzellenveränderung ein wenig in diesem Sinne verschoben, hängt gewissermaßen nach der Seite des folgenden Haares über. In der Mitte der Epithelbedeckung stehen die Zylinderzellen ganz regelmässig rechteckig dicht nebeneinander, ihre Kerne sind länglich, alle ungefähr in der gleichen Höhe, sodass die ganze Bildung von vornherein in hohem Grade an die epitheliale Sinnesleiste irgend eines primitiven Sinnesorgans erinnert und ganz besonders an die epidermoidalen Sinnesapparate der Reptilien, welche wir noch kennen lernen werden. An der Unterseite dieser Bildung sind einige wenige Kerne dem Epithel eingelagert. Bedeckt wird sie durch eine mehrschichtige Lage von Zellen mit kleinen runden, oft halbmondförmig gefärbten Kernen, die in die Zellen der umgebenden Epidermis allmählich übergehen. Ein Übergang der Zylinderzellen in die Basalschicht der Umgebung ist nicht mit Sicherheit nachweisbar, die Veränderung beginnt vielmehr plötzlich, wenn

sie auch erst allmählich ihren Höhepunkt erreicht. Das Ganze wird von lockerer Hornschicht überzogen.

Wiederum also haben wir ein Organ in Epidermis und Cutis, welches sich den beiden bisher geschilderten anschliesst; in ihm aber, das durch die starke Innervierung zweifellos in dasselbe Gebiet der Hautsinnesapparate gestellt werden muss wie die Haarscheibe von Mensch und von Echidna, bietet sich ein Moment dar, welches in jenen beiden nur schwach angedeutet war, die spezifische Veränderung einer circumscribten Epithelpartie. Nach unseren gehärteten Präparaten ist es nicht möglich, über deren Bedeutung als nervösen Rezipienten irgend etwas Näheres behaupten zu wollen. Diese Bedeutung werden wir ihm aber zuschreiben müssen, wenn wir im weiteren Verlaufe unserer Untersuchung bei den Reptilien genau dieselben Abstufungen von der epithelialen nervösen Leiste zur einfacher modifizierten Epitheldecke eines Cutistastkörperchens kennen lernen werden.

Eine Beziehung zu den Haaren können wir bei diesen Organen des Ornithorhynchus nicht feststellen. Das weite Auseinanderstehen der Organe spricht allerdings für eine Anlehnung an Organe, die in früheren Entwicklungsstadien weit auseinander angelegt waren und die wir beim Menschen und bei den Echidnagen in Haaren und Stacheln gefunden haben. Es ist aber auch nicht sicher, ob in embryonalen Stadien des Ornithorhynchus diese Beziehungen entdeckt werden können, da wir im folgenden sehen werden, wie die ganze Entwicklungsreihe eines Säugetiers vergeblich nach diesen Gebilden durchsucht worden ist, welches in erwachsenem Zustande sie besitzt.

Beim Ornithorhynchus bestehen aber noch andere Organe, welche uns in dieser Frage eine gewisse Aufklärung geben können. An den von Natur fast kahlen, gefelderten, sepiabraunen Sohlen und Fussrücken der hinteren Gliedmaßen stehen, dicht nebeneinander, helle, grössere und kleinere runde Flecke, ganz flach erhaben. Sie sind mit blossem Auge leicht erkennbar und infolge ihrer Pigmentlosigkeit im mikroskopischen Schnitt sehr leicht wiederzufinden. Sie liegen oft frei in der Haut, ohne jede Beziehung zu einem Haar, inmitten von ganz haarfreien Strecken. Häufig aber sind topographische Beziehungen zu einem Haar vorhanden, indem dieses pigmentlose Organ

dicht neben einem solchen liegt, und zwar an der Seite des stumpfen Winkels zwischen freiem Haarschaft und Hautoberfläche. Das Lageverhältnis ist demnach gerade umgekehrt wie bei Mensch und Echidna, wo wir die Haarscheibe auf der Seite des spitzen Winkels zwischen Haar oder Stachel und Hautoberfläche fanden. Dass diese Organe in dasselbe Gebiet gehören wie alle bisher geschilderten Haarscheiben, geht aus ihrem Bau hervor (Fig. 19). Die Oberfläche bildet ein flaches Plateau, das Epithel ist zellreicher als in der Umgebung und seine Unterfläche in derselben Weise gegen die umgebende Epidermisbasis erhaben wie wir es von der menschlichen und der Echidna-haarscheibe kennen lernten. Diese Unterfläche ist besetzt mit einer Anzahl von plumpen Epidermiszapfen, ganz ähnlich den ausführlich von der menschlichen Haarscheibe beschriebenen. Der Epidermisbogen bedeckt eine kernreiche Cutispapille, in die eine ganz ausserordentlich grosse Menge von Nervenfasern hineinzieht. Die Nerven kommen von der Gegend der Haarpapille her aus einem gemeinsamen Stamm mit den Nervenbündeln für das anliegende Haar. Indessen trennen sich die Haarnerven von den Haarscheibennerven bereits so weit entfernt von ihrem Endpunkte, dass eine sichere Zusammengehörigkeit beider Organe, wie wir sie mit Hilfe des Nervenverlaufs für die menschliche Haarscheibe konstatieren können, hier nicht besteht. Die Schweissdrüse, welche in die oberste Partie dieses Haares hineinmündet, liegt hinter dem Haar, d. h. an der typ. Stelle, an der nach der Theorie stets die zur Haargruppe gehörige Schweissdrüse mündet (vergl. auch bei *Cynocephalus sphinx*). Diese Anordnung der Nerven und der Drüse beweist, dass hier die Zusammenlagerung der Haarscheibe mit dem hinter ihr liegenden Haarbezirk eine sekundäre Erwerbung ist, und nicht in demselben Sinne aufzufassen, wie wir bei Mensch und Echidna den Zusammenhang deuten mussten. Nochmals also haben wir ein nervöses Hautorgan, welches in seiner Form vollständig den bisher beschriebenen entspricht, welches in seiner Form sogar dem der Echidna noch näher steht als das zuerst vom *Ornithorhynchus* beschriebene. Wir dürfen es daher als Zwischenstufe zwischen den Organen am Rumpf der beiden *Monotremen* ansehen, und somit als ferneren Beweis für deren Zusammengehörigkeit, falls ein solcher noch nötig war.

Soviel ergibt sich aus unseren bisherigen Betrachtungen, dass wir es hier mit einer besonderen Klasse von nervösen Hautapparaten zu tun haben, auf welche bisher die Aufmerksamkeit der Forscher nicht gerichtet war. Die beiden Endstadien Mensch und Monotrem begrenzen für die Ausbreitung dieser Organe in der Säugerreihe eine ganz aussergewöhnlich grosse Spanne, so gross, dass sie ausgedehnter nicht gedacht werden kann, die beiden Extreme des Systems. Der Befund der Haarscheiben bei so weit voneinander entfernten Gattungen würde nun zwar an und für sich bereits ein bedeutendes Interesse wachrufen können. Ganz ausserordentlich muss er aber an Wichtigkeit gewinnen, wenn es gelingt, durch Zwischenstufen Verbindungsbrücken herzustellen. Als Bindeglied fand ich dieselben Organe zuerst in der Haut des Maulwurfs.

### III. Nervöse Hautapparate des Maulwurfs.

Von diesem Tier stand mir eine Entwicklungsreihe von sechs Stadien durch die Güte des Herrn Privatdozent Dr. E. Fischer in Freiburg i. B. zur Verfügung. Lebendige ausgewachsene Tiere waren mit Leichtigkeit zu erhalten. An diesen letzteren gelang es mir, ein stark innerviertes Organ ohne grosse Mühe zu finden.

Rupft man den Bauch eines Maulwurfs mit einer Zilienpinzette, was an gehärteten Tieren (Formalin, Müller'scher Flüssigkeit) sehr gut geht, so entdeckt man in regelmässigen Abständen von einigen Millimetern, ganz ähnlich dem Ornithorhynchusbefunde, kleine Knötchen. Auf dem mikroskopischen Durchschnitt findet man dort, zwischen die dichtstehenden Haare eingelagert, eine breite, mit dickem Epithel bedeckte Cutispapille. Diese ist durch das rund herum tief herabreichende Epithel halsartig eingeschnürt und besteht, wie beim Ornithorhynchus, aus derberem, festgewebtem, feinfaserigen Bindegewebe, das durch seine stärkere Färbbarkeit und den reichlichen Kerngehalt namentlich seiner oberflächlichen Partien sich von dem umliegenden Bindegewebe unterscheidet. Dieser differenzierte Gewebezirk ist kegelförmig mit abwärts gekehrter Spitze. In dieser tritt ein Blutgefäss und ein ausserordentlich dicker Nervenast in den Kegel hinein und begibt sich epithelwärts (Fig. 9). Das Epithel bildet einen ganz flachen Bogen und ist viel dicker als das der Umgebung. Es tritt deutlich durch seine

beetartige Breite zwischen den Haaren hervor, die sonst nur durch ganz winzige Epidermisflächen voneinander getrennt sind. Während das gewöhnliche Epithel dieser Hautregion zwei Zelllagen nicht überschreitet, finden wir in der Epitheldecke des Cutisknopfes bis zu drei Lagen wohlausgebildeter Zellen, überdeckt von einer Keratohyalinzellenlage und einer ziemlich kompakten Hornschicht. Die Unterseite des Epithels ist feingewellt, entsprechend den halbkugelig herabragenden Zellen der basalen Schicht. Eine Anzahl dieser Zellen wird von unten her bedeckt von halbkugeligen, napfförmig anliegenden Zellkernen, die der ein wenig losgelösten Oberfläche der Cutis aufliegen und möglicherweise Tastmenisken vorstellen. Eine genauere Untersuchung gelang bisher nicht, da nur Kernfärbungen und keine spezifischen Nervenfärbungen an dieser Haut glücken. Trotz vielfachen Durchsuchens der vortrefflich gehärteten Embryonen konnte ich in deren Haut bisher ähnliche Bildungen nicht auffinden. Zudem hätten sie für die Lösung der Frage nach dem topographischen Zusammenhang zwischen den nervösen Apparaten und den Haaren nichts beitragen können, weil von der ersten Entwicklung an die Haare bereits so dicht nebeneinander stehen, dass über ein Voroder Hintergelagertsein des Nervenapparates ebensowenig ein Urteil würde gefällt werden können, wie am erwachsenen Tier. Auch in dieser Beziehung bestehen also hier ganz ähnliche Verhältnisse wie am Ornithorhynchusfell. An den spärlicher behaarten, deutlich beschuppten Gliedmaßen und am Schwanz konnte ich entsprechende Organe nicht entdecken.

Mit den geschilderten Organen bildet der Maulwurf ein sehr erwünschtes Bindeglied in unserer Betrachtung. Ganz besonders hervorzuheben ist hierbei, dass der Maulwurf gerade dasjenige Tier ist, an welchem schon seit langem besonders gebaute, grösstenteils epitheliale Hautsinnesorgane bekannt sind in Gestalt der sog. Eimer'schen Organe der Nase und in den tastzellenhaltigen Epidermiszapfen der Fusssohle (M e r k e l), welche uns morphologische Beziehungen zu den Epidermiszapfen der menschlichen Haarscheibe und der Ornithorhynchussohle zu haben scheinen.

Wir besitzen demnach unter den beschriebenen vier Säugerarten zwei, von denen schon früher epitheliale Sinnesorgane bekannt waren, den Maulwurf und das Schnabeltier, dessen

Schnabelorgane, wie erwähnt, von Leydig bereits beschrieben worden sind. Wir werden bei der Betrachtung der Reptilienhaut sehen, dass auch hier ähnliche Organe am Kopf und am Rumpf nebeneinander vorkommen, und zwar am Kopf solche, die mit den Organen an der Nase der Säugetiere (Eimer'sche Organe) verglichen werden können, am Rumpf Tastflecke, welche mit den Körperorganen der Säuger (Haarscheiben) eine nicht geringe Ähnlichkeit besitzen.

#### IV. Haarscheibe von *Cynocephalus sphinx*.

Der Versuch, in der Haut der anthropoiden Affen die Haarscheiben nachzuweisen, ist bisher nicht geglückt. Weder bei Schimpanse noch bei Orang-Utan, von welchen beiden vorzüglich erhaltene Exemplare mir im Freiburger anatomischen Institut zur Verfügung gestellt wurden, habe ich sie an den bisher untersuchten Stellen (Arme, Nacken, Brust, Rücken, Gesicht) entdecken können, obwohl das vom Menschen als Sitz der Haarscheibe geschilderte dreiseitige Gebiet zwischen Hautoberfläche, Haarfollikel und *M. arrector pili* hier ausserordentlich deutlich ausgeprägt ist.

Indessen, wenn auch die nächsten Verwandten des Menschen keine Resultate bisher ergaben, gelang es doch bei einer anderen Affenart Haarscheiben in aller Deutlichkeit und mit typischer Lokalisation aufzufinden.

Ich fand sie bei einem mittelgrossen Männchen von *Cynocephalus sphinx* (Exemplar aus dem physiologischen Institut der Universität Berlin), dessen Haut ich selbst vor Jahren konserviert hatte.

In der Haut dieses Tieres fand ich die kleinen Knötchen in ziemlich grosser Anzahl in der Umgebung der Brustwarzen. Sie lagen immer hinter den Haargruppen, die hier sehr deutlich und durch ziemlich weite Zwischenräume voneinander getrennt sind. Für einen nahen Verwandten des Sphinx, den *Cynocephalus porcarius*, gibt de Meijere (am Rücken) Gruppen von drei bis vier, auch fünf Haaren an, und ebenso verhält sich die untersuchte Brusthaut unseres Tieres. Die Haare liegen in ihren Gruppen sehr nahe aneinander gedrängt, besitzen deutliche Muskeln, eine Schweißdrüse und oft eine Haarscheibe. Viele Schweißdrüsen

münden in den haarlosen Zwischenräumen zwischen den Haargruppen frei an die Hautoberfläche.

Um eine bessere Übersicht zu erhalten, rekonstruierte ich eine Haargruppe mit ihren Drüsen, Nerven, Muskeln und der Haarscheibe und halte mich an die Beschreibung dieses Wachstumsmodells. Fig. 21 stellt einen schematischen Schnitt senkrecht zur Hautoberfläche in der Längsachse dieses ganzen Bezirkes dar.

Die Haargruppe enthält vier Haarfollikel. Diese münden nicht in eine Querreihe, sondern eher in den vier Ecken eines mit einer Ecke der Haarscheibe zugekehrten Quadrats aus. Zwei grosse Follikel (a und b) münden an der Vorder- und der Hinterecke, zwei kleinere (c und d) an der rechten und der linken Ecke an der Hautoberfläche. Alle vier Follikel enthalten Kolbenhaare und zeigen als Beginn der Haarregeneration einen neuen abwärts reichenden Epithelspross (P). Jedes Haar hat seine Talgdrüse und zu jedem Follikel geht ein gesonderter Muskelbauch (in Fig. 21 ist der zu Follikel b gehörende eingezeichnet), der sich am unteren Teil des Follikels, zum Teil unterhalb des deutlich ausgebildeten vielzackigen Haarbeetes ansetzt. Die Muskeln der drei Follikel a, b und c stellen gleichsam einen mehrfach durchlöchernten Vorhang dar, der schräg von den Follikelenden her zur Hautunterfläche ausgespannt ist. Sie grenzen dadurch den Bezirk ab, in welchem Haarscheibe und Nerv liegen.

In den obersten Teil des Follikels a mündet an seiner Hinterwand<sup>1)</sup> die einzige Schweissdrüse ein, welche in direkter Beziehung zur Haargruppe und in der charakteristischen Lagerung hinter ihr sich befindet. Ihr Ausführungsgang tritt in dem Zwischenraum zwischen den M. arrectores von a und b hindurch. Durch denselben Spalt tritt der Nerv, welcher die Haarscheibe versorgt. Zwischen den Haargruppen münden isolierte Schweissdrüsen aus, in derselben Weise, wie es de Meijere von *Cynocephalus hamadryas* schildert und abbildet. Der geschilderte ziemlich grosse Raum zwischen Follikelausmündung a nebst Schweissdrüse und Ansatz des Musculus-arrector-Vorhanges wird fast vollständig erfüllt von einer längsovalen, durch ihre glatte Oberfläche scharf von der durch Härtung sehr stark gefalteten Umgebung abgesetzten Epidermispattie. Dieses Gebiet entspricht in seinem Bau

<sup>1)</sup> Bezüglich der Bezeichnungen vorn, hinten, rechts und links, siehe die Betrachtungen des Abschnittes VI.

bis ins einzelne genau der menschlichen Haarscheibe. Seine Oberfläche ist glatt, stellt auf dem Durchschnitt einen flachen, aus vielschichtigem Epithel bestehenden Bogen dar mit deutlicher Abgrenzung nach den Seiten; die Hornschicht ist ganz flach gewellt, darunter folgt eine einzellige Keratohyalinschicht, darunter 1 bis 2 Lagen von Zellen mit runden, weitauseinanderstehenden Kernen, und unter diesen eine Anzahl von Zelllagen mit immer elliptischer werdenden Kernen. Die unterste Epithellage besteht am Rande und in den indifferenten Partien aus hohem Zylinderepithel, wie ich es bei den Haarscheiben der Menschen geschildert habe. Von diesem Zylinderepithel umkreist liegen an der Cutisgrenze kleine Epithelzapfen, genau entsprechend dem Verhalten beim Menschen (vergl. Fig. 8, und Fig. 3 meiner ersten Mitteilung). In der obersten Lage der Cutis liegen viele halbmondförmige Kerne mit hellem Hof, wie wir sie von den anderen Tieren kennen. Das Bindegewebe, welches die Haarscheibe erfüllt, ist locker und feinfaserig, in seiner Färbung (van Gieson) dem in den Papillen gleich, und wird umlagert von dem gewöhnlichen grobfaserigen Bindegewebe der Cutis: Verhältnisse, wie wir sie von der Beschreibung der menschlichen Haarscheibe her bereits kennen.

Dass unter den mancherlei Tierarten, bei welchen ich nach den Haarscheiben forschte, gerade bei *Ornithorhynchus* und *Echidna* das Suchen von Erfolg war, gibt gewiss einen Hinweis auf das hohe Alter dieser Gebilde. Denn wenn auch viele Eigentümlichkeiten der Monotremen, und zwar ganz besonders in ihrer Haut (Maurer, Roemer) als Rückbildungen und sekundäre Anpassungen gedeutet werden müssen und Sicherheit über ihre paläontologische Vorgeschichte nicht besteht, so erscheint doch die Behauptung nicht zu gewagt, dass es sich im ganzen bei ihnen um eine der primitivsten Säugetierformen handelt; die niedere Stellung der Insektivoren, zu denen *Talpa* gehört, sowie das hohe Alter des Primatenstammes ist nach ihrem Bau und ihrem frühen paläontologischen Vorkommen allgemein anerkannt.

Diejenigen Tierarten, welche ich erfolglos untersucht habe oder bei denen ich eine sichere Entscheidung trotz ähnlicher Befunde bisher nicht treffen konnte, zähle ich nicht auf; ich gebe mich der Hoffnung hin, dass auch bei einer Reihe von ihnen

noch positive Ergebnisse werden erhalten werden<sup>1)</sup>. Es genügt aber für unsere ferneren Ausführungen und Vergleiche, festgestellt zu haben, dass nicht als zufälligen Befund Mensch und Kloakentier ein bisher unbeachtetes Hautsinnesorgan gemeinsam besitzen, sondern dass auch sonst in der Säugetierreihe, und namentlich auch bei anderen Primaten, diese Art von Organen vorkommt. Es handelt sich also um ein Gebilde, welches in die Reihe der anerkannten Hautsinnesapparate hineingezählt werden muss. Während nun bei den meisten circumscribten sensiblen Organen der Säugetierhaut (Meissner'sche etc. Tastkörperchen, oder besser mit Merkel Kolbenkörperchen) die spezifischen Sinneszellen in der Cutis liegen, ohne dass das Epithel an dem Sinnesapparat beteiligt ist, haben wir es hier mit einer Anordnung zu tun, welche eine sichere Anteilnahme des Epithels an dem eigentlichen Sinnesapparat erkennen lässt. Sei es auch, dass vielfach die Sinneszellen (Tastzellen oder Tastmenisken) in der Cutis liegen, so ist doch durch die ganze Konfiguration des Epithels erkenntlich, dass dieses einen wichtigen Bestandteil des Organes darstellt. Nach den hier mitgeteilten Untersuchungsergebnissen lässt sich genaueres über die Bedeutung der geschilderten Epithelbildungen nicht aussagen. Weitere Forschungen werden das noch fehlende ergänzen müssen.

Alles in allem haben wir einen circumscribten, durch grobe äussere Merkmale leicht erkennbaren Bezirk vor uns, der ausserordentlich viele Nerven und als Endapparate anzusprechende Bildungen enthält (sinnesepithelartige Epidermis, Tastmenisken). Beim Menschen, dessen Organe an frischexzidierte Haut am genauesten studiert werden konnten, sind die Tastzellen in unvergleichlich grösserer Zahl im Bogen der Haarscheibe vereinigt, als sie sonst an der Haut vorkommen (Merkel, Leontowitsch), wenn sie auch nicht so kompakte Ballen darstellen, wie wir es von den Reptilien noch kennen lernen werden.

In diesen Feststellungen liegen die Vergleichsmomente, deren wir für die weitere morphologische Aufklärung bedürfen.

Steht ein Teil der Tiere, denen wir unsere bisherigen Befunde verdanken, an besonders tiefen Stellen des Säugetierstammbaums, so liegt es nahe, den Blick in der Vorgeschichte

---

<sup>1)</sup> Inzwischen habe ich bei Nagetieren (Mus, Sciurus) Haarscheiben von äusserst deutlicher einfacher Form aufgefunden.

noch weiter hinab, über die Säugetiere hinaus, zu werfen, und die Verhältnisse in der Haut der Reptilien zu betrachten. Dass diese mit den Säugetieren denselben paläontologischen Ursprung besitzen, ist zweifellos, sei es nun, dass die nächsten Ahnen der Säugetiere in einer Reptilgruppe zu suchen seien, oder dass sie, nach der Anschauung Maurers erst in den amphibienartigen Stegocephalen ihren gemeinsamen Stamm haben.

Bei der Betrachtung der Reptilienhaut erhalten wir sofort eine Fülle von Vergleichsobjekten. Es ergibt sich eine ganze, lückenlose Reihe von Hautsinnesorganen (Gegenbaur), die von der streng epithelial gebauten Sinnesleiste (Hatteria) über ein dem Eimer'schen Organ ähnliches Gebilde (Anguis, Scincidae, Schlangen) bis zu den gewöhnlichen Hautsinnesorganen des Reptils, den in der Cutis gelegenen Tastflecken führt (Schlangen, Krokodile).

Der Sprung von der Haarscheibe des Menschen bis zum Tastfleck des Reptils ist nicht mehr so gewaltig, wie er nach den Andeutungen meiner bisherigen Mitteilungen erschien. Es handelt sich bei den folgenden vergleichenden Betrachtungen um eine, durch eine ganze Anzahl von Tierarten hindurch wieder gefundene Bildung von ganz besonderer Beziehung zum Haarsystem und, wie wir noch sehen werden, zu den Schuppenbildungen.

Ich hoffe, dass es in den folgenden Ausführungen gelungen ist, es wahrscheinlich zu machen, dass die im Bau so ähnlichen Tastflecke des Reptils und Haarscheiben der Säuger homologe Bildungen sind.

## V. Nervöse Hautapparate der Reptilien.

### a. Hatteria.

Da wir von stammesgeschichtlichen Rücksichten geleitet die Reptilienhaut betrachten, ist es nicht verwunderlich, dass wir zunächst auf die Haut der Hatteria eingehen, welche von allen Formen die deutlichsten Körpermerkmale vorweltlicher Saurier bewahrt zu haben scheint. Durch Maurer, Oppenheimer und Osawa sind die den Schuppen dieses Tieres eigentümlichen Epithelialbildungen genau beschrieben worden. Bei der vortrefflichen Bearbeitung, die dieses Organ namentlich durch

Osawa erfahren hat, werde ich bei der histologischen Beschreibung nur ganz kurz verweilen. Mir standen die Teile eines Exemplars des anatomischen Instituts in Freiburg durch die Güte des Herrn Geh. Hofrat Wiedersheim zur Verfügung. Es wurden Organe des Schwanzes und des Oberschenkels untersucht. Es handelt sich bei diesem Tier um ein Organ, das einen ausserordentlich deutlichen epithelialen Anteil besitzt, der an Circumscription und Übersichtlichkeit den Nervenendapparaten am Nervus lateralis der Fische und Amphibien gleichkommt, an Einfachheit sie vielleicht noch übertrifft. Die Epithelplatte des Organs besteht aus einer ganz scharf umgrenzten, einfachen bis höchstens an einzelnen Stellen doppelten Lage hoher und breiter, grosskerniger und hellgefärbter Epithelzellen. Diese bilden eine scharflinig gegen die Cutis abgesetzte flache, teils plane, teils leicht nach oben oder nach unten gebogene Decke. Die Epithelzellen der Umgebung unterscheiden sich durch dunklere Färbung, Kleinheit, mehrschichtige Anordnung. Sie ziehen von allen Seiten über die Sinnesepithelschicht im Bogen hinauf und flachen sich über ihr ausserordentlich ab. Das Ganze wird von einer Hornschichte bedeckt, die gleichmässiger gefügt, vielleicht an einzelnen Stellen auch dünner ist als in der Umgebung (Fig. 8 der zweiten Mitteilung). Zwischen der epithelialen Sinnesleiste und den sie bedeckenden abgeplatteten Epithelzellen der Umgebung ist in meinen Präparaten ein schmaler leerer Raum, der wohl durch die Präparationsmanipulationen erzeugt ist und mit den Spalten verglichen werden muss, welche wir bei *Brachymeles* gefunden haben.

Unter dieser Epitheldecke liegt das von Maurer als Nervenpolster bezeichnete, linsenförmige, lockermaschige Bindegewebe, welches nach aussen von Pigment und derber Cutis umschlossen wird. Es ist denselben Bildungen des Krokodils zu vergleichen, in denen wir deren Tastkörperchen eingelagert finden werden (Fig. 22). Auf den Abbildungen Osawas und Oppenheimers ist dieses Bindegewebspolster gut zu erkennen. Bis in dieses lockere Gewebe hinein zieht eine weite Strecke hin flach, parallel der Oberfläche verlaufend, ein Nervenbündel, dessen Lage auf dem abgebildeten Modell (Fig. 25) erkenntlich ist. Man sieht hier sehr deutlich die Lage des Organs in der Mittellinie der Schuppe, nahe ihrem hinteren Rande. Jedes der

platten, nach alter Unterscheidung (Meisner) mehr Schilder als Schuppen darstellenden Hautfelder an der zur Rekonstruktion gewählten Stelle der Oberschenkelhaut trägt ein solches Organ.

#### b. Krokodil.

In der äusseren Form sehr ähnlich, in der Zusammensetzung der Teile aber das entgegengesetzte Ende der Vergleichungsreihe sind die Hauptapparate der Krokodile. Ihre allgemeine Gestalt ist am übersichtlichsten in Oppenheimers Arbeit geschildert und abgebildet. Ihre Tastkörperchen und Nervenendigungen beschreibt u. a. Maurer, auf dessen Worte ich vor allem eingehen, weil er eine sehr genaue Darstellung dieser Hautapparate darbietet, und ferner, weil im Verlaufe dieser Arbeit die von ihm gezogenen Schlüsse zu weiterer Besprechung kommen werden. Die Tatsachen sind zum Teil von einer grossen Reihe älterer Autoren schon vor Jahrzehnten in vollkommener Klarheit dargestellt worden, so dass ich nur die klassischen Werke von Leydig und Merkel zu erwähnen brauche.

Maurer schildert das Hautnervenendorgan eines jungen Krokodils als eine deutlich auf der Schuppe sichtbare, farblose, weiche, kreisrunde, seichte Grube, in deren Mitte sich ein kleiner, flacher Hügel befindet (S. 228). Mikroskopisch ist dieses Gebilde durch Anordnung und Form der Epithelzellen sowie durch die am Rande scharf abgesetzte Hornschicht gut definiert. Unter dem differenzierten Epithel liegt reichliches lockeres Bindegewebe, in Gestalt einer breiten Papille, umgeben von der scheinbar in die Tiefe gedrängten straffen Lederhaut, „sodass dieselbe auf dem Schnitte einen flachen, nach der Tiefe konvexen Bogen beschreibt. Das Gewebe dieser subepidermoidalen Bindegewebsverdickung ist gallertig, arm an Fasern und Zellen. In der Mitte der Papille, nahe der Epidermis, sind ihm eine grössere Anzahl von Zellensäulen, Tastkörperchen eingelagert. Zu diesen Gebilden verlaufen markhaltige Nervenfasern empor, welche die Lederhaut senkrecht durchsetzen und divergierend zu den genannten Zellenballen treten.“ (S. 230).

Bei einem grösseren Alligator fand ich die Organe an den Hautschildern des Unterkiefers dieser Beschreibung sehr ähnlich, aber so einfach, wie es die Abbildungen Oppenheimers darstellen.

Das Epithel ist um einige Lagen verdickt, erhebt sich in flachem Bogen, scharf durch eine Falte von der Umgebung abgesetzt über das Niveau des Hautschildes. Es färbt sich in der Hornschicht und den oberen Lagen des Rete etwas dunkler, während die basalen Lagen hell bleiben. Die Zellen der tiefsten Schicht sind etwas niedriger als in der Umgebung. Ihnen fehlen im Gebiet des Tastflecks die basalen Ausläufer oder sind wenigstens sehr kurz gegenüber den langen, reichlich gefransten Basen der übrigen Zylinderzellenschicht. Unter dem Epithel liegt, ähnlich dem Bindegewebspolster von *Hatteria*, ein linsenförmiger Cutisbezirk. Dieser ist vom umgebenden Korium scharf unterschieden. Seine Fasern sind feiner, röter gefärbt bei Anwendung von Pikrinsäure-Eosin, als die dicken gelbroten Stränge des übrigen Koriums. Das hellere, in langen Fäden angeordnete Pigment, welches vielfach die obersten Cutisschichten einnimmt und das Epithel umsäumt, fehlt hier, indem es rund herum um das Bindegewebspolster in die Tiefe geht und es von allen Seiten und zum Teil auch von unten her umgibt. Die grossen dunklen Chromatophoren machen indes lange nicht so streng Halt vor diesem Gebilde, sind in ihm sogar häufig in grosser Zahl enthalten. Innerhalb der Pigmentschale wird das Bindegewebspolster noch von einem breiten Flechtwerk dichtgewebter elastischer Fasern umgeben, welche nur den eintretenden Nerven und Gefässen Raum lassen. Daher traten besonders an orceingefärbten Präparaten sowohl die Tastkörperchen als auch die Durchtrittsstellen der Nerven als helle Partien schon bei schwacher Vergrösserung gegenüber der dunklen Umgebung hervor. Zwischen diesen Hüllen und dem in der beschriebenen Weise veränderten Epitheldache liegt die helle feinfaserige Partie, die in zwei Teile, einen oberen kleineren linsenförmigen und einen unteren, diesen schalenförmig umgebenden zerfällt (Fig. 22).

Der schalenförmige untere Teil besteht aus hellem, lockeren Gewebe mit ovalen Zellkernen und spärlichen elastischen Fasern. Diese Schale verdichtet sich an der Grenze der oberen Abteilung; hier liegen in einer Reihe Zellen mit dunkelgefärbten Kernen und eine Schichte elastischer Fasern. Das linsenförmige obere Gebiet ist das eigentliche Nervenendorgan. Es wird durch senkrecht aufsteigende Septa mit elastischen Fasern in dicht nebeneinander liegende, durch rund herumlaufende Fasern zu einem

Ganzen engverbundene Abschnitte geteilt. Diese Abschnitte bestehen aus querliegenden Kernen, die zwischen breiten Protoplasmazügen eingelagert sind; sie sind bei Markscheidenfärbungen (Weigert-Kultschitzki) als dicke dunkle Zellen mit hellem Kern erkenntlich, und auf sie hin und zwischen sie strahlen die ausserordentlich dicken Nervenbündel, aus der Tiefe steil emporsteigend, aus. Es ergibt sich dadurch ein Bild, wie es Merkel Tafel IX 6 vom Frosch beschrieben hat. Das Tastkörperchen reicht bis nahe an die Epidermis heran und ist von ihr nur durch eine dünne Bindegewebsschicht getrennt, die reichlich elastische Fasern führt. Es passt aber genau in die veränderte Epithelpartie der Schuppe hinein.

Die Ähnlichkeit der Organe dieser beiden Reptilienarten mit denen der Säugetiere geht aus der Beschreibung hervor. Die Übereinstimmung geht in das einzelste Detail. Die Hornschicht ist bei beiden Tierklassen derb und wie zusammengepresst. Das Rete ist verdickt, zeigt eine veränderte Basalschicht, die entweder in der Form eines Sinnesepithels verändert ist (Ornithorhynchusnagetiere — Hatteria) oder eine vornehmlich in der Cutis gelegenen Nervenendigung bedeckt (Mensch, Affe, Echidna, Talpa — Krokodil). In jedem Fall, sowohl bei Säuger wie bei Reptil, ist die Veränderung des Epithels scharf bergrenzt in der Form einer flachen Schale, unter welcher ein genau bedecktes Polster von eigentümlich modifiziertem Bindegewebe liegt. Dieses enthält die Nervenstämme und die Gefässversorgung, und da, wo nicht das Epithel den nervösen Perceptionsapparat bildet, auch die Nervenendorgane (Tastmenisken in diffuserer Anordnung [Mensch], Tastkörperchen in grossem Ballen vereint [Krokodil]). Das Organ ist fast überall frei von Pigment, das, einen scharfen Kontrast erzeugend, scharf an der Grenze aufhört (Mensch, Ornithorhynchus, Reptilien). Die Position ist stets eine topographisch definierbare, wo das Haarkleid nicht störend wirkt: hinter dem Haar: Mensch, Affe, Echidna (vor dem Haar Ornithorhynchus?), am Hinterende der Schuppe: Hatteria und Krokodil (cf. die Abbildungen bei Oppenheimer).

Berücksichtigt man all diese Vergleichspunkte, so könnte es scheinen, als wäre die Differenz zwischen den Säugetierhaarscheiben und den Organen der Reptilien fast kleiner als die der

beiden beschriebenen Reptilarten untereinander. Denn die Hatteria besitzt eine rein epitheliale Sinnesleiste, während die Krokodile ihre Tastflecke in die Cutis versenkt haben. Es fehlt nicht an Beweisgründen, welche dartun sollen, dass die Zellen dieser in der Cutis gelegenen Tastkörperchen epithelialen Ursprungs sind. Mit dieser Annahme würden dann die letzten Unterschiede zwischen den verschiedenen Formen der hier besprochenen nervösen Apparate fortfallen, denn es muss in diesem Falle im Prinzip gleichgiltig sein, ob die Nervenendapparate in einer Reihe von Epithelzellen (Hatteria, Ornithorhynchus), oder einer diffusen Anordnung von Tastmenisken, die den Epithelzellen angelagert sind (Säugetiere), oder einem kompakten, aus Tastmenisken zusammengesetzten Tastkörperchen (Krokodil) bestehen. Die Grundform dieser Organe würde dann vielmehr ein Schema bilden, welches besteht aus scharfumgrenzter, eigenartig modifizierter Epitheldecke und dazu gehörigem Bindegewebspolster, in welche beiden (als Grundlage dienenden) Bestandteile die zuleitenden Nerven und ihre Endkörper an irgend einer, bei den verschiedenen Tierarten verschiedenen Stelle eingelagert sein können. Es wäre also nur für die Lage des Perceptionsapparates ein Spielraum gelassen, während alle anderen Bestandteile identisch gebaut und gelagert wären.

Maurer bietet uns für die Lageverschiebung des nervösen Endapparates eine ganze Entwicklungsreihe in seiner Beschreibung von *Anguis fragilis*. Der von ihm geschilderte ontogenetische Übergang findet eine Parallele in den ausgebildeten Stadien der verschiedenen Reptilienarten, deren beide Endpunkte wir bei Hatteria einerseits, Krokodilen andererseits bereits kennen lernten. Ähnliche Differenzen fand ich in der Haut einander noch näher verwandter Tiere, in der Ordnung der Schlangen, deren Organe uns seit Leydig genauer bekannt sind. Es könnte überflüssig erscheinen, in meine Beweisführung noch einige Beispiele einzufügen, welche die bisher geschilderten Grundformen nur wiederholen, und neues zu ihrer Kenntnis nicht beitragen, doch halte ich eine wenigstens kurze Aufzählung für nötig, um einmal die Leichtigkeit zu zeigen, Vergleichsmaterial herbeizuschaffen, andererseits den Zusammenhang all der verschiedenen Formen untereinander zu zeigen und die Zwischenstufen möglichst klein zu gestalten.

**c. Andere Reptilien.**

(Serpentes, Brachymeles).

Ein ganz ähnliches Cutisorgan wie beim Krokodil befindet sich z. B. auf den Rückenschuppen der Kreuzotter (*Pelias berus*). Nur ist sein Bau bedeutend komprimierter, entsprechend dem geringen Raum, den das stark verdünnte freie Ende der Schlangenschuppe gegenüber dem breitanhaftenden Hautschilde des Krokodils darbietet. Nicht weit entfernt vom Hinterrande der Schuppe liegt unter dem Epithel ein halblinsenförmiges Gebilde. Das schwarze Pigment, welches in seiner Umgebung als dicke dunkle Lage bis dicht an die Epidermisunterfläche heranreicht, ist an dieser Stelle entsprechend flach ausgehöhlt und ausserdem mit Lücken für durchtretende Blutgefässe durchsetzt. Auch das helle Pigment macht, wie beim Krokodil, an der Grenze des Tastflecks halt. Nerven konnte ich ohne weitere Maßnahmen in meinen Präparaten nicht nachweisen, doch ist ja die Innervation dieser Bildungen bekannt. Das Tastkörperchen besteht aus flachen Zellen mit abwärtskonvexen, flachschüsselförmigen, dunkelfärbbaren Kernen. Das deckende Epithel ist dicker, seine Kerne liegen dichter gedrängt und sind zum Teil runder als die der Umgebung, da die Zellvermehrung die unteren succulenten Partien betrifft (Fig. 23). Nicht immer sind die Tastflecke der Kreuzotter so gross und leicht erkenntlich, wie unsere Beschreibung es angibt. Oft sind sie auf wenige Tastzellen reduziert und dann schwer auffindbar.

In der Rückenhaut einer anderen Schlangenart finde ich die Tastflecke inmitten des Epithels gelagert. Auch hier hört die dicke kompakte subepidermoidale Pigmentschicht dicht neben dem Organ auf. Nur einige Ausläufer verzweigter Pigmentzellen überziehen die Unterseite des Epithels. Das Epithel ist stark verdickt, kernreicher und enthält, durch eine Spalte geschieden, einen Zellknopf mit vielen länglichen, zum Teil schüsselförmigen Zellen (Fig. 24). Auf allen untersuchten Schuppen fand ich wenigstens ein solches Gebilde, wohl an Grösse verschieden, aber in der Bauart stets gleich. Ob es sich um ein epitheliales Gebilde, welches von der umgebenden Epidermis ringsum eingeschlossen ist, handelt oder um einen durch eine seitliche Öffnung schräg in eine Epithelaushöhlung hineinragenden Cutisknopf, wage ich nach meinen Präparaten nicht zu entscheiden. Jeden-

falls handelt es sich um ein der Epidermis im Bau ähnliches und in sie hineingelagertes Organ.

An anderen Organen desselben Tieres lässt sich aber mit Sicherheit die epitheliale Natur der Tastflecke nachweisen, nämlich an den Lippen, die auch sonst, wie wir sehen werden, der Sitz epithelialer Nervenendapparate sind. Sie sind identisch mit den von Leydig (Fig. 23) von *Coronella laevis* abgebildeten Organen und erinnern sehr an die Beschreibung der Tastflecke von *Anguis fragilis* (Merkel). Sie bestehen (Oberlippe) aus einem senkrechten hohen Epithelzylinder, der in eine runde Öffnung des Epithels hineinpasst. Färbung von Protoplasma und Kernen sowie die Kernform gleichen denen der umgebenden Epidermis. Im Bau gleichen diese zylindrischen Epithelorgane vollkommen denjenigen einer von mir untersuchten *Scincus*-Art (*Brachymeles*), deren Abbildung Fig. 27 darstellt (Längsschnitt eines Organs von der Spitze des Unterkiefers).

Die Organe dieses Tieres sind in grosser Zahl auf den Lippenschildern verbreitet. Sie stecken in Löchern, der Epidermis genau eingefügt. Die Epidermis reicht bis dicht an das Organ heran und besteht aus den gewöhnlichen drei Schichten der Reptilienhaut, der untersten Stachelschicht, der intermediären Schicht wabiger Zellen und dem Komplex der Hornschicht mit ihren mehrfachen, beim Häutungsprozess wichtigen Lamellen, welche u. a. von Maurer genau abgehandelt sind. Um die Stelle, wo das epitheliale Organ sitzt, fehlt die intermediäre Schicht, und die weichen Zellen der Stachelschicht haben sich als Umsäumung des Loches langgestreckt hoch emporgezogen, sodass sie bis an die Hornschicht heranreichen. Nach aussen wird das Loch von dünnen Hornlamellen überwölbt. In diese Aussparung der Epidermis passt exakt eine Zellsäule von unten hinein; ein sie umgebender schmaler Spalt ist wohl durch die technische Vorbehandlung erweitert. Sie beginnt unten genau im Niveau der Epidermisunterfläche. Ihre Basis unterscheidet sich durch gerade, scharflineige Begrenzung von der Umgebung, welche senkrecht stehende Zylinderzellen mit deutlichen fadenförmigen Ausläufern nach der Cutis zu zeigt. Die Kerne der Zellsäule liegen schräg bis quer übereinander in einem homogenen, nicht sichtbar durch Zellgrenzen geteilten Protoplasma, durch diese Anordnung an die Lagerung der zentralen

Zellsäule des Eimer'schen Organs erinnernd. Nach oben verbreitert sich das Organ ein wenig und endet mit flacher Ausbuchtung an einer feinen quergespannten Hornlamelle. Ausser dieser Hornlage zieht nur noch die äusserste Hornschicht über das Organ fort; sie ist ein wenig im Bogen erhaben, ist kompakter gebaut, dafür aber dünner als in der Umgebung. Zwischen ihr und der feinen, das Organ bedeckenden Hornlage besteht ein leerer Raum, dessen ursprüngliche Gestalt (und Inhalt?) an meinem alten Spirituspräparat nicht mehr zu bestimmen ist.

An die Basis dieses Organs zieht ein Bindegewebsstrang mit Blutgefässen und Nerven heran. Unter diesen Organen enthält die Cutis eine Anzahl von Tastmenisken ähnlichen Zellen, wie wir sie unter dem Haarscheibenepithel der Säugetiere (Talpa, Mensch) und bei den übrigen Reptilien fanden. Sie liegen dicht unter dem Organ als ein Häufchen flachschüssel-förmiger dunkelgefärbter Kerne und scheinen mit der in das Epithel eingelassenen Zellsäule ein zusammengehörendes Ganzes zu bilden. Zwischen, unter und neben ihnen liegen Querschnitte von Hohlräumen, die wohl dem Gefässsystem angehören, da sie durch zarte Membran und ihr eingelagerte Kerne den Bau von kapillaren Gefässen besitzen.

Diese Beschreibung deckt sich im ganzen mit derjenigen, welche Merkel (s. 112 fg., Taf. IX, 9) von den Tastflecken der *Anguis fragilis* gibt und unterscheidet sich nur von ihr durch die schärfere Herausschälung des Epithelzylinders, der gegenüber die Umschriebenheit des in der Cutis liegenden Tastkörperchens in den Hintergrund tritt.

Wiederum haben wir also in kurzem Überblick eine Reihe von Gebilden der Reptilienhaut gesehen, die in das Gebiet der von uns betrachteten nervösen Organe gehören. Die Tastflecke der Schlangen, teils im Korium, teils im Epithel gelagert, gehören zu den Körperorganen, die wir beim Krokodil und bei *Hatteria* mit den Säugetierorganen identifizierten. Die Lippenorgane erinnern nach Sitz und Bau an die Eimer'schen Organe der Säugetiere (Talpa und Verwandte, *Ornithorhynchus*).

## VI. Vergleichend anatomische Betrachtungen.

Trotz aller Ähnlichkeit, und trotz der grossen Anzahl von Belegen, die im vorberichteten beigebracht worden sind, erscheint

die Vergleichung und Identifizierung von Bildungen über die Grenze einer Tierklasse hinaus als ein gewagtes Unternehmen.

Maurer gibt daher in seinem letzten Werke dem Erstaunen Ausdruck, dass ich neben die Haarscheibe des Menschen (in meiner zweiten Abhandlung) sofort die von Krokodil und Hatteria zu stellen mich getraue (ursus, S. 537). Nachdem ich nun Maurers Rat zu weiteren Untersuchungen mit dem Ergebnis befolgt habe, welches die vorhergehenden Blätter darbieten, nachdem also für unsere theoretischen Betrachtungen ein recht ausgiebiges Material zusammengebracht worden ist, will ich doch immer noch ohne Bedenken zugeben, dass der Zweifel, ob diese Organe ohne weiteres nur ihres ähnlichen Baues wegen identifiziert werden dürfen, auch jetzt noch vollberechtigt ist.

Indessen ist es leicht, Analoga für das gemeinsame Vorkommen derselben Art von Nervenendapparaten über mehrere Klassen der Wirbeltiere hin vorzubringen. Ganz abgesehen von dem gleichen Bau der höheren Sinnesorgane (Auge, Ohr) durch die ganze Wirbeltierreihe hin, kommen andere, identifizierbare Nervenendapparate sowohl bei Fischen wie bei Amphibien, Reptilien und Warmblütern vor, überschreiten also die Grenzen der Tierklassen.

Vater-Pazini'sche Körperchen sind sowohl bei Vögeln als auch bei Säugetieren gefunden worden; Endkolben (terminale Endkolben mit bindegewebiger Hülle, Schwalbe) kommen in verschiedener Gestalt vor bei Reptil, Vogel und Säugetier (Merkel); an den Schleimhäuten des Mundes haben wir aber noch viel weiter ausgebreitete Beziehungen, indem die Endorgane der sensiblen Mundschleimhautnerven, vor allem des Glossopharyngeus und Facialis, durch die ganze Wirbeltierreihe hindurch, bei Fisch, Amphibium, Reptil und Säugetier, sich in fast unveränderter Form wiederfinden.

Da also auch andere Nervenendapparate die Trennung der Tierklassen überdauern, ist die Möglichkeit, für unsere Organe ein so weit ausgebreitetes Vorkommen anzunehmen, im Prinzip gestattet.

Wichtig ist es, dass von Schwalbe (S. 29) gerade die systematische Stellung unserer Reptilientastflecke in der Reihe der Terminalkörper als zweifelhaft bezeichnet wird. Durch den Fund der Haarscheiben in der Säugetierhaut wird ihnen nunmehr

ein selbständiger Platz neben den übrigen Formen anzuweisen sein, wenn auch die Anordnung der Tastzellen in den Haarscheiben der Säuger an Schärfe der Begrenzung nicht mit den Cutistastflecken der Reptilien konkurrieren kann.

Ein anderer Gedankengang, durch den unsere Befunde bei Säugern und Reptilien miteinander verknüpft werden könnten, ist der Nachweis der phyletischen Entstehung von den niedersten Tierklassen her. Diese Entwicklung ist von Maurer bis zum Reptil verfolgt worden mit einem Ergebnis, welches mit unseren Annahmen sich in schönster Weise vereinigen lässt. Maurer sucht zu beweisen, dass das Perlorgan der Fische, welches nach ihm an der Stelle ausgestossener Endorgane vom Typus der Nervenendhügel (Leydigs becherförmige Organe, epitheliale Endapparate des Nervus lateralis) entsteht, ein Vorläufer der Tastflecke der Amphibien und Reptilien sei. Im abgekürzten ontogenetischen Entwicklungsgang fehlt freilich dem Reptil das Vorstadium einer wirklichen Sinnesknospe, doch ist beim Fisch und Amphibium die Entstehung der beiden Organe nacheinander an derselben Stelle in ihrem ontogenetischen Entwicklungsgange verfolgbar. Die Beweisgründe Maurers sind bezüglich der Ableitung der Perlorgane der Fische für unsere weiteren Ausführungen sehr annehmbar. Sie bestehen in Befunden, welche in der Entwicklung einer einzelnen Tierspezies erhoben sind, lassen also im engsten Gebiet alle Übergänge nebeneinanderstellen. Auch bei der Ableitung des Reptilienorgans aus demjenigen der Fische bietet uns Maurer durch eine Reihe paralleler Entwicklungsvorgänge bei Amphibien (*Cryptobranchus*) und Reptilien (*Anguis*) die erforderlichen, einander angenäherten Zwischenstufen. Wir haben also durch Maurers Befunde vom Reptil abwärts in der Tierreihe eine ausreichende Stufenleiter für die phylogenetische Ableitung dieser Organe.

Wird nun auch die Beziehung der Tastflecke auf die Haarscheiben der Säugetiere durch die grosse Ähnlichkeit des Baues nahegelegt, so macht doch wiederum die grosse Kluft zwischen den Tierklassen in der Annahme eines genetischen Zusammenhanges ängstlich. Das Wissen über diese Säugetierorgane ist noch sehr gering, nur so gross, wie es in der vorliegenden Arbeit angeführt ist. Wie es aber gestattet ist, die Geschmacksknospen aller Wirbeltiere wegen ihres gleichen Baus und der

gleichen Innervation zu homologisieren, so wird es auch gestattet sein müssen, aus den gleichen Gründen diese Hautsinnesorgane in Zusammenhang zu bringen. Ihre weite Verbreitung, ihr hohes Alter und ihr primitiver Bau sind weitere Gründe. Sie treten als Sinnesapparate offenbar auf bereits im allerersten Beginn des Landlebens. Die Batrachier, welche vom wasser- zum landlebenden Tier übergehen, besitzen sie bereits. Sie haben eine weite Verbreitung bei der nächsten Klasse, den niedersten dem Landleben völlig angepassten Wirbeltieren, den grossen Wasserechsen, und, was vor allem wichtig ist, haben bei der so viele, sonst bereits verschwundene Körpereigenschaften aufweisenden Hatteria eine grosse Verbreitung und einen auffallend klaren, vielleicht primitiven Bau. So scheinen sie bis zu den Säugetieren, oder vielleicht nur bis zu gewissen Ordnungen oder Arten der Säugetiere hinüber sich erhalten zu haben, wo sie als einer der vielen, der Säugetierhaut eigenen Nervenendapparate bestehen und zwischen den Tastkörperchen, Haaren und freien Endigungen der weichen Haut ein bisher unbeachtetes, und auch jetzt noch nicht in seiner physiologischen Bedeutung aufgeklärtes Dasein führen.

Maurer bringt das an der Stelle einer Sinnesknospe entwickelte Perlorgan des Fisches mit dem nach seinen Forschungen ebenfalls an der Stelle einer solchen entwickelten Amphibientastfleck und mit dem, eines Sinnesknospenstadiums baren Reptilientastfleck in phylogenetischen Zusammenhang. Dieser Reihe schliesse ich das einzige ähnlich gebaute Hautorgan des Säugetiers an, welches von allen übrigen Hautorganen abweicht, sowohl bei Säugetieren wie bei niederen Tieren, und mit dem eben nur einzig und allein der Tastfleck der kaltblütigen Wirbeltiere im Bau eine Ähnlichkeit zeigt, die aber zugleich eine Übereinstimmung bis ins Einzelne darstellt.

Durch diese Ähnlichkeit, durch die vergleichende Morphologie der Organe sind wir zu der geschilderten Anschauung gelangt. Es bleibt uns aber noch ein weiterer Weg der Betrachtung übrig, um den Beweis des Zusammenhangs der Haarscheiben mit den Tastflecken niederer Tierklassen zu vervollständigen. Dieser Weg besteht in dem Aufsuchen topographischer Beziehungen, welche den Haarscheiben und den Tastflecken gemeinsam sind. Es handelt sich hierbei nicht um die spezielle Topographie (die

Ausbreitung dieser Organe am Körper), welche Maurer für die Abstammung der Haare nutzbar zu machen sucht. Es handelt sich vielmehr um jene feinere, mehr allgemeine Topographie, welche die allgemeingültigen Gesetze in dem Verhalten des einzelnen Organs zu seiner eigenen nächsten Umgebung klarlegt. Dabei müssen sich die Beziehungen unserer Nervenendapparate zu anderen Hautbildungen ergeben, welche als homolog in Reptilien- und Säugetierhaut bereits anerkannt sind.

Derartige Bildungen sind vorhanden. Sie bestehen in den Schuppen beider Tierklassen, deren phylogenetische Gleichbedeutung Weber und seine Schule, und ganz besonders de Meijere und Reh zu grosser Wahrscheinlichkeit führten.

#### A. Die Schuppen der Säugetiere.

Reh muss in seiner grossen Übersicht über die Schuppen der Säugetiere die allermeisten Gründe, welche für die Entstehung dieser Schuppen durch Anpassung an äussere Lebensverhältnisse ins Feld geführt werden, als ungenügend zurückweisen, und kommt zu dem Ergebnis (S. 200), dass sie keine Anpassungen seien, sondern als ererbte Bildungen angesehen werden müssen. Die Vererbung kann nur von niedriger stehenden Tierarten her stattgefunden haben und wird allgemein als ein Erbteil reptilienartiger Vorfahren der Säugetiere angesehen, deren Urväterschaft ja namentlich in der zu den Monotremen überleitenden, abwärts zu den Hatteria-ähnlichen Rhynchocephalen möglicherweise in Beziehung stehenden Form der Pelycosauria aus vielen anderen morphologischen Gründen angenommen wird.

Wie verbreitet die Schuppen der Säugetiere sind, beweist Rehs systematische Übersicht der deutlich nachweisbaren Säugtierschuppen. Aber eine bei Weitem grössere, ja allgemeine Verbreitung der Schuppen lehrt uns de Meijeres Nachweis, dass die Stellung der Haare auch da, wo keine Schuppen und Hautfalten mehr vorhanden sind, dennoch durch die Annahme eines (rudimentär gewordenen) Schuppenbesatzes der Haut erklärt werden muss.

In meinen früheren Mitteilungen habe ich bereits auf die topographische Übereinstimmung all dieser nervösen Hautapparate in der Beziehung hingewiesen, dass sie sich immer am Hinterende der Schuppe (Reptil), und bei den Säugetieren an einer Stelle finden, welche dieser Reptilienlokalisation entspricht.

Namentlich in der menschlichen Haut haben wir es deutlich gesehen, dass im spitzen Winkel zwischen freiem Haarschaft und der Hautoberfläche die Haarscheibe eingelagert ist. in dem Raume also, der von Haarfollikel einerseits, Ansatz des Musculus arrector pili andererseits umgrenzt wird. Wie man auch über die Beziehung von Haaren zu Schuppen denken mag, immer ist es klar, dass diese Stelle entweder dem Hinterende der Schuppe oder einem Punkte hinter dem Hinterrande der Schuppe entspricht. In der menschlichen Haut haben wir nun ausserdem noch die deutlichen Spuren rudimentärer Schuppen, so deutlich sie nur immer gewünscht werden können, sodass die Stelle der Haarscheibe direkt mit der des Reptiliensinnesorgans verglichen werden kann.

Es ist, wie durch vielfach wiederholte Untersuchungen bekannt ist, die typische Anordnung der menschlichen Haare, vor allem der Körperhaare, die Dreihaargruppe, welche häufig in der Anordnung gefunden wird, welche als Schuppenstellung bezeichnet wird, d. h. die Stellung in einer Querreihe, welche durch die Wirkung einer nunmehr verloren gegangenen Schuppe entstanden zu denken ist.

Diese Disposition, welche nach de Meijere die Grundform und die verbreitetste Form der Haarstellung ist, besteht in prachtvoller Ausbildung an der Haut des Schimpanse, vielfach auch beim Orang-Utan, und ist bei vielen Menschen stellenweise zu finden. Sehr oft ist sie, ganz besonders an den Handrücken und den Vorderarmen (Fig. 17, 18), an der Vorderseite des Oberschenkels, an der Peniswurzel, am Kreuz (Fig. 16) schon deutlich mit blossem Auge erkennbar; zuweilen ist das Mittelhaar stärker, oft ist es allein vorhanden. Seltener findet man die Haare nur zu zweien nebeneinander, und es beweist dann oft ihre ungleiche Grösse, dass hier das dritte Haar, auf der anderen Seite des grösseren, verschwunden ist, welches die Dreihaargruppe ergänzen würde. Auf diese Anordnungen ist von physiologischen Gesichtspunkten aus schon vor langen Jahren durch Pohl-Pincus hingewiesen worden, welcher auf diese Gruppierung der Haare die Gleichmässigkeit des Haarbestandes trotz immerwährenden Wechsels zurückführt.

Wo makroskopisch die Haarstellung wegen der Kleinheit der Menschenhaare nicht erkannt werden kann, z. B. an den

lanugobehaarten sogenannten „nackten“ Stellen, da erweist das Mikroskop häufig das Vorhandensein von drei nebeneinander stehenden Follikeln.

Nach der als wohlbegründet anzusehenden Anschauung, die de Meijere besonders nachdrücklich vertritt, sind diese Querreihen von drei Haaren durch die Entwicklung der Haare unter den Schuppen, oder besser (mit Reh) am hinteren Ende von Schuppen entstanden. Wo die Schuppen noch vorhanden sind, da stehen die Haare hinter ihnen oder noch in ihrem Bereiche in ihrer hintersten Partie (meist unter ihnen); wo keine Schuppen nachgewiesen werden können, liegt nichts näher als die Annahme, dass sie in der Vorfahrenreihe ursprünglich vorhanden waren und im Laufe der Entwicklung verschwanden, als ihre Spur nur zurücklassend die Querstellung der Haargruppe, die oben bereits genannte „Schuppenstellung“.

#### B. Schuppen vor dem menschlichen Haar.

Beim Menschen ist nicht allein die Schuppenstellung als Spur der Schuppe vorhanden, sondern häufig findet man auch wirklich noch ein Gebilde, das nur als Schuppenrudiment angesprochen werden kann. Dieses besteht in einer scharf umgrenzten Hautpartie, an deren queren hinteren Ende, wie die Theorie es verlangt, die Haare durch die Haut hervorkommen (Fig. 17, 18, 14).

Bei gewissen Menschen sieht man, wenn man in der Weise, wie im Anfang dieser Arbeit beschrieben wurde, die Haare bei guter Beleuchtung betrachtet und ihre Austrittspunkte ins Auge fasst, an der Seite des stumpfen Winkels zwischen Haar und Hautoberfläche noch eine weitere glatte Hautpartie. Diese liegt demnach der Haarscheibe gegenüber. Sie kommt viel seltener in grösserer Deutlichkeit vor als die Haarscheiben, und nur selten mit der Haarscheibe zusammen an demselben Haar. Sie bevorzugt die deutlichen Dreihaargruppen und ist seltener an den einzelnen, weniger dicken Haaren, welche der Standort der Haarscheiben sind. Ganz besonders deutlich sieht man sie an derberer Haut, namentlich von Handarbeitern (Schmieden), und an verdickter (lichenisierter) Haut, vor allem bei gewissen Formen der als lichen chronicus bekannten Hautverdickung.

Meistens ist sie eine glattere, halbmondförmig das Haar umgreifende Hautfläche, auf welcher die Hautfelderung flacher

ausgedrückt ist als in der Umgebung, aber meistens nicht ganz verwischt, als Zeichen, dass diese Partie keine so eingreifende Texturänderung darstellt wie die Haarscheibe, die stets frei ist von der Hautfelderung. Sie tritt daher im lichen chronicus besonders deutlich hervor, weil sie nicht an der pathologischen Rauhgigkeit und stärkeren Faltung der Haut teilnimmt, welche dieser Affektion angehört. Nach ihrer freien Seite hin wird sie durch eine seichte, schmale aber scharfe Furche oder Linie abgegrenzt. Meistens erhebt sie sich ein klein wenig über das Niveau der umgebenden Haut. Wo sie besonders deutlich ist, bildet der hintere, dem Haare nabeliegende Teil eine quere Umfaltung senkrecht zur Hautoberfläche, sodass ein kleiner stufenförmiger Absatz entsteht, unter dem das Haar oder die Haargruppe hervorkommt (Fig. 18). Der Bau dieser Haarschuppe ist ohne alle Besonderheiten. Sie hat die Form einer flachen Schale; die Retezapfen in ihrem Gebiete sind ziemlich abgeflacht, sodass eine einfache, flachgewölbte Epitheldecke den Raum über der intrakutanen Follikelpartie überdacht. Besondere Anordnungen des Bindegewebes, der Nerven und Gefässverteilungen habe ich nicht gefunden.

Dieses Gebilde, welches wir als Rudiment einer Schuppe auffassen müssen, tritt als ein neues Element zu den Anhangsgebilden des Haares hinzu und ergänzt den aus Haarfollikel mit Drüsen und Bindegeweshüllen, Nerven, Gefässen, Muskeln bestehenden Komplex, zu welchem wir im Beginn der Arbeit als weiteren Bestandteil die Haarscheibe hinzugefügt hatten, zu einem in sich abgeschlossenen Ganzen. Für diesen Komplex, der, soweit es sich um Haare und Drüsen handelt, aus dem Epithelkeim von Marks und Roemer hervorgegangen und von de Meijere mit den guten Namen Haargruppe und Haarbündel bezeichnet wurde, ist es notwendig, einen neuen Namen einzuführen, in welchem Haarschuppe und Haarscheibe mit einbegriffen sind.

Da es möglich ist, entsprechend den ursprünglichen Schuppengebieten, die ganze Hautoberfläche schematisch in aneinander grenzende Bezirke zu zerlegen, schlage ich den Namen Haarbezirk für diesen Komplex vor. Dieser Haarbezirk ist bilateral gebaut, wird also durch seine Längsachse in eine rechte und eine linke, einander ziemlich gleiche Seiten geteilt. Sein Vorder-

rand beginnt mit der freien Seite der soeben geschilderten Haarschuppe, deren Hinterrand an das Haar stösst; hinter dem Haar folgt die Haarscheibe (Fig. 17, 18). Ob ihr Hinterrand zugleich als Hinterrand des Haarbezirks zu betrachten ist, ergibt die folgende Besprechung.

Von Wichtigkeit für unsere Vergleichung des Reptilientastflecks mit der Haarscheibe ist die Lage der Scheibe zur Schuppe. Es handelt sich hierbei um die Entscheidung, ob die Haarscheibe noch zu dem Haar gehört, hinter dem sie liegt und damit die hinterste Bildung des Haarbezirks bildet, oder ob sie zu einem andern Haarbezirk gehört, dessen vorderstes Element sie dann sein würde.

Von dieser Entscheidung hängt es ab, wo der Hinterrand des Haarbezirkes anzusetzen ist bei den Säugetieren, welche Haarscheiben besitzen. Durch Reh ist der Hinterrand der Säugetierschuppe gegen die ursprüngliche Anschauung, die das Haar hinter der Schuppe heraustreten liess (Weber), bereits rückwärts geschoben worden, indem er nachwies, dass das Haar im Schuppengebiet selbst herauskommt, der Hinterrand also erst hinter dem Haar anzusetzen ist.

Ich bin der Ansicht, dass der Hinterrand des Haarbezirks hinter die Haarscheibe zu verlegen ist; das beweisen alle Tatsachen, welche wir bezüglich ihrer Lage kennen gelernt haben.

Vor allem die Haarscheibe des Menschen gehört ohne Zweifel zu dem ihr benachbarten Haar. Ein Blick auf die Haut lehrt, dass eine topographische Beziehung zu irgend einem anderen Haar garnicht möglich ist. Die genaue Untersuchung ergibt, dass die Haarscheibe mit dem neben ihr liegenden Haare an denselben Nervenzweig angeschlossen ist, der von der Schuppen-seite, also dem vorderen Teil des Haarbezirks, her kommt und erst Fäden zum Haar, dann zur Haarscheibe abgibt.

Ganz ebenso verhält es sich im Haarbezirk von *Cynocephalus sphinx*.

Ähnlich, aber schwerer erkennbar, liegen die bisher nicht so genau durchgearbeiteten Verhältnisse der Echidnabaut.

Die Haarscheibe muss zu dem vor ihr gelegenen Haar gerechnet werden; das Hinterende der Schuppe liegt hinter der Haarscheibe.

Nachdem wir so die topographischen Beziehungen des Haarbezirks klargelegt haben, steht es uns frei, einen Vergleich zwischen seinen Organen und denen der Reptilienschuppe, die eine ihm entsprechende Einheit darstellt, zu ziehen.

Wir dürfen nach unseren bisherigen Besprechungen folgende Voraussetzungen als bewiesen ansehen.

1. Die Säugetierschuppe ist keine Neubildung der Säugetierhaut. Sie ist eine von reptilienähnlichen Vorfahren ererbte Bildung (Beweisführung durch Reh), die mancherlei Veränderungen durchgemacht hat.
2. Zur Säugetierschuppe gehört das Haar mit seinen Anhangsbildungen, und zum Haar wiederum gehört durch die beiden gemeinsame Innervation die Haarscheibe, wo sie vorhanden ist.

Die Haarscheibe hat da, wo die Gruppierung der Haare einen sicheren Nachweis erlaubt (Mensch, Cynocephalus, Echidna), stets dieselbe topographische Beziehung zum Haar. Sie hängt an demselben Nervenzweig und liegt hinter der Haargruppe. Da einerseits durch die konstanten topographischen und physiologischen Beziehungen zwischen Haarscheibe und Haar ihre Zusammengehörigkeit bewiesen erscheint, und da andererseits anerkannt ist, dass das Haar zu der vor ihr liegenden Schuppe gehört, so ergibt sich, dass auch die Haarscheibe zu der vor ihr liegenden Schuppe gehört. Wo Haarscheiben vorhanden sind, liegt demnach der Hinterrand des Schuppenbezirks erst hinter der Haarscheibe.

Ob das Haar nur topographisch, oder ob es genetisch zur Schuppe, unter deren Hinterrand es hervorkommt, gehört, darüber sind die Ansichten geteilt.

Die Beziehung von Haar und Haarscheibe zu der vor ihnen liegenden Schuppe könnte eine rein topographische sein. Wir müssten dann annehmen, dass die Haarscheibe als eine Neubildung der Säugetierhaut zu betrachten sei. Dagegen spricht aber, dass gerade die niedersten Säugetiere sie in der ausgebildetsten Form besitzen, dass sie in der Haut sehr primitiver und paläontologisch als sehr alt zu betrachtenden Säugetierformen vorkommen.

Die Annahme einer Neuentstehung ist bei unseren geringen Kenntnissen von diesem neuen Organ nicht ohne weiteres erlaubt.

Sie würde alle Erklärungsmöglichkeiten abschneiden. Es ist unsere Pflicht, uns nach immer neuen Vergleichsobjekten für dieses Organ umzusehen. Maurer, welcher für die Ableitung der Haare von epithelialen Sinnesorganen der wasserlebenden Tiere eintritt, stellt für die durch die ganze Säugetierreihe hindurch gleichartig gebauten Haare eben diese Forderungen auf. Er schliesst aus der Gleichförmigkeit des Haartypus, dass seine Entstehung weit im Stammbaum zurückliegt. Derselbe Schluss muss auch uns bezüglich der Haarscheibe gestattet sein, welche bei allen mit Erfolg untersuchten Säugetieren und beim Menschen von der gleichen Bauart ist.

Wie die vorhergehenden Seiten erkennen lassen, fanden wir ähnlich gebaute Organe in der Haut niederer Tiere, namentlich auf den Schuppen der Reptilien, und wir waren durch diese Ähnlichkeit des Baues geneigt, beide Organe als homolog zu betrachten. Über die Lücke in der Vergleichung, welche die weite Entfernung der beiden Tierklassen klaffen liess, wurden wir bis zu einem gewissen Grade durch die Überlegung beruhigt, dass auch andere Nervenendorgane (Kolbenkörperchen, Organe der Mundhöhle) in beiden Tierklassen vorkommen.

Wir suchten aber, um zu grösserer Sicherheit zu gelangen, noch einen zweiten direkten Beweisgrund neben der äusseren Ähnlichkeit in der Topographie, und glauben ihn auch gefunden zu haben in dem Verhalten, welches die Säugetierhaarscheiben und die Reptilientastfleck zu den Schuppen besitzen.

Im Haarbezirk finden wir hintereinander 1. Schuppenrudiment, 2. Haar, 3. Haarscheibe.

In der Reptilienschuppe finden wir am Hinterende den Tastfleck, sonst keine Differenzierung von Organen. Dieses Verhalten bietet uns Hatteria, die Krokodile (cf. Oppenheimers Fig. 5 und 8) und die Schlangen an einer grossen Zahl der Körper- und Extremitätenschuppen.

In diesen beiden Gebilden, im Haarbezirk des Säugers (Mensch, Cynocephalus, Echidna) und in der ihm gleichzusetzenden Schuppe des Reptils, finden wir also an homologen Stellen das Sinnesorgan, das bei beiden Tierklassen einen völlig übereinstimmenden Bau besitzt. Somit ergibt sich auch bei dieser Betrachtungsweise, welche die topographische Beziehung zu anderen, miteinander identifizierten Organen berücksichtigt,

wiederum derselbe Schluss, dass Reptilientastfleck und Haarscheibe identische Bildungen sind.

## VII. Schlussbetrachtungen.

### Abstammung von Haarscheibe und Haar.

Im vorhergehenden Abschnitt habe ich mich Maurers Ausführungen über die Abstammung des Reptilientastflecks vom Perlausschlag der Fische angeschlossen. Wie sich aus meinen vielfachen und von vielen Seiten her unternommenen Versuchen, die Haarscheiben mit diesen Tastflecken zu vergleichen, ergibt, habe ich den von Maurer nur bis zu den Reptilien durchgeführten Entwicklungsgang (seine Überleitung zu den Vögeln ist von Keibel durch die genaue Durchforschung der Federentwicklung m. E. mit ausreichenden Beweismitteln zurückgewiesen worden) bis zu den Säugetieren und dem Menschen hindurch fortgeführt. Da ich von den verschiedensten Gesichtspunkten ausgehend immer wieder zu demselben Ergebnis gelangt bin, glaube ich, den Beweis in ausreichender Weise geführt zu haben, dass die Organe der Säuger denen der Reptilien gleichzustellen sind.

Mit dieser Ausführung hat die Ableitung, welche Maurer den wichtigsten Organen der Säugetierhaut, den Haaren, zu teil werden lässt, zunächst keine Berührungspunkte. In ihr ist kein Moment enthalten, welche gegen Maurers Haarabstammungslehre zu verwerthen wäre. Vielmehr lässt sich apriori gar nichts gegen die Vorstellung sagen, dass zweierlei Abkömmlinge der Lateralorgane sich auf demselben Hautgebiet (der Schuppe resp. dem Schuppenbezirk) nebeneinander bis in die höchsten Wirbeltierklassen hinein erhalten sollten. Die Beziehung zwischen Haarscheibe und Haar ist, wie Maurer richtig bemerkt (Ursus, S. 537), nur die, dass beide nebeneinander liegen, allerdings, wie ich bemerke, in einer phylogenetisch hochwichtigen und konstanten Weise.

Maurer leitet, wie bekannt, die Verhältnisse der Säugetierhaut von den äusseren Bedeckungen der Amphibien ab, von deren Stegocephalen-Verfahren er den Stammbaum der Mammalia ausgehen lässt. Die Haare stammen in direkter Linie von den ihnen im Bau angeblich so ähnlichen Nervenendhügeln ab, nach Ausfall von deren spezifischen Sinneszellen und dem sie ver-

sorgenden Lateralnervensystem. Die Grundlage der Haare bilden die Nervenendhügel, da diese allein alle Teile, welche mit dem Bau der Haare übereinstimmen, besitzen (S. 316, 323). Der sensorische Nervus lateralis fällt mit dem Zugrundegehen der Endigungen (mit dem Übergang vom Wasserleben zum Landleben) aus, und damit erleidet das Organ einen Funktionswechsel (S. 323): die Nebenfunktion der Stützzellen als Schutzapparat wird zur Hauptfunktion; die Innervation wird von sensiblen Nerven übernommen.

Das Hervorgehen der Haare aus den Endhügeln ist durch die gleiche Lokalisation beider (namentlich im Gebiete des Gesichts) zu erkennen.

Wie im Frühjahr bei den Tritonen, wie beim Wachstum von Fischen und Amphibien eine Vermehrung der Lateralorgane durch Teilung eintritt, welche die Grundlage der Gruppenbildung dieser Organe bildet (S. 322), so vermehren allein von allen Epidermoidal- oder Integumentalgebilden sich die Haare der Säugetiere durch Teilung eines ursprünglich einzelnstehenden Haares.

Alle jetzt lebenden Zwischenstufen zwischen den Fischen und wasserlebenden Amphibien einerseits und den Säugern andererseits sind frei von einer Andeutung derartiger Umwandlung.

Maurer leitet aber auch, wie wir bereits sahen, die Perlorgane der Fische und nach ihnen die Tastflecke von Amphibien und Reptilien ebenfalls von ausgefallenen Lateralnervenendigungen ab.

Wir werden also, seinen beiden Anschauungen folgend, bei allen Säugern, die Haarscheiben besitzen, in demselben Haarbezirk zwei Organe nebeneinander finden, die in ihrer Entstehungsgeschichte ihren Ausgangspunkt in den epithelialen Hautnervenendorganen der Fische und Amphibien haben, erstens das Haar, entstanden durch direkte Umwandlung des Nervenendhügels, zweitens die Haarscheibe, entstanden auf indirektem Wege, als Umbildung des, dem ausgefallenen epithelialen Endorgan folgenden Perlorgans.

In seiner neuesten Arbeit, in welcher sich Maurer auch bereits mit meinen Angaben über die Haarscheiben beschäftigt, setzt er (S. 532 ff.) nochmals Haar und Reptilienschuppe in einen scharfen Gegensatz zu einander. Er wiederholt kurz die Eigen-

tümlichkeiten im Bau und in der Vermehrung der Haare, bespricht die Gruppenanordnung, bei der hinter jeder Schuppe mehrere Haaranlagen auftreten. Er führt alle Gründe an, welche gegen eine Umwandlung der Schuppe in ein Haar im Laufe der Phylogenese sprechen, und darf in dieser letzteren Beweisführung wohl allgemeine Anerkennung erwarten.

Sodann bemüht er sich, die Ansicht zurückzuweisen, welche die Haare aus einem Teil der Schuppe hervorgehen lässt, indem er sie als halbe Maßnahme und nicht zur Deutung aller Verhältnisse ausreichend bezeichnet, im Gegensatz zu seinem vergleichenden Vorgehen, dessen durch folgerichtige Schlüsse erhaltenes Ergebnis die Entwicklung und den Bau der Säugetierhaare verständlich mache, was bisher auf anderem Wege nicht möglich gewesen sei (Epidermis, S. 316).

Ich habe in meiner zweiten Mitteilung bezüglich dieser Ableitung der Haare zur Vorsicht gemahnt und auf die Möglichkeit einer Vergleichung mit anderen epithelialen Gebilden niederer Tiere hingewiesen. In der hier vorliegenden Arbeit, welche auf Grund erweiterter Kenntnisse zu ganz denselben Schlüssen führte, wie meine bisherigen Mitteilungen, bin ich nicht im Stande, auf die Frage nach der Abstammung des Haares einzugehen. Ich bemerke im voraus, dass ich die Ableitung des Haares vom Nervenendhügel und die Entscheidung, ob das Haar etwa eine Neuerwerbung der Säugetiere sei, hier nicht berühren werde und betrachte diesen Punkt, welcher unsere übrigen Erörterungen nicht beeinflussen kann, hier als nicht zur Diskussion stehend. Ich füge noch hinzu, dass ich Maurers Ansicht beipflichte, dass die nervenarme Haarpapille nicht mit der starkinnervierten Schuppenpapille des Reptils zu vergleichen ist. Maurer sieht in diesem Unterschiede der Innervierung einen Hauptunterschied zwischen der Schuppenpapille und der Haarpapille. Nach unseren Ausführungen ergibt sich die Verschiedenheit beider (die schon aus dem Zugeständnis folgt, dass das Haar nicht als eine direkte Umwandlung der Schuppe betrachtet werden darf) daraus, dass die Haarpapille nur ein verschwindender Teil des Bindegewebes ist, welches den Haarbezirk des Säugetiers erfüllt. Das Bindegewebe — oder wenn wir wollen die Papille — der Reptilienschuppe hat aber ihr Vergleichsobjekt in dem ganzen Bindegewebe des Säugetier-

haarbezirks, wie wir ihn auffassen. Wenn unsere Ableitung der Haarscheibe richtig ist, dann entsprechen die sensiblen Nerven der Tastfleckschuppe des Reptils den Nerven der Haarscheibe im Schuppenbezirk (Haarbezirk) des Säugetiers. Die Haarpapille hat mit der Schuppenpapille demnach von Seiten der Innervierung her nichts zu tun.

In dieser Beziehung befinde ich mich also mit Maurer in Übereinstimmung.

Ich bin aber trotzdem gezwungen, wie nach meinen Bemühungen, den Säugetierschuppenbezirk zu rekonstruieren, zu erwarten ist, die von Maurer zurückgewiesene Ansicht, dass das Säugetierhaar nur einem Teil des Schuppenbezirks resp. der Reptilienschuppe entspricht, als die richtige anzusehen.

Die Beziehung des Haars zur Schuppe ist keine rein topographische. Wir haben gesehen, dass der Tastfleck, zusammen mit der Schuppe, vom Reptil auf das Säugetier in Form der Haarscheibe übergegangen ist, dass das Haar aber in enger konstanter Beziehung zur Haarscheibe steht. Es liegt stets inmitten des Schuppenbezirks in den Fällen, welche durch das Vorhandensein der Haarscheiben diesen Bezirk noch in grösserer Ausdehnung erkennen lassen. Diese Lage wird indessen modifiziert:

a) Durch das Fehlen der Haarscheibe. Wo die Haarscheibe fehlt, ist der nachweisbare Hinterrand der Schuppe gleich hinter das Haar verschoben worden.

b) Durch die ausgeprägte Form der Säugetierschuppe, welche zu einer direkten Vergleichung der Säugetierschuppe mit der des Reptils geführt hat (Gürteltiere, Nager u. a.). Wir haben aber gesehen, dass eine derartige Identifizierung nicht möglich ist; der Reptilienschuppe entspricht vielmehr der ganze Säugetierhaarbezirk. In den mit Haarscheiben versehenen Haarbezirken ist das nachweisbare Schuppenrudiment (Mensch) oder sein Platz nur einem Teil der Reptilienschuppe homolog; bei den Schuppenbezirken ohne Haarscheiben muss es sich ebenso verhalten.

Die Lagerung der Haare hinter (oder noch besser im Hinterrande der) grossen Schuppen können wir nicht allein durch die Schutzwirkung erklären, welche die Schuppe dem verletzlicheren Gebilde gewährt haben soll, wenn auch manche Eigentümlichkeiten der Haare, namentlich ihre Querstellung wohl mit Recht

als eine Folge dieser Wirkung betrachtet wird. Dass die Haare dort gerade angeordnet sind, ist meiner Ansicht nach begründet durch den Sitz der Tastscheibe am Hinterrande der Reptilienschuppe, welchen Platz ihre Nachfolgerin, die Haarscheibe und das ihr stets benachbarte Haar auch weiterhin bei den Säugtieren bewahrten. Das Haar liegt zwar am Hinterrande der Schuppe, besonders aber vor der Haarscheibe. Da diese am Hinterrande der Schuppe von altersher ihren Platz hat, stellt, wenn sie ausfällt, das Haar das hinterste Gebilde des Schuppenbezirks dar.

Indessen wollen wir auf diese Punkte in der Topographie der Haare nicht an dieser Stelle eingehen. An sie müsste sich vor allem die Beziehung der Schuppen und Haarscheiben zu den Stammhaaren, sowie die Lokalisation der übrigen Haare anknüpfen. Mein Ziel ist in dieser Arbeit nur gewesen, die Beschreibung der Haarscheibe zu geben und der Versuch, ihre vergleichend-anatomische Bedeutung zu erklären. Für eine Besprechung, welche die Haare selbst mit in den Bereich der Betrachtung zieht, habe ich in dieser Arbeit nicht die ausreichenden Unterlagen dargeboten.

### VIII. Zusammenfassung.

1. Bei Säugetieren der verschiedensten Ordnungen kommen an der behaarten Haut *circumscrip*te, starkinnervierte Bezirke vor, welche als der Sitz besonderer Nervenendorgane (Sinnesapparate) anzusehen sind. Diese bisher unbekanntem Organe sind von mir als *Haarscheiben* bezeichnet worden.

Sie bestehen aus einer Kappe verdickten, eigenartig modifizierten Epithels und einer *Cutispapille*.

2. Haarscheiben befinden sich an der menschlichen Haut fast über den ganzen Körper verbreitet. Sie liegen dicht neben den Haaren und bilden rundliche, 1 mm und mehr messende Gebiete, *dermo-epidermoidal* gebaut. Sie hängen ihrer Inner-*vation* nach sowie nach ihrer Lage eng mit den Haaren zusammen. Sie liegen im spitzen Winkel zwischen freiem Haarschaft und der *Hautoberfläche*.

3. Im stumpfen Winkel zwischen freiem Haarschaft und *Hautoberfläche*, genau der Haarscheibe gegenüber, liegt beim Menschen ein anderes, deutlich begrenztes, glattes Hautfeld, welches als *Schuppenrudiment* zu deuten ist.

4. Mit den bisher bekannten Anhangsorganen des Haarfollikels (Drüsen, Muskeln, Nerven, Gefäßen etc.) zusammen konstituieren die Haarscheiben und die Schuppenrudimente ein wohldefiniertes Gebiet, für welches der Name Haarbezirk vorgeschlagen wird.

5. Haarscheiben sind bisher gefunden worden bei den Monotremen (Echidna, Ornithorhynchus), Insektivoren (Talpa), Nagetieren, Primaten (Cynocephalus, Homo). Da u. a. gerade die niedersten Säugetiere sie in der ausgebildetsten Form besitzen, ist es wahrscheinlich, dass sie nicht erst im Säugetierstamm entstanden sind, sondern bereits von den Vorfahren der Säuger auf diese vererbt sind.

6. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Haarscheiben mit den einzigen, ihnen ähnlichgebauten Nervenendapparaten, den Tastflecken der Reptilien und Amphibien (Hatteria, Krokodil, Schlange) zu vergleichen sind.

7. Die Haarbezirke sind morphologische Äquivalente der Reptilienschuppen. In beiden liegen die zugehörigen Nervenendapparate am Hinterrande. Die Schuppenpapille der Reptilien entspricht dem Bindegewebsbezirke in dem von mir mit dem Namen Haarbezirk (Schuppenbezirk) belegten Gebiet der Säugetierhaut. Die Schuppe der Säugetierhaut ist infolgedessen niemals ein einfaches Homologon der Reptilienschuppe, sondern entspricht stets nur einem Teil von ihr.

8. Die Lage des Haares im Haarbezirk (zwischen Scheibe und Schuppenrudiment) entspricht einer Stelle der Reptilienschuppe, welche undifferenziert ist.

Das Säugetierhaar hat kein Homologon in dem Gebiet der Reptilienschuppe; sein Platz ist leer.

Die Haarpapille ist mit der Schuppenpapille nicht vergleichbar. Von ihr ist in der Reptilienschuppe ebensowenig wie vom Haar eine Spur vorhanden.

---

### Literaturverzeichnis.

- Bethe, A.: Angaben über ein neues Verfahren der Methylenblaufixation. Archiv f. mikroskop. Anat., Bd. 44, 1895.  
 Botezat, E.: Die Innervation des harten Gaumens der Säugetiere. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. 69, 3, 1901.

- Derselbe: Die Nervenendigungen in der Schnauze des Hundes. *Morpholog. Jahrb.*, Bd. 29, 4, 1902.
- Derselbe: Über das Verhalten der Nerven im Epithel der Säugetierzunge. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie*, Bd. 71, 2, 1902.
- Derselbe: Über die epidermoidalen Tastapparate in der Schnauze des Maulwurfs und anderer Säugetiere mit besonderer Berücksichtigung derselben für die Phylogenie der Haare. *Archiv für mikroskopische Anatomie*, Bd. 61, 1902.
- Braun und Cartier: Zit. bei Hoffmann und Osawa.
- Davies: Die Entwicklung der Feder und ihre Beziehungen zu anderen Integumentalgebilden. *Morpholog. Jahrb.*, Bd. 15, 1889.
- Dogiel, A. S.: Zur Frage über den Bau der Herbst'schen Körperchen und die Methylenblaufixierung nach Bethe. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie*, Bd. 66, 3, 1899.
- Eimer, Th.: Die Schnauze des Maulwurfs als Tastwerkzeug. *Archiv f. mikroskop. Anatomie*. Bd. 7, 1871.
- Gegenbaur: *Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere*, Bd. I, Leipzig 1898.
- Hoffmann, C. K.: *Bronns Klassen und Ordnungen*, Bd. VI, 3, Reptilien Bd. II, 1890.
- Huss, G.: Beiträge zur Kenntnis der Eimer'schen Organe in der Schnauze von Säugern. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie*, Bd. 63, 1, 1898.
- Keibel, F.: *Ontogenie und Phylogenie von Haar und Feder. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte*. Herausgegeben von Merkel-Bonnet, Wiesbaden 1896.
- Krause, R.: *Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere*. Her. von O. Hertwig. Artikel Haut. Jena, G. Fischer 1901.
- Langley, J. N. und Sherrington, C. S.: On pilo-motor nerves. *Journal of Physiology*, Bd. XII, 1891, S. 278.
- Leontowitsch, A.: Die Innervation der menschlichen Haut. *Internat. Monatschr. f. Anat. u. Physiologie*, Bd. 18, S. 142, 1901.
- Leydig, F.: Über die äusseren Bedeckungen der Säugetiere. *Archiv f. Anat. und Physiol.*, 1859.
- Derselbe: Über Organe eines sechsten Sinnes. Dresden, E. Blochmann und Sohn. 1868. *Abhandl. der K. L. C. Ak.* Vol. 34.
- Derselbe: Über die äusseren Bedeckungen der Reptilien und Amphibien. *Archiv f. mikrosk. Anatomie*, Bd. 9, 1873.
- Derselbe: Zur Deutung der epidermoidalen Organe im Integument von Säugetieren. *Archiv f. mikrosk. Anat.*, Bd. 52.
- Marks, P.: Untersuchung über die Entwicklung der Haut insbesondere der Haar- und Drüsenanlagen bei den Haussäugetieren. I.-D. Giessen 1895.
- Maurer, F.: *Die Epidermis und ihre Abkömmlinge*. Leipzig, W. Engelmann, 1895.
- Derselbe: Das Integument eines Embryo von *Ursus arctos*. Ein Beitrag zur Frage der Haare und Hautdrüsen bei Säugetieren. *Haeckels Festschrift*, Jena 1904.

- de Meijere, J. C. H.: Über die Haare der Säugetiere, besonders über ihre Anordnung. *Morphol. Jahrb.*, Bd. 21, 3, 1894.
- Derselbe: Über die Federn der Vögel, insbesondere über ihre Anordnung. *Morpholog. Jahrb.*, Bd. 23, 1895.
- Meisner, C. F.: *De amphibiorum quorundam papillis glandulisque femoralibus*, Basel 1832.
- Meissner, G.: Untersuchungen über den Tastsinn, I. Abt. *Zeitschr. f. rationelle Medizin*. 3. R., Bd. VII, S. 92.
- Merkel, Fr.: Über die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbeltiere, Rostock 1880.
- Oppenheimer, E.: Über eigentümliche Organe in der Haut einiger Reptilien. *Morpholog. Arbeiten*, Bd. V, 3, 1895.
- O s a w a, G.: Beitrag zur feineren Struktur des Integumentes der *Hatteria punctata*. *Archiv f. mikroskop. Anat.*, Bd. 47.
- Pinkus, F.: Ein Fall von Hypotrichosis (*Alopecia congenita*). *Archiv f. Dermatologie*, Bd. 50, 1899.
- Derselbe: Zur Kenntnis des Anfangsstadiums des lichen ruber planus. *Archiv f. Dermatologie*, Bd. 60, 1902.
- Derselbe: Über einen bisher unbekanntem Nebenapparat am Haarsystem des Menschen: Haarscheiben. *Dermatolog. Zeitschr.* IX, 1902.
- Derselbe: Zur Kenntnis des Haarsystems des Menschen. 2. Mitteilung. *Dermatolog. Zeitschr.* X, 1903.
- Derselbe: Beitrag zur Kenntnis der menschlichen Haare. *Verhandl. d. physiolog. Gesellsch. zu Berlin* 1902/3.
- Pohl, J.: *Das Haar*. 5. Aufl., Stuttgart 1902.
- Poulton, E. B.: The Structure of the Bill and Hairs of *Ornithorhynchus paradoxus*; with a discussion of the Homologies and Origin of Mammalian hair. *Quarterly Journal of microscop. Science* 1894.
- Reh: Die Schuppen der Säugetiere. *Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaften*, Bd. 29, 1896.
- Retzius: *Biologische Untersuchungen*, Bd. VI.
- Roemer, Fr.: Studien über das Integument der Säugetiere. II. Das Integument der Monotremen. *Jenaische Denkschriften* VI., 1898. (Sem on, Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem malayischen Archipel).
- Derselbe: III. Die Anordnung der Haare bei *Thryonomys (Aulacodus) Swinderianus* (Temminck). *Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaften*, 31, 1898.
- Schwalbe, G.: *Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane*. Erlangen, E. Besold, 1887.
- Sem on, R.: *Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem malayischen Archipel*. 2. Bd.: Monotremen und Marsupialier. 1. Lieferung. *Denkschr. der medicin. naturwiss. Ges. zu Jena*, 5. Bd., 1894.
- de Souza Fontes, L. R.: Beiträge zur anatomischen Kenntnis der Hautdecke des *Ornithorhynchus paradoxus*. *J. D. Bonn* 1879.

- Steinmann, G. und Doederlein, L.: Elemente der Paläontologie, Leipzig, W. Engelmann, 1890.
- Szymonowicz, W.: Beitr. zur Kenntnis der Nervenendigungen in Hautgebilden. Archiv f. mikroskop. Anat., Bd. 45, 1895.
- Todaro: Zit. bei Osawa.
- Weber: Bemerkungen über den Ursprung der Haare und über Schuppen bei Säugetieren. Anatom. Anzeiger, Bd. VIII, 1893.
- Wilson, J. T. und Martin, C. J.: Further observations upon the anatomy of the integumentary structures in the muzzle of ornithorhynchus. Proc. Linnean Soc. of New South Wales. Vol. IX. Ser 2<sup>nd</sup>, 1894.
- Wohlauer: Entwicklung des Embryonalgefieders von *Eudyptes chrysocoma*. Zeitschr. f. Morphol. und Anthropologie, Bd. 4, 1901.

---

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel VIII—XI.

- Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt einer Haarscheibe. Tangentialschnitt, in welchem der Randwall ganz getroffen ist. Übersicht der Lagerung in der umgebenden Haut. Vergr. 80 mal (Zeiss AA, Oc. 2, Tubuslänge 200).
- Fig. 2. Schnitt durch die Mitte einer menschlichen Haarscheibe, senkrecht zur Hautoberfläche; gutausgebildeter zentraler Zapfen. Vergr. ca. 250 mal (Zeiss DD, Oc. 2).
- Fig. 3. Bauchhaut in der Umgebung des Nabels eines erwachsenen Mannes mit sehr vielen und sehr grossen Haarscheiben. Natürliche Grösse.
- Fig. 4. Stück menschlicher Rückenhaut, die Hautfalten möglichst exakt wiedergebend, mit 13 Haaren, von denen drei mit Haarscheiben versehen sind. Vergr. 2 mal.
- Fig. 5 und 6. Senkrecht zur Hautoberfläche geführte Schnitte durch eine vital mit Methylenblau gefärbte Haarscheibe. Die Nervenstämme sind mit Zahlen (1—3) bezeichnet und in jeder der beiden Zeichnungen aus 2—3 Schnitten eingetragen, um den Verlauf vom Stamm bis zur Endigung besser verfolgen zu können. Die Nervenendigungen sind nur aus je einem Schnitt so genau wie möglich mit dem Zeichenapparat dargestellt. Vergr. 190 mal.
- Fig. 7 und 8. Schnitte durch die Mitte von zwei verschiedenen Haarscheiben des Menschen. Vergr. 80 mal.
- Fig. 9. Schnitt senkrecht zur Hautoberfläche vom Bauch des Maulwurfs. Haarscheibe mit Nerv zwischen tiefen Follikeleinsenkungen eingelagert.
- Fig. 10. Schnitt senkrecht zur Hautoberfläche vom Bauch einer erwachsenen Echidna (Freiburger Exemplar). Haarscheibe mit hinzutretendem Nerv.
- Fig. 11. Bauchhaut desselben Tieres mit Haarbündeln und zwei Haarscheiben. Lupenvergr.

- Fig. 12. Enthaarte Ornithorhynchushaut (Freiburger Exemplar). In ihr zwei Haarscheiben. Lupenvergr.
- Fig. 13. Abbildung der Born'schen Wachsrekonstruktion eines Haarbezirks (Mensch). Cutisfläche der Epidermis.
- Fig. 14. Dasselbe. Epidermisfläche. Gelb Haarscheibe. Rot Schuppe. Blau Nerv der Haarscheibe.
- Fig. 15. Senkrechter Schnitt durch menschliche Haut (Rücken). Die sehr deutliche Haarscheibe und eines der Haare der anliegenden Haargruppe sind getroffen, das Haar tangential durch die äussere Wurzelscheide. Vergr. 80 mal.
- Fig. 16. Menschliche Haut der Kreuzgegend mit ausserordentlich deutlichen Dreihaargruppen in Reh-de Meijeres Schuppenstellung. Ein Teil der Haarbezirke ist, zum Vergleich mit Schuppen, schematisch rotumrandet.
- Fig. 17. Haut eines starkbehaarten männlichen Vorderarms. Die Anordnung der Haargruppen (meistens Dreihaargruppen), der Scheiben und Schuppen ist, wie in Fig. 16, genau nach der im vorliegenden Fall vorhandenen Anordnung abgebildet. Haarscheiben gelb, Schuppenrudimente rot, Haare schwarz.
- Fig. 18. Eine andere Stelle vom Arm desselben Menschen, welche ohne bunte Auszeichnung die Haarscheiben an fünf Haaren (hinter dem Haar), die Schuppenrudimente an fünf Haaren (vor der Haargruppe, besonders deutlich an den beiden starken Dreihaargruppen) zeigt.
- Fig. 19. Ornithorhynchus (dasselbe Exemplar wie Fig. 12). Haut vom Fussrücken. Die Haarscheibe ist frei von dunklem Pigment, sehr stark innerviert (in dieser Zeichnung sind die Nervenverläufe aus 3—4 Schnitten eingezeichnet). Unter der Haarscheibe liegt ein Durchschnitt des unter ihr liegenden Haares, darunter Durchschnitt der Schweißdrüse, die in diesen Haarfollikel mündet.
- Fig. 20. Ornithorhynchus (dasselbe Exemplar). Schnitt senkrecht durch die Körperhaut, etwas schräg zur Haarrichtung. Haarscheibe in ihrer grössten Ausdehnung getroffen. Ihre Cutis ist dunkler gefärbt als die Umgebung. Die Haarscheibe besitzt basal ein hohes Zylinderepithel.
- Fig. 21. Schnitt durch eine Wachsplattenrekonstruktion des Haarbezirks von *Cynocephalus sphinx*. Es ist die Haarscheibe und zwei Haarfollikel (a und b) der Länge nach getroffen (s. d. unter der Figur dargestellte Schema des Modells, von der Epidermisseite her gesehen). Die einzelnen Stücke der Follikel, der Schweißdrüse, der Nerven sind nach den verschiedenen, senkrecht zur Hautoberfläche geführten Schnitten, in denen sie liegen eingezeichnet, sodass — ausser der Projektion in eine Ebene — die Figur nicht schematisiert ist. Die Haarscheibe ist nach nur einem Schnitt gezeichnet. Der Muskel des Follikels b und ein kleiner Teil des Muskels von a ist schematisch zugefügt worden. Vergr. 60 mal.

- Fig. 22. Tastfleck in einer Unterkieferschuppe des Alligators. Elastische Fasern gefärbt; sie lassen den aufsteigenden Nerv und den Tastapparat frei. Das Epithel über dem Tastfleck ist verändert. Vergr. 190 mal.
- Fig. 23. Tastfleck in einer Rückenschuppe der Kreuzotter. Vergr. 190 mal.
- Fig. 24. Tastfleck auf der Rückenschuppe einer Natter. Vergr. 190 mal.
- Fig. 25. Wachsplattenrekonstruktion einer Schuppe von *Hatteria punctata* (Exemplar der Freiburger Anatomie) von der Epidermisunterfläche her gesehen. Gelb Tastfleck, blau Nerv. Vergr. 60 mal.
- Fig. 26. Dasselbe Modell von der Epidermisoberfläche gesehen. Vergr. 60 mal.
- Fig. 27. Epitheliales Endorgan von einer Oberlippenschuppe von *Brachymeles*. Vergr. 250 mal.

---

### Allgemeingültige Bezeichnungen:

---

*F* = Haarfollikel; *G* = Gefäßstamm der Haarscheibe; *H* = Haarscheibe;  
*Mb* = Muskelbündel; *N* = Nerv; *P* = Neue Haaranlage (Haarzapfen);  
*R* = Randwall; *Sch* = Schuppe; *Sd* = Schweißdrüse; *T* = Talgdrüse.

---