

Zur Anatomie und Physiologie der Geckopfote.

Von

Heinrich Schmidt, Jena.

Hierzu Tafel XXIV und 2 Figuren im Text.

Die merkwürdig gebauten, ihrer Haftfunktion so vollkommen angepaßten Zehen der Geckotiden sind verhältnismäßig spät einer eingehenden Untersuchung unterworfen worden. Die auffallenden Lamellen an der Unterseite der Zehen mit ihrem feinen Borstenbesatz waren ja längst bekannt; aber erst im Jahre 1872 untersuchte OSKAR CARTIER (3) den feineren Bau dieser Lamellen, jedoch nur so weit, als die Epidermis in Betracht kam. Einige Jahre später konnte BRAUN (1) die Haftzehen von Gecko-Embryonen (*Platydictylus facetanus*) untersuchen; auch er beschränkte sich im wesentlichen auf den histologischen Bau der Epidermis, ebenso wie später TODARO (16) und NICOLAS (10). Erst HAASE (5) wagte sich etwas tiefer hinein und sagte ein paar Worte über die Muskulatur der Zehen und ihre Funktion, sowie über zahlreiche auffallende „Lymphräume des Bindegewebes“, von denen er jedoch keine richtige Deutung geben konnte. Ausführlicher als seine Vorgänger konnte HAASE auf die ontogenetische Entstehung der Haftläppchen und besonders der Haftborsten eingehen, da ihm eine Anzahl Embryonen von *Hemidactylus mabounia* zur Verfügung stand.

Von der fruchtbaren Idee ausgehend, daß nicht die Gesamtheit der (vorwiegend integumentalen) Haftläppchen allein, sondern die ganze Zehe mit ihren Skelettteilen, ihren Muskeln, Nerven und Blutgefäßen den eigentümlichen Haftapparat der Geckopfote ausmacht, unternahm JULIUS TANDLER (15) eine genauere Untersuchung der subkutanen Organisationsverhältnisse der Geckozehe; er gab im Jahre 1903 eine ganz vortreffliche Darstellung dieser Verhältnisse bei *Ptyodactylus lobatus* und *Platydictylus annularis*, während er sich auf die feineren histologischen Verhältnisse nicht näher einließ.

Schon vor dem Erscheinen der TANDLERSchen Arbeit hatte mir mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor ERNST HAECKEL, einige

Ptychozoon homalocephalum übergeben, die er während seines Aufenthaltes in Insulinde im Winter 1900—1901 erbeutet hatte, nebst einer Anzahl von Embryonen derselben Art, die zum Teil noch von den Eihüllen umschlossen waren. Auf seinen Rat ging ich zunächst daran, die Haftzehen auf ihren anatomischen Bau hin zu untersuchen. Durch das Erscheinen der TANDLERSchen Arbeit wurde ein Teil der anatomischen Ergebnisse, zu denen ich gelangt war, schon vorweggenommen. Trotz der Vorarbeiten jedoch, die somit bereits über die Anatomie und Histologie der Geckopfote ebenso wie über die Entwicklung der Haftborsten vorlagen, war es mir möglich, die Angaben derselben in mehreren und in Hinsicht auf die Physiologie der Geckopfote bedeutungsvollen Punkten zu vervollständigen.

Mit meinen eigenen Präparaten konnte ich einige ältere vergleichen (von *Platydictylus mauritanicus* und *Hemidactylus spec.*), die mir Herr Professor FRAISSE in liebenswürdiger Weise überlassen hatte. Außerdem hielt ich mir zwei lebende *Platydictylus mauritanicus* in einem Käfig mit Glaswänden, um an ihnen die Haftwirkung ihrer Zehen studieren zu können.

Für die freundliche Ueberweisung des *Ptychozoon*materials bin ich Herrn Professor HAECKEL zu lebhaftem Dank verbunden, ebenso Herrn Professor FRAISSE für die Ueberlassung seiner Präparate.

Im folgenden teile ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen mit unter steter Berücksichtigung der früheren Arbeiten. Da es mir wegen der in wesentlichen Punkten offenbar weitgehenden Uebereinstimmung vorläufig überflüssig erschien, die Resultate TANDLERS mit den Verhältnissen bei *Ptychozoon homalocephalum* des genaueren in Vergleich zu setzen, so erstrecken sich meine Mitteilungen in der Hauptsache auf die histologischen Befunde; auf die anatomische Beschaffenheit des ganzen Zehenapparates nur so weit, als es für die nachfolgende Erörterung über die Physiologie der Geckopfote notwendig erscheint.

1. Zur Anatomie und Histologie der Geckopfote.

Die Zehen von *Ptychozoon homalocephalum* wie auch von *Platydictylus mauritanicus* sind, verglichen mit den Zehen anderer Geckotiden, von mittlerer Länge; die der vorderen Extremitäten sind annähernd gleich lang, die der hinteren Extremitäten nehmen der Reihe nach an Länge zu; die erste ist am kürzesten, die

fünfte am längsten. Ihr Umriß ist spatelförmig, indem sie distalwärts breiter werden und breit abgerundet enden. Während aber bei *Platydictylus* wie bei den meisten anderen Ascalaboten die Zehen frei sind, werden sie bei *Ptychozoon homalocephalum* durch eine Spannhaut verbunden, die etwa über zwei Drittel der Zehenlänge ausgedehnt ist und am Rand des distalen Endes der Zehen allmählich verläuft. Alle Zehen, mit Ausnahme des Daumens, besitzen hier sehr scharfe und ziemlich große Krallen; der Daumen trägt statt dessen eine kleine rundliche, nagelähnliche Platte. Die Krallen sind zurückziehbar; das Zurückziehen ist jedoch, wenigstens bei *Platydictylus* und *Ptychozoon*, nicht ein „Zurückziehen“ wie bei den Katzen, bei denen die Krallen samt der tragenden Endphalanx in tiefe Taschen auf dem Rücken der vorletzten Zehenglieder zurückfedern, sondern es ist vielmehr ein Zurückhebeln, und eine Tasche ist nicht vorhanden. HAASE betrachtet die Fähigkeit der Geckonen, ihre Krallen zurückzuziehen oder nach aufwärts zu richten, als eine „Vorkehrung, welche einen innigen Anschluß der Haftscheibe an die Standebene begünstigt“. Nach meinen Beobachtungen am lebenden *Platydictylus* kann jedoch die Unterseite der Zehe der Unterlage auch bei vorgeschlagener Kralle vollkommen aufgesetzt werden. Bei längerem Verweilen an einer Stelle werden die Krallen stets in die Unterlage eingeschlagen, und sogar an Glaswänden wird es wenigstens versucht. Die Fähigkeit zum Zurückziehen der Krallen kommt in Betracht, wenn die Krallen aus der Unterlage herausgezogen werden müssen. Bei schnellerem Ortswechsel werden sie zurückgehalten, weniger, wie mir scheint, um ihre Schärfe zu erhalten, als vielmehr deshalb, weil während schnelleren Laufens das Einschlagen und Zurückziehen der Krallen dem schnellen Vorwärtskommen hinderlich wäre, zudem aber auch bei dem Vorhandensein anderer Haftapparate unnötig ist.

Nebenbei sei bemerkt, daß wohl eine gewisse Korrelation zwischen Anzahl und Ausbildung der Krallen und der Ausbildung des übrigen Haftapparates zu bestehen scheint; über diese Vermutung zu entscheiden, muß einer vergleichenden Untersuchung vorbehalten bleiben.

FRANZ WERNER (1896) macht darauf aufmerksam, daß die primitiveren Formen der Geckotiden eine ähnliche Zehenbildung wie die übrigen Eidechsen besitzen, während verbreiterte Zehen den phyletisch jüngsten und höchstdifferenzierten Geckonen zukommen. Danach würde *Ptychozoon* zu den letzteren gehören,

worauf übrigens auch andere Eigentümlichkeiten seiner Organisation hinweisen.

Die Unterseite sämtlicher Zehen ist bei *Ptychozoon* wie bei *Platydictylus* in eine einzige Reihe hintereinander liegender, transversal verlaufender Hautblättchen („Lamellen“, „Haftblättchen“, „Haftlamellen“) zerklüftet, so daß es nicht richtig ist, von einer „Haftscheibe“ der Geckotiden zu sprechen, wie es hier und da geschieht. Ebenso ist es unzulässig, die ganze Zehe als einen „Haftlappen“, die Haftlappchen als „Haftballen“ zu bezeichnen, wie es z. B. TANDLER einigemal tut.

Die Haftblättchen verlaufen bei *Platydictylus mauritanicus* annähernd gerade von einem Rand der Zehe zum anderen; bei *Ptychozoon* dagegen verlaufen sie wellenförmig zunächst dem Rande ein wenig nach vorn, während sie in der Mitte tief zurückgebuchtet sind. Welchen Vorteil diese Zurückbuchtung (etwa den einer besseren Haftwirkung?) darbietet, ist mir nicht klar geworden; wahrscheinlich aber entspricht die Zurückbuchtung einem fortgeschritteneren Zustand, denn einesteils verlaufen die proximalen Blättchen jeder Zehe, die wenig ausgebildet sind, in geradegestreckter, transversaler Richtung, andererseits zeigen auch die querverlaufenden Wülste an den Zehen der Embryonen, die sich später zu den Haftlamellen umbilden, noch einen gestreckten Verlauf.

Die mächtigste Ausbildung zeigen die Lamellen im vorderen, verbreiterten Drittel der Zehen und zwar sind etwa die Lamellen 4—7 am besten ausgebildet. Ihre transversale Ausdehnung nimmt nach der Zehenbasis zu allmählich ab und läßt einen allmählichen Uebergang in die gewöhnlichen Schuppen der Zehenunterseite erkennen. Aus diesem allmählichen Uebergang hat schon CARTIER mit Recht geschlossen, daß die Haftlamellen der Geckotiden nichts anderes als eigenartig umgebildete, in der Breite sehr ausgedehnte Schuppen darstellen. Und zwar ist sehr wahrscheinlich jede Lamelle einer einzigen Schuppe homolog, nicht etwa mehreren, reihenweise zusammengeflossenen Schuppen. Für die Schuppennatur der Lamellen spricht ferner, wie HAASE hervorhebt, ihr histologischer Bau und ihre Entwicklung.

Die Haftblättchen sind schräg nach vorn gerichtet; in der Ruhelage, wenn die Haftfunktion nicht ausgeübt wird, oder wenn Ermüdungserscheinungen auftreten, ist jedes vordere (distale) Blättchen zum Teil von dem zurückliegenden (proximalen) Blättchen dachziegelartig bedeckt. Wie man am lebenden Tier beob-

achten kann, können die Blättchen willkürlich steil aufgerichtet werden. Wie dies geschieht, werden wir später noch zu erörtern haben. Der Zwischenraum (das Tal, die Kluft) zwischen zwei Blättchen mündet rechts und links frei nach außen.

Die palmare, der Unterlage zugekehrte Fläche der Haftlappen ist in ihrem vorderen Drittel bis zum freien Rande über mit feinen, biegsamen, äußerst gleichmäßig angeordneten „Härchen“, „Borsten“ oder „Stäbchen“ besetzt, die ein dichtes Polster bilden. Die Härchen sind mit einer starken Lupe gerade noch als solche zu erkennen; sie fühlen sich an, wie eine äußerst feine Bürste oder ein feiner Pinsel. Eine annäherungsweise Schätzung der Zahl dieser Borsten ergab, daß auf einem Haftläppchen im Durchschnitt etwa 30 000 Borsten stehen (weniger auf den vordersten und hintersten, mehr auf den mittleren Läppchen). Eine einzige Zehe hätte danach die respektable Zahl von über 200 000 solcher Haftborsten aufzuweisen. Auf diese höchst eigenartigen Bildungen, die, mit Ausnahme von *Anolius*, von dem sie BRAUN beschrieben hat, in der ganzen Wirbeltierreihe einzig und allein bei den Geckotiden vorkommen, werden wir noch ausführlicher zurückkommen müssen.

Wie man an lebenden Tieren beobachten kann, sind die Zehen der Geckotiden außerordentlich beweglich und geschmeidig; wie kleine dünne Gummiblättchen schmiegen sie sich der Unterlage und ihren Unebenheiten aufs genaueste an, biegen sich, ja rollen sich fast nach oben und hinten zurück. Das vordere Ende der Zehen kann so um seine eigene Achse gedreht sein, daß das Borstenpolster zum Teil nach oben gerichtet ist. Die ganze Zehe kann nach oben und unten umgeschlagen werden und sich so jedem Winkel der Unterlage anbequemen; auch gegenseitig sind die Zehen sehr unabhängig voneinander, so daß die eine Zehe nach oben, die daneben liegende nach unten umgeschlagen sein kann, die dritte zur Seite u. s. w.

Ueber die innere Anatomie der Zehen, besonders über die Muskeln und Blutgefäße, hat TANDLER so erschöpfende Angaben gemacht, daß ich seinem Bericht wenig mehr hinzufügen kann; doch scheint mir auch dies Wenige noch von Bedeutung zu sein.

Grund- und Mittelphalanx sind bei *Ptychozoon homalcephalum* ebenso wie bei *Platydictylus* und *Ptyodactylus* (hier nach TANDLERS Angaben) in der Mitte leicht eingeschnürt, an ihren Gelenkenden aufgetrieben. An ihrer Unterseite haben sie eine längsverlaufende Rinne für die Beugersehne, die nach unten

von einer Sehnscheide umhüllt ist. Bemerkenswert erscheint mir die Gelenkverbindung. Die Grundphalanx besitzt distal einen Gelenkkopf, der jedoch auf der dorsalen Seite mehr gerundet ist als auf der palmaren (oder volaren) Seite. Das proximale Ende der Mittelphalanx besitzt dagegen eine Gelenkgrube, deren Höhlung nach unten und vorn geht, nach oben und hinten dagegen geöffnet ist. Die Gelenkgrube reicht somit unten weiter zurück als oben, weil ihre Wand unten fortsatzartig nach hinten ausgezogen ist. Das Gelenk gestattet also offenbar dorsal eine viel weitere Drehung als volar, und diese eigentümliche Ausbildung scheint somit im engsten Zusammenhang zu stehen mit der Notwendigkeit des erwähnten Zurückrollens der Zehen nach oben. Weniger ausgeprägt ist dieses Verhalten am Gelenk zwischen Mittel- und Endphalanx. TANDLERS halbschematische Figur 9 läßt diese Verhältnisse an den Gelenken gut erkennen; im Text vermissen ich jedoch einen Hinweis darauf.

Mit dem Aufrollen der Zehen im Zusammenhang steht wohl auch, daß der eine Zehenstrecker (der hier eigentlich zu einem Aufwärtsbeuger der Zehen geworden ist), der Extensor brevis, mit seinem Muskelfleisch distal weit abwärts reicht und aufgebündelt als Hautmuskel endet, während der Extensor longus sehnig dem Zehenrücken entlang läuft und am Nagelglied endet. Der Extensor brevis hat offenbar die Aufgabe, nicht allein den Extensor longus in dem Abheben und Zurückbeugen der ganzen Zehe zu unterstützen, sondern auch (was häufig vorkommt!) einzelne Randpartien der Zehen von der Unterlage abzuheben. Dieser lokal beschränkte Zweck wird aber jedenfalls am besten erreicht, wenn die kontraktile Elemente in die Nähe ihrer Wirkungsstätte verlagert sind.

Die Sehne des M. flexor profundus teilt sich vor dem letzten Zehengelenk (nach TANDLERS Befunden, die ich hier HAASE gegenüber, der von einem glatten Muskel spricht, bestätigen kann) in zwei Stränge, von denen der eine zum Knochen des Nagelgliedes, der andere zur Haut geht. Dieser letztere Strang bündelt sich fächerförmig auf, und je ein Bündel teilt sich an der Verbindungsstelle zweier Haftlappchen in zwei Stränge, von denen einer die dorsale Seite des proximal gelegenen, der andere die palmare Seite des distal gelegenen Haftlappchens durchzieht.

Die Umbildung des Extensor brevis wie des Flexor profundus zu Hautmuskeln ist hier wie bei anderen Vorkommnissen als eine Anpassung an die Funktion der Zehen zu betrachten.

Wieder höchst eigenartig und bisher ohne Beispiel sind die Verhältnisse im Blutgefäßsystem der Zehen. Indem ich auch hier wiederum auf die Darstellung TANDLERS hinweise, hebe ich nur jene Befunde heraus, die für das Verständnis des Folgenden notwendig sind, und denen ich etwas hinzuzufügen habe.

HAASE konstatierte in den Haftlappen der von ihm untersuchten Exemplare das Vorkommen „zahlreicher Lymphräume, wie sie LEYDIG (1873) und KERBERT (1876) bei Reptilien zwischen der äußeren Bedeckung und der Muskulatur wahrgenommen haben“. Diese von HAASE beobachteten „Lymphräume“ sind nun in der Tat nicht Lymphräume, sondern Teile von Blutkammern, die in den Zehen unterhalb der Phalangen in großer Ausdehnung vorhanden sind.

Bei *Ptyodactylus lobatus* fand TANDLER, entsprechend der zweireihigen Anordnung der Haftlappen, zwei seitliche größere Blutkammern und eine kleinere mittlere. Bei *Platyedactylus* findet sich nur eine Kammer, entsprechend der einen Reihe von Haftlappchen, ebenso bei *Ptychozoon*. Zwischen Boden und Decke der Blutkammer sind bindegewebige Septen und Säulen ausgespannt, und zwar im peripheren Teile der Blutkammer reichlicher als im zentralen und rückwärts gelegenen Teil. Die abführenden Venen besitzen eine Ringmuskelschicht aus glatter Muskulatur, die jedenfalls darauf berechnet ist, einen raschen Verschluß der abführenden Vene und damit eine Stauung des Blutes in der Kammer herbeizuführen. Ob das Volumen der Blutkammer aktiv verringert werden kann durch die Kammerwand, die aus Bindegewebe, elastischen Fasern und glatter Muskulatur besteht, sowie durch einen (von TANDLER beschriebenen) glatten, fächerförmig aufgebündelten Muskel, der von der Decke zum Boden der Kammer verläuft, ist wahrscheinlich, aber nicht sicher erwiesen.

Während die Blutkammer bei *Platyedactylus annularis* nach TANDLERS Beschreibung im Bereich der distalsten Haftblättchen paarig entsteht und erst unter dem Nagelglied einheitlich wird, bleibt dagegen die Kammer bei *Ptychozoon homalocephalum* bis zu ihrem distalen Ende einfach und unzerteilt.

Die Blutgefäßverhältnisse der Haftlappen bei *Platyedactylus* beschreibt TANDLER folgendermaßen: „Die einzelnen Haftlappchen sind reichlich vaskularisiert; hierbei liegen gerade die größeren Venen der Cutis dicht an. Ob das in den Venen der Haftblätter enthaltene Blut auf dem Wege der Kapillaren dahin gelangt, möchte ich bezweifeln, wenn es mir auch nicht gelungen ist,

zweifelloos einen direkten, also präkapillaren Uebergang von den Arterien zu den Venen festzustellen. Die Venen der einzelnen Haftblätter sammeln sich zu mächtigen Venenstämmen. In jedem Haftblättchen liegt ein solcher Venenstamm rechts und links von der Medianebene der Zehe. Entsprechend jedem Haftblättchen erhält die Blutkammer von links und rechts den Zufluß je eines starken Venenstammes, so daß sie wie doppelt gefiedert erscheint.“ Ich wage nicht zu bestreiten, daß die angegebenen Verhältnisse für *Platydictylus annularis* zutreffen; allein bei *Ptychozoon*, ebenso wie bei *Gecko verticillatus*, von dem ich ein Präparat besitze, ist es anders. Hier gibt die eine Hauptkammer der Zehe nischenartige Seitenkammern an die Haftlappchen ab, die in breitester Verbindung mit der Hauptkammer stehen und sich bis in das distale Ende der Haftlappchen erstrecken. Deutlich läßt sich das an dem Photogramm eines Längsschnittes durch das vordere Ende einer Zehe erkennen (Fig. 1). Auch in den Haftlappchen ziehen säulenartige Stränge von Bindegewebe vom Boden zur Decke herab. Sie sind jedenfalls keine Neubildungen, ebensowenig wie die Septen und Stränge in der Hauptkammer, sondern die Reste des einst in größerer Ausdehnung vorhandenen Bindegewebes unter der Haut. Und die Blutkammern sind meiner Meinung nach nichts anderes als eigenartig umgebildete Teile der Blutgefäße der Zehen. Unter diesem Gesichtspunkte ließe sich vielleicht sagen (die Richtigkeit der TANDLERSchen Angaben vorausgesetzt), daß die Umbildung der Blutgefäße in den Haftlappen bei *Platydictylus annularis* noch nicht so weit vorgeschritten sei wie bei *Ptychozoon* und *Gecko verticillatus*. Daß auch bei *Platydictylus guttatus* die Hauptblutkammer der Zehe sich in die Haftlappchen fortsetzt, ersehe ich aus HAASES Fig. 1. HAASE zeichnet dort die „Lymphräume“, die er im Text kurz bespricht, und ich bin überzeugt, daß seine „Lymphräume“ nichts anderes sind als Teile der Blutkammernischen in den Haftlappen.

So viel zur Anatomie der Geckopfote, soweit sie hier zur Vollständigkeit der TANDLERSchen Untersuchungen und zum Verständnis des Späteren zur Darstellung gebracht werden muß. Ich wende mich jetzt zur Histologie und zur Entwicklung des Haftborstenapparates, wobei ich mich namentlich mit CARTIER, BRAUN und HAASE auseinanderzusetzen habe.

Erwähnt habe ich bereits die eigenartigen „Borsten“, „Härchen“ oder „Stäbchen“, die auf der volaren Seite der vorderen Hälfte des Haftlappens in einem Polster dichtgedrängt zusammen-

stehen. Diese Borsten sind zu Büscheln vereinigt, die in regelmäßigen Reihen der äußersten Schicht der Epidermis aufsitzen. Auf dem Zehenlängsschnitt ergibt sich so ein Bild, wie es etwa eine Zahnbürste, von der Seite betrachtet, darbietet. CARTIER gibt an, daß sich einzelne dieser Büschel leicht loslösen und an ihrer Basis eine trichterförmige Aushöhlung zeigen sollen, welche auf einen kleinen konischen Zapfen der Epidermis passe. Auch gelänge es zuweilen, durch Zerzupfen einzelne Büschel im Zusammenhang mit einem kernhaltigen Teilchen der Schleimschicht zu isolieren.

CARTIER hat sich dabei sicherlich getäuscht; die Büschel, die er durch Zerzupfen erhalten hat, können so, wie er sie beschreibt, wohl aus einer neuen, noch nicht ganz fertig gebildeten und noch innerhalb der Epidermis liegenden Borstengeneration stammen, an deren Basis bis zu einem gewissen Stadium noch Zellen mit Kernen angetroffen werden, niemals aber aus der frei anstehenden, funktionierenden Generation, die an ihrem Grunde niemals Zellen mit Kernen aufweist. Auf keinem meiner Präparate habe ich ferner bemerken können, daß die Basis der Büschel eine trichterförmige Aushöhlung zeigt und mit dieser einem konischen Zapfen der Epidermis aufsitzt. Das kann schon deshalb nicht sein, weil, wie ich gleich zeigen werde, die einzelnen Härchen der Bündel der Epidermis direkt aufsitzen, aus ihr emporsteigen. Auch HAASE erklärt, „daß jedes Büschel gleichmäßig in die oberflächliche Schicht der Epidermis übergeht“.

HAASE nennt nun die Büschel „Gebilde, welche als Fortsätze der äußeren homogenen Epidermisschicht erscheinen“, und setzt hinzu: „sie stellen sich als Stäbchen dar, welche eine zarte Längsstreifung erkennen lassen, und deren freies Ende pinselartig verbreitert ist“. Die erste Angabe ist nach meinen Befunden richtig, die zweite nicht. Vielmehr fand ich (am deutlichsten auf einem abgezogenen Stückchen der Epidermis, das ich auf dem Objektträger hatte eintrocknen lassen), daß die Haarbüschel oder -pinsel schon von Grund auf aus einzelnen Haaren bestehen, die getrennt auf der äußersten Schicht der Epidermis entstehen, bündelweise geschlossen nach unten und vorn ziehen und an ihrem distalen Ende mehr und mehr auseinanderweichen (Fig. 2).

Dabei erscheint mir von größter Wichtigkeit für die Beurteilung der Funktion die Tatsache, daß jedes einzelne Härchen an seinem distalen Ende kurz nach unten umgebogen ist und somit seine winzige Endfläche (nicht Spitze!) genau der Unterlage

auflegen kann. Von der Fläche her betrachtet, sieht man daher bei hoher Einstellung nur die kleinen Endflächen der Borsten. Sie stehen ziemlich regelmäßig in annähernd quadratischen Feldern zusammengeordnet, und jedes Feld erscheint in der Regel selbst wieder in 4 (selten mehr oder weniger) kleine Feldchen eingeteilt. Diese Felder sind etwas unregelmäßig in Quer- und Längsreihen angeordnet; einzelne Längsreihen spalten sich hier und da zu zwei Reihen. Es ergibt somit die Flächenansicht ein Bild, wie ich es in Fig. 3 von einem kleinen Teile der Unterseite eines Haftlappens dargestellt habe.

Daß die einzelnen Härchen der Bündel oder Pinsel tatsächlich isoliert auf der Epidermis entspringen, ergibt sich auch aus ihrer Entstehungsweise, von der wir nachher noch zu handeln haben werden.

BRAUN sagt in seiner Arbeit über die Haftlappen an der Unterseite der Zehe bei Anolius (1882, p. 34): „Die Härchen bei Anolius sind an ihrer Basis nicht miteinander verbunden, wie es bei den Geckotiden fast überall der Fall zu sein scheint.“ Mir ist diese Bemerkung nur eine weitere Stütze für die Behauptung, daß auch bei den Geckotiden die Härchen in den Büscheln nicht miteinander in Verbindung stehen.

Proximal von den Haftborsten, die eine relativ große Länge erreichen (CARTIER gibt $127\ \mu$ an), stehen auf der Unterseite der Haftlappen winzige Härchen in großer Menge. Auch sie entspringen isoliert auf der äußersten Schicht der Epidermis.

Unter der äußersten, härchentragenden Schicht der Epidermis liegen im volaren Teil des Haftlappens zwei Epidermisgenerationen übereinander, eine äußere, zu der auch die funktionierenden Härchen zu rechnen sind, und eine Ersatzgeneration. Auch HAASE hat nie mehr als zwei Generationen vorgefunden, während bekanntlich nach MAURER (1895) in der Oberhaut der Reptilien gleichzeitig drei Generationen, in verschiedenen Stadien der Ausbildung übereinander gelagert, bestehen können. Bei der Häutung, der Abstoßung der äußeren Epidermisgeneration, wird natürlich die äußerste Schicht mitsamt den Härchen abgeworfen, und neu-gebildete Härchen treten an die Stelle der alten.

Die Bildungsstätte der neuen Borsten befindet sich zwischen der äußeren und inneren Epidermisgeneration. Zwischen beiden liegen, in den ersten Stadien der Borstenbildung einander genähert, zwei Lagen sehr großer Zellen übereinander, die wir hier einfach als äußere und innere „Bildungszellen der Borsten“ bezeichnen

wollen. Wie die Zellen selbst, so zeichnen sich auch ihre Kerne durch ihre Größe aus, und bedeutungsvoll ist ferner die Lage der Kerne innerhalb der Bildungszellen. Die Kerne der äußeren Bildungszellen liegen an der äußeren etwas hervorgewölbten Zellgrenze, die Kerne der inneren Bildungszellen liegen an deren inneren Grenze (die Zeichnungen von CARTIER und TODARO sind in dieser Beziehung mangelhaft). Man kann mit einer gewissen Berechtigung, von der Bildungsstätte der Borsten aus gerechnet, den Teil der Zellen, welcher den Kern enthält, als ihre Peripherie bezeichnen, ihren entgegengesetzten als Basis. Die Basen der äußeren und inneren Bildungszellen wären danach einander zugekehrt.

Die Zellen beider Lagen sind auf gewissen Stadien ihrer Ausbildung, zu Beginn der Borstenbildung annähernd gleich groß, kubisch oder kurz-cylindrisch; gleich an Größe, Gestalt und sonstigem Verhalten sind auch ihre beiderseitigen Kerne; gleich, oder kaum verschieden, ist auf diesen Stadien auch ihr tinktionelles Verhalten, und nur selten (auf vorgerückteren Stadien) fand ich die Angabe von HAASE bestätigt, daß das Protoplasma der äußeren Zellen schwächer gefärbt erscheine als das Protoplasma der inneren Zellen.

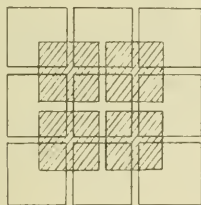


Fig. 1. Von oben.

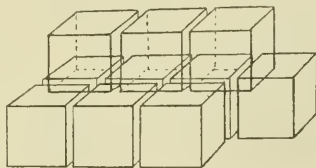


Fig. 2. Halb von der Seite.

Von großem Interesse ist das Lageverhältnis der äußeren und inneren Bildungszellen zueinander. Auf allen meinen Schnitten durch die Haftlappen von Ptychozoon, Längs- wie Querschnitten, bei Erwachsenen und bei Embryonen, ebenso auf den Präparaten des Herrn Professor FRAISSE (Platydactylus und Hemidactylus) zeigt es sich, daß ganz konstant die äußeren Bildungszellen gegen die inneren so verschoben sind, daß immer eine äußere Bildungszelle genau über 2 inneren, und eine innere genau unter 2 äußeren steht. So auf Schnitten. Quer- und Längsschnitt miteinander kombiniert, ergibt somit ein Lageverhältnis, wie es die beiden Textfiguren im Schema zeigen; jede äußere Bildungszelle steht über 4 inneren, jede innere unter 4 äußeren.

In Wirklichkeit dürften, wie sich mir aus verschiedenen Anzeichen wahrscheinlich macht, die Lagebeziehungen sich noch etwas komplizierter gestalten, sei es, daß die Zellen nicht regelmäßig vierseitig-prismatisch, sondern etwa polygonal sind, oder sei es, daß die Zellen jeder Lage für sich wieder gegeneinander etwas verschoben sein können u. s. w.

Es erscheint mir sehr merkwürdig, daß keiner der bisherigen Untersucher diese durchaus regelmäßige und sehr auffallende Lagebeziehung beobachtet hat und ich würde geneigt gewesen sein, sie etwa unter allen bisher untersuchten Arten *Ptychozoon homaloccephalum* allein zuzuschreiben, wenn ich nicht auch Präparate von verschiedenen *Platydactylus*- und *Hemidactylus*-Arten hätte vergleichen können; bei diesen finden sich eben genau die gleichen Verhältnisse. Kommt aber diese konstante Lagebeziehung allen (oder doch den meisten) Geckotiden zu, woran kaum zu zweifeln ist, so sind die Figuren 1, 6, 7, 8, 9, 10 von HAASE in dieser Beziehung sämtlich falsch, ebenso die Figuren 20 und 21 von CARTIER.

In Fig. 5 seiner Arbeit bildet HAASE einen Teil der „intermediären Schicht“ aus dem hinteren Abschnitt eines Haftlappens von einem erwachsenen *Hemidactylus verraculatus* ab, in welchem Abschnitt die erwähnten kleinen Härchen gebildet werden, und hier sieht man sehr deutlich, auch an HAASES Abbildung, die Wechsellagerung der Zellen. Ebenso regelmäßig ist diese Wechsellagerung jedoch auch im vorderen Abschnitt der Läppchen, wo die Haftborsten zur Ausbildung gelangen, und hier versagen die Abbildungen von HAASE völlig, wie sich auch im Text keinerlei darauf hinzielende Bemerkung vorfindet.

Aus dieser eigentümlichen Wechsellagerung der Borstenbildungszellen erklärt sich nun manches. Zunächst die Gruppierung der Borsten zu Bündeln oder Büscheln. Jede innere Bildungszelle ist während der Ausbildung der Borsten durch diese mit 4 äußeren Bildungszellen verbunden, d. h. jede innere Bildungszelle schickt 4 Partien von Borsten ab, die zu 4 verschiedenen äußeren Bildungszellen gehen. Genauer ergibt sich das noch aus der Bildungsgeschichte der Borsten. Aus dieser Verteilung der Zellen erklärt sich ferner die beschriebene Felderung in der Anordnung der Endflächen der Borsten. Ich brauche das wohl nicht näher auseinanderzusetzen.

NICOLAS (1887, p. 413) findet, daß in der Regel einer inneren Zelle 2 Büschel, einer äußeren 3 Büschel entsprechen. HAASE

hält diese Beziehungen „nicht für konstant, namentlich nicht das Verhalten der Büschel zu den äußeren Zellen“. S. 25 seiner Arbeit bemerkt er dann, es vereinigten sich meist die Härchen, welche einer basalen (inneren) Zelle aufsitzen, zu einem Büschel. Ich muß beiden Autoren unrecht geben: man bemerkt, daß auf den Schnitten stets und in allen Entwicklungsstadien von einer inneren Zelle 2 Büschel zu 2 verschiedenen, nebeneinander liegenden äußeren Bildungszellen gehen, und umgekehrt. Stereomatisch umgedacht, ergibt das die angegebenen Verhältnisse.

HAASE beschreibt: „Die äußere Zellgrenze (der inneren Bildungszellen) ist weniger deutlich und dadurch verwischt, daß die Kutikularbildungen (die Borsten) mit ihrem basalen Abschnitt in das Protoplasma eindringen.“ Dagegen sei bemerkenswert, „daß die Kutikularbildungen nicht in das Protoplasma der äußeren Zellen eindringen, sondern sich nur gegen die Basis derselben anlegen“. Demgegenüber habe ich zu bemerken, daß ich die äußeren Zellgrenzen der inneren Zellen stets sehr deutlich gesehen habe und überhaupt Mühe hatte, die Verbindungsweise der Borsten mit den inneren Bildungszellen festzustellen. Nach seinen Zeichnungen zu urteilen, ist es CARTIER ebenso ergangen wie mir, obgleich er nichts darüber sagt. Dagegen stellte ich fest, daß die Borsten gerade in die Basis der äußeren Zellen eindringen; deren innere Zellgrenzen habe ich, mit Ausnahme auf einem Längsschnitt durch die Zehe eines Embryo, überhaupt nicht feststellen können. Immer aber habe ich auch die seitlichen Zellgrenzen der äußeren Bildungszellen bis herunter auf die inneren Bildungszellen verfolgen können, noch bei ziemlich vorgeschrittener Ausbildung der Borsten, wenn die beiden Bildungszellenlagen mehr und mehr auseinanderweichen.

Hier und da glaubte ich, an der Basis der äußeren Zellen einen „keratinisierten Saum“ wahrzunehmen; bei stärkster Vergrößerung mit Immersion löste sich jedoch dieser Saum in die Endpartien der Borsten auf, die somit direkt in das Protoplasma dieser Zellen eindringen, oder vielmehr die Basis dieser Zellen darstellen. Auch ist bei der Ablösung der alten Epidermisgeneration über den neugebildeten Borsten kein zusammenhängender Saum wahrzunehmen. Dieser Saum mag also zuweilen dadurch vorgetäuscht werden, daß die Endpartien der Borsten nur sehr schwer als distinkte Gebilde beobachtet werden können.

Was sind nun aber die „Kutikularbildungen“, die „Borsten“ oder „Härchen“ von Haus aus, in ihren ersten Anfängen?

HAASE ist der Meinung, daß die Bildungszellen der Haftborsten sogen. „Riff- oder Stachelzellen“ darstellen. Auf Schnitten durch embryonale Zehen von *Hemidactylus* sah er im vorderen Abschnitt des Haftlappens die beiden Lagen der Bildungszellen und zwischen beiden einen „ziemlich breiten hellen Saum“, der eine senkrechte Strichelung aufwies. Proximalwärts gehen diese Zellen über in rundliche Zellen, die bei starker Vergrößerung als „Riff- oder Stachelzellen“ erscheinen. Nichts anderes sind nach HAASES Meinung auch die Bildungszellen der Borsten.

Der Ausdruck „Stachel- oder Riffzellen“, der von MAX SCHULTZE (1864) unter der Vorstellung gebildet worden war, daß die einzelnen Zellen durch „Stacheln und Riffe“ ineinander greifen sollten „wie zwei mit Borsten ineinander gepreßte Bürsten“, sollte nachgerade ganz aus der Diskussion entfernt werden, nachdem wir durch HEITZMANN (1873), RANVIER (1875), FLEMMING (1879) und besonders durch die schönen „Untersuchungen über Zellverbindungen“ von SCHUBERG (1903) wissen, daß es sich nicht um Stacheln und Riffe der einzelnen Zellen handelt, sondern um Interzellularbrücken (FLEMMING), Protoplasmabrücken, Zellverbindungen, Plasmodesmen, die das Protoplasma der Zellen kontinuierlich miteinander verbinden.

In der Tat stellen nun, wie HAASE vermutete, die Haftborsten in ihren ersten Anfängen Protoplasmabrücken dar; allein außer diesen interzellulären Partien der Zellen beteiligen sich auch noch intracelluläre an der Bildung der Borsten, wie ich nachher noch zu zeigen habe.

Mit dieser Auffassung, daß die Borsten zwischen den zu trennenden Schichten der Epidermis ursprünglich als Zellverbindungen aufzufassen sind, finden nun nach meiner Meinung auch die sogen. „Häutungshärchen“ ihre Erklärung, die BRAUN (1877) im Darmtraktus von *Astacus fluviatilis* gefunden hatte, und die seitdem in der Diskussion der Häutungsprobleme eine gewisse Rolle gespielt haben. In seiner Arbeit „Zur Bedeutung der Kutikularborsten auf den Haftlappen der Geckotiden“ erklärt BRAUN (p. 236): „Ich suche die Bedeutung der Häutungshärchen darin, daß sie zur mechanischen Trennung der Schichten zum mindesten beitragen, wenn sie sie nicht allein veranlassen.“ „Hätten die Härchen gar nichts mit der Häutung zu tun, so müßten sie (was nicht der Fall ist) doch wohl gleich bei der Bildung der Epidermis resp. ihrer äußeren Lage, die sie später trägt, entstehen.“ Richtig scheint mir an dieser Bemerkung, daß die Trennung der

Epidermisgenerationen bei der Häutung in den intercellulären „Häutungshärchen“, d. h. wie wir sie auffassen: in modifizierten Zellverbindungen erfolgt. Sind sie das in der Tat, dann kann die äußerste embryonale Schicht der Epidermis aus keinem anderen Grunde der „Kutikularhärchen“ ermangeln, weil ihre Zellen nicht mit anderen Zellen nach außen hin in Verbindung stehen. Insofern ist also BRAUNS Begründung seiner Auffassung der „Häutungshärchen“ nicht stichhaltig.

Schließlich erhebt sich noch die Frage, welche Zellen, ob nur die äußeren oder nur die inneren, oder beide, als die Matrices der Kutikularborsten zu betrachten sind.

CARTIER spricht in seiner ersten Studie über den feineren Bau der Epidermis bei den Geckotiden (1872) von den „beiden Matrices der zum Ersatz bestimmten Kutikularhaare“. NICOLAS (1887) behauptet, daß sich das Protoplasma der äußeren Zellen in die Härchen umwandle. Er sagt: „il me paraît incontestable que c'est dans les cellules superficielles, qui seraient d'abord très hautes et envahies progressivement de bas en haut par le kératinisation.“ HAASE endlich (1900) betrachtet die basalen (inneren) Cylinderzellen als die Matrices der Kutikularbildungen, obwohl wie er sagt, die „Riff- und Stachelfortsätze, welche diese im Anfang ihrer Entstehung darstellen, als beiden Zellenlagen zugehörig betrachtet werden müssen“. Allerdings aber konnte HAASE nicht konstatieren, „daß die inneren Cylinderzellen in dem Maße, als die Kutikularbildungen an Höhe zunehmen, niedriger wurden“.

Auf Grund meiner Befunde muß ich mich hier auf den ersten Standpunkt CARTIERS stellen, der allerdings von ihm nicht näher begründet wird und auch aus seinen Abbildungen nicht klar hervorgeht. Ich betrachte also die Zellen der inneren und äußeren Lage als die Matrices der neu zu bildenden Härchen, weshalb ich die Zellen beider Lagen schon von vornherein als „Bildungszellen der Borsten“ bezeichnet habe. Ich stütze meine Ansicht durch folgende Tatsachen:

1) gehören, wie schon HAASE hervorgehoben hat, die ersten Anfänge der Borsten als Zellverbindungen sowohl den äußeren als auch den inneren Zellen an;

2) kann man auf gewissen Stadien der Borstenbildung eine deutliche Differenzierung der Basis der äußeren Bildungszellen in einzelne Stäbchen wahrnehmen, die der Zahl der Zellverbindungen entsprechen und sich als direkte Fortsetzung derselben innerhalb der äußeren Zellen erkennen lassen;

3) wird endlich späterhin die Verbindung der Stäbchen mit den inneren Zellen eine innigere, und diese übernehmen schließlich die Ausbildung der Borsten allein.

Sind diese drei Gründe aus der direkten Beobachtung hergeleitet (vgl. die spätere Darstellung der Entwicklung), so läßt sich meine Ansicht auch noch deduktiv durch die uns schon bekannten Tatsachen stützen:

1) daß beide, die äußeren und inneren Zellen, durch die gleiche auffallende Größe ausgezeichnet sind;

2) daß ihr Protoplasma sich auf verschiedenen Stadien in tinctioneller Hinsicht gleich oder fast gleich verhält;

3) daß der Zellkern in den beiderlei Zellen die gleiche enorme Größe besitzt;

4) endlich, daß der Zellkern in den beiderlei Zellen die gleiche Lage zu den Neubildungen einnimmt.

Diese gleichartige Organisation der Zellen ist nur so zu verstehen, daß sie auch eine gleichartige Funktion zu erfüllen haben. Die Größe der Leitungszellen und ihrer Kerne steht ohne Zweifel in Zusammenhang mit ihrer vermehrten Lebenstätigkeit. Aus der relativen Größe des Zellkernes hat schon der Botaniker SACHS auf eine organisatorische Bedeutung der Zellen geschlossen, und HABERLANDT (*Physiologische Pflanzenanatomie*, 3. Aufl., p. 22) gibt diesem Schluß neue Stützen. HABERLANDT macht auch darauf aufmerksam, daß sich der Kern meist in größerer oder geringerer Nähe derjenigen Stelle befindet, an welcher das Wachstum am lebhaftesten vor sich geht oder am längsten andauert. Das ist aber bei unseren Bildungszellen die innerste resp. äußerste (periphere) Partie, wo nach unserer Darstellung die Kerne zu finden sind. Die Bildungszellen verhalten sich etwa wie Drüsenzellen, die ja auch ihren Kern an der Peripherie besitzen. Ich erinnere endlich noch an die großen Cylinderzellen der Schmelzmembran der Zahnanlagen, besonders der Selachierhautzähne, die auf einem gewissen Stadium mit unseren Bildungszellen eine gewisse Ähnlichkeit besitzen¹⁾, in ähnlicher Weise sich entwickeln, tätig sind und zu Grunde gehen.

Nach alledem sind also die Zellen beider Lagen als die „Bildungszellen der Borsten“ zu betrachten, nicht nur eine von ihnen, wie HAASE, NICOLAS und CARTIER (1874) wollen.

1) Vgl. HERTWIG, *Lehrb. d. Entw.-Gesch.*, 7. Aufl., 1902, p. 353, Fig. 346.

Versuchen wir jetzt, den Verlauf der Bildungsgeschichte der Härchen und die Schicksale ihrer Bildungszellen darzustellen, soweit es die Untersuchungen an Schnittpräparaten gestatten.

Seltsamerweise hat bis jetzt noch keiner der Untersucher die Bildungszellen in statu nascendi angetroffen, und obgleich ich eine ganze Menge von Längs- und Querschnitten verschiedener Häutungsstadien besitze, ist es auch mir nicht gelungen, im Stratum Malpighii Zellteilungen zu beobachten, aus denen etwa die Bildungszellen der Borsten hervorgehen könnten. Auf Stadien, bei denen eben die alte Epidermisgeneration abgeworfen worden ist, sieht man unter der neu zu Tage getretenen Ersatzgeneration schon deutlich die beiden Lagen neuer Bildungszellen, die durch ihre Größe, die Größe und Lage ihres Kernes, sowie durch ihre regelmäßige Wechsellagerung vor den darüber und darunter liegenden Zellen der Epidermis ausgezeichnet sind. Die Zellen der „intermediären Schicht“ (HAASE) zwischen dem Stratum Malpighii und dem Stratum lucidum, die in den proximalen Partien der Haftlappen die Lage der Bildungszellen des vorderen Abschnittes einnehmen, habe ich in ziemlich regelloser Anordnung angetroffen. Gerade an der Uebergangsstelle aber zu den Lagen der Bildungszellen scheint mir die Figur 1 von HAASE (Längsschnitt durch die Zehe eines ausgewachsenen *Platydictylus guttatus*) die Verhältnisse am allerwenigsten richtig darzustellen, indem er die äußeren Bildungszellen distalwärts rasch, fast unvermittelt vergrößert, während er die inneren eine ziemliche Strecke weit ihre geringe Größe beibehalten läßt. Meine Präparate zeigen auch hierin ein gleiches Verhalten der äußeren und inneren Bildungszellen.

Ließ sich nun auch die Entstehung der Bildungszellen nicht direkt beobachten, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, daß sie aus den entwicklungsfähigen Zellen der MALPIGHISCHEN Schicht ihren Ursprung nehmen. Sich auf ihre gesteigerte Bildungstätigkeit vorbereitend, wachsen sie rasch zu enormer Größe heran, auch ihr Kern vergrößert sich seiner Aufgabe entsprechend und rückt in das Zentrum des energischsten Stoffwechsels.

Die ersten Stadien der Neubildung, die auf den Präparaten zu konstatieren sind, zeigen die beiden Lagen der Bildungszellen einander dicht genähert; ein trennender Zwischenraum ist nicht wahrzunehmen. Dies zeigt sowohl ein Längsschnitt durch die Zehe eines Embryos von 9 mm Kopflänge, als auch ein Querschnitt durch die Zehe eines erwachsenen *Ptychozoon* (Fig. 4). Auf einem Längsschnitt durch eine vordere Zehe desselben Em-

bryos sieht man jedoch die beiden Zellenlagen durch einen verhältnismäßig breiten Zwischenraum voneinander getrennt und ihre einander zugekehrten Zellgrenzen deutlich ausgebildet (Fig. 5). Besondere Strukturverhältnisse konnte ich in diesem Zwischenraum nicht entdecken, da ich wegen der Stärke des Schnittes (über 12 μ) die stärksten Vergrößerungen (mit Immersion) nicht mehr anwenden konnte. An der Basis der äußeren Zellen schien hier eine homogene Kutikularschicht gebildet zu sein. Nach dem, was ich an anderen Schnitten gesehen habe, vermute ich, daß auch auf diesem Präparat schon die Anfänge der Differenzierung in „Härchen“ vorhanden waren, und daß die scheinbar homogene Basis in Wahrheit schon in die Stäbchen differenziert war, die ich als die direkte Fortsetzung der Zellverbindungen innerhalb der äußeren Bildungszellen bezeichnet habe. Ich bin aber über dieses Bild nicht ganz zur Klarheit gekommen. Die angegebene Deutung leite ich her aus Stadien, die im folgenden näher beschrieben werden sollen.

Die erste Andeutung der Bildungstätigkeit des Protoplasmas erblicke ich darin, daß die Basis der äußeren Bildungszellen stärker und gröber pigmentiert erscheint als der übrige Teil der Zelle (Fig. 4). Diesem übrigen Teil der Zelle verhält sich in der Färbung gleich das ganze Cytoplasma der inneren Bildungszellen. (Diese erscheinen in der Figur seitlich mehr oder weniger auseinandergedrängt, ein Zustand, dem ich keine Bedeutung beimessen kann.) Es läßt sich also auf diesem Stadium erkennen, daß die Basis der äußeren Zellen an der Bildung der Borsten beteiligt sein muß, bevor noch die inneren Zellen von ihrer Bildungstätigkeit etwas wahrnehmen lassen. Zellverbindungen zwischen den Bildungszellen waren nicht nachzuweisen.

Die stärkere und gröbere Pigmentierung an der Basis der äußeren Zellen erinnert übrigens, worauf ich hier nur kurz hinweisen möchte, einigermaßen an die Nagelbildung bei menschlichen Embryonen, wie sie MINOT schildert, bei welcher sich die Zellen unter Bildung von Eleidin- oder Keratohyalinkörnchen („Stratum granulosum“) in Hornsubstanz umwandeln. Ähnlich dem wandelt sich nach unserer Auffassung die Basis der äußeren Bildungszellen in Hornstäbchen (Härchen oder Borsten) um. Daß dies in der Tat geschieht, zeigt ein folgendes Stadium (Fig. 6).

Die äußeren Zellen sind hier höher geworden, sie haben sich gleichsam gestreckt; ihre seitlichen Grenzen sind deutlich zu verfolgen bis herunter zu den sehr deutlich ausgeprägten äußeren

Grenzen der inneren Zellen, die nach HAASE nicht vorhanden sein sollen. Umgekehrt aber ist eine innere Grenze der äußeren Zellen nicht wahrnehmbar. Bei stärksten Vergrößerungen erkennt man jedoch zwischen äußeren und inneren Zellen einen hellen Saum, in welchem von Zelle zu Zelle gehende Protoplasmaverbindungen zu konstatieren sind. Die Basis der äußeren Zellen ist aber jetzt schon in feine Stäbchen differenziert, die als direkte Fortsetzungen der Zellverbindungen erscheinen. Diese Stäbchen sind äußerst fein, scharf und gleichmäßig; sie nehmen etwa das untere Drittel des Zelleibes ein, dessen Protoplasma gleichmäßig an die Stäbchen heranreicht. Die Endigungen der Stäbchen innerhalb der Zellen sind kaum festzustellen. Das ist begreiflich, wenn man, wie wir es tun, annimmt, daß hier die Differenzierungszone der Stäbchen liegt.

Ein ähnliches Stadium wie das hier beschriebene hatte wohl TODARO im Auge, welches er mit folgenden Worten beschrieb: „In questo stadio si vede che le setole nascono della divisione del protoplasma, e non sono formazioni cuticulari come ha preteso il CARTIER.“

Von jetzt an scheint sich ein bemerkenswerter Wechsel vorzubereiten. Auf einem Stadium, das ich dem eben beschriebenen gegenüber als ein späteres ansprechen muß (Fig. 7), gewinnen die Stäbchen engere Beziehungen zu den inneren Bildungszellen. Bei einer bestimmten Einstellung des Tubus sieht man ein Bild, wie wenn die unteren Zellen fingerförmige Fortsätze nach oben absendeten, die in das Protoplasma der äußeren Zellen hineinreichten. Im Protoplasma lassen auch jetzt noch die beiden Zellenlagen keinen Unterschied erkennen, ebenso sind die Kerne von gleicher Lage und gleicher Tinktion; die seitlichen Zellgrenzen der äußeren Zellen sind auch jetzt noch bis zu den inneren Zellen zu verfolgen, eine Grenze nach innen fehlt.

Auf diesem Stadium ist nun auch bereits die bündelartige Gruppierung der Stäbchen zu erkennen: mit konstanter Regelmäßigkeit gehen von jeder inneren Bildungszelle 2 Bündel nach 2 äußeren Zellen. An ihrer Basis sind die Bündel etwas sammengeschnürt, so daß ein Zwischenraum zwischen 2 nebeneinander liegenden Bündeln entsteht; nach oben zu nähern sie sich und legen sich seitlich aneinander. Die Dicke der Bündel ist ohne Zweifel gleichmäßig, da ja immer genau eine Zellhälfte an der Bildung eines Bündels beteiligt ist. Ihre Ungleichmäßigkeit in Fig. 7 mag daher rühren, daß sie vom Schnitt in verschiedener

Weise getroffen worden sind. Fig. 8 gibt deshalb ein Schema des wahrscheinlichen Verhaltens.

Von nun an schreitet die Entwicklung rasch vorwärts. Ein wenig später sieht man die Stäbchen schon beträchtliche Länge erreichen. Die äußeren Bildungszellen sind in ihren Umrissen noch sehr deutlich erhalten, es zeigen sich aber an ihnen bereits Anzeichen eines Zerfalles. Eine besondere Abgrenzung gegen die Stäbchen hin ist an ihnen nicht nachzuweisen. Die inneren Zellen dagegen haben an Höhe beträchtlich abgenommen, sie platten sich mehr und mehr ab und verhornen.

Kurz vor dem Abwerfen der älteren Epidermisgeneration endlich bietet sich folgendes Bild dar (Fig. 9 u. 10). Von den äußeren Zellen ist nur noch eine dedritische Masse vorhanden, in welcher hier und da zerstreut die letzten Spuren der Zellkerne aufzufinden sind. Ueber den neuen Borsten ist diese Zerfallsmasse schon zum Teil abgehoben mit dem darüber befindlichen Stratum corneum der älteren Epidermisgeneration und ihrem äußersten, Borsten tragenden Häutchen. An den Enden der Borstenbündel lagert nur noch eine ganz dünne, aber auch zerfallene Schicht. Die unteren Bildungszellen sind ganz platt geworden; ihre sehr geschrumpften Kerne sind aber noch nachzuweisen. Die Verbindungsweise der Borsten mit diesen abgeplatteten Zellen läßt sich nicht deutlich bemerken; sie ergeben schließlich die äußerste, härchentragende Schicht der Epidermis. Daß die Härchen dieser Schicht einzeln entspringen, ist schon bemerkt worden.

Unterhalb dieser aus den inneren Bildungszellen hervorgegangenen Schicht ist die Hornschicht der neuen Epidermisgeneration ausgebildet, darunter das Stratum Malpighii, welches keine bemerkenswerten Eigentümlichkeiten darbietet und deshalb in der Zeichnung nur angedeutet ist.

Eigenartig sind aber noch die Vorgänge an der distalen Spitze der Haftlappen, wo die Ablösung der alten Epidermis zuletzt erfolgt. Distal vor den Bildungszellen und diesen zunächst befinden sich große, langgestreckte Zellen, die besonders an einem Präparat von *Hemidactylus spec.* als Fortsetzung der äußeren Bildungszellen sich zu erkennen geben. Der Kern der am nächsten liegenden Zellen liegt noch in der äußeren Peripherie. Weiterhin nehmen diese Zellen an Größe ab und gehen allmählich über in das Stratum intermedium der dorsalen Epidermis des Haftlappens. Meine Befunde stimmen hier mit denen von NICOLAS überein, widersprechen aber denen von CARTIER, der die beschriebenen

Zellen als die Fortsetzung der „inneren Cylinderzellenlage“ betrachtet, sowie denen von HAASE, der in ihnen den Kern nie im peripherischen Abschnitt liegend beobachtet hat, sondern in der Mitte des Protoplasmas.

Diese Zellen nun unterliegen gegen das Ende der Ausbildung der neuen Epidermis einem Umbildungsprozeß, den ich als blasige Degeneration bezeichnen möchte. Das Protoplasma zerfällt oder verschwindet, der Kern tingiert sich sehr stark, wird deformiert und zerfällt schließlich in einzelne Brocken und Schollen. Die Zelle selbst bläht sich in unregelmäßiger Weise mehr und mehr auf. In diesem Zustand, der auf Fig. 10 mit dargestellt ist, erfolgt dann ihre Ablösung von der darunter liegenden, neu gebildeten Epidermis.

II. Zur Physiologie der Geckopfote.

Wie schon seit langer Zeit bekannt ist, können die Geckonen nicht nur an rauen, sondern auch an ganz glatten Gegenständen klettern und verweilen, nicht nur an senkrechten Flächen, sondern auch an der Decke, mit dem Rücken nach unten. Von der Decke sollen sie jedoch öfter herunterfallen (ARISTOTELES u. a.). Nach meinen Beobachtungen haftet *Platydictylus mauritanicus* an Glasscheiben fester als an der rauen Tapetenwand oder an der Holztür. Um ihn von der Glaswand loszureißen, bedurfte es immer einer ziemlichen Kraftaufwendung, woraus zu schließen ist, daß der Gecko sicherlich das Vielfache seines Eigengewichtes tragen könnte. An der senkrechten Wand war der Gecko sicherer als an der Decke, zumal beim Ortswechsel; ich habe ihn jedoch auch an der Glasscheibe mit dem Rücken nach unten hängend halbe Stunden lang beobachten können. WEITLANER (17) fand dagegen, daß ein *Hemidactylus platyurus* an Glaswänden auffallend schlecht kletterte. Es ist jedoch hierbei zu bemerken, daß es bei allen Versuchen und Beobachtungen sehr darauf ankommt, ob das Tier sich in gutem Gesundheitszustand befindet oder nicht; ebenso kommt die Abnutzung der Haftborsten und die periodische Häutung sehr in Betracht.

Das Festhaften der Geckopfote an ihrer Unterlage hat man bisher auf dreierlei Weise zu erklären versucht. Die ältere Annahme war die, daß von den Zehen ein klebriger Stoff abgesondert würde, mittels dessen sich der Gecko gleichsam anleime. Diese

aus verschiedenen Gründen unmögliche Annahme wurde bereits von WAGLER zurückgewiesen (1830); dieser Forscher stellte ihr die „pneumatische Theorie“ gegenüber, indem er sagte, daß es den Geckotiden gelänge, durch Aufdrücken ihrer Füße an die Standebene einen luftleeren Raum zu erzeugen und sich so selbst in senkrechter Stellung selbst den glattesten Gegenständen anzuheften.

Diese Theorie fand späterhin allgemeinen Anklang, wenn auch hier und da noch von „Ankleben“ die Rede war. Um zu zeigen, wie wenig kritisch aber auch die pneumatische Theorie in ihren einzelnen Vertretern gewesen ist, sei es mir erlaubt, die Auslassungen einiger derselben wörtlich anzuführen.

SEMPER (Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere, 1880, p. 247) sagt darüber: „Das Anheften wird durch die unter den Zehen befindlichen Bürstenreihen rein mechanisch in ähnlicher Weise hervorgebracht, wie bei den Saugscheiben der Fliegen oder Blutegel (!). Beim Anpressen des Fußes an eine glatte Wand wird die Luft zwischen beiden gänzlich (!) ausgetrieben, die Elastizität und Steifheit der Haare wird beim Nachlassen des Druckes die Innenfläche des Fußes emporheben, und diese Wirkung wird verstärkt durch besondere Muskeln, welche jeden einzelnen, Bürsten tragenden Lappen zu bewegen vermögen; so entsteht zwischen Wand und Fußsohle (!) ein luftleerer Raum, und der atmosphärische Druck hält dementsprechend den Fuß fest.“

4 Jahre später erklärt SIMMERMACHER in seiner zusammenfassenden Arbeit über „Haftapparate bei Wirbeltieren“ in ähnlicher Weise: „Die Wirkung der Härchen und der Lamellen ist nun eine sehr einfache. Durch Niederdrücken des Fußes werden die Lamellen auseinandergeschoben und damit die zwischen ihnen befindliche Luft ausgetrieben; beim Rückziehen des Fußes kehren die Lamellen in ihre alte Lage zurück, d. h. sie werden wieder aufgerichtet, so daß zwischen ihnen eine Reihe luftleerer Räume entsteht und der ganze Fuß durch den Druck der umgebenden Luft festgehalten wird.“

So gar einfach, wie sich SEMPER und besonders SIMMERMACHER die Sache vorstellten, ist sie nun aber doch keineswegs, und schon BRAUN hatte (1879, p. 36) einen leisen Zweifel geäußert, ohne sich aber näher darauf einzulassen.

Einige gute Beobachtungen über die Funktion der Geckopfote teilte REINHOLD BREHM seinem Bruder ALFRED mit (BREHM, Amphibien und Reptilien, p. 46). „Die Hautblätter auf den Zehen-

scheiben“, schreibt er, „legen sich zur Zeit der Ruhe fächerartig übereinander, so daß die Einschnitte fast gänzlich verschwinden, während sie deutlich sichtbar sind, wenn das Tierchen seine Haftfertigkeit an den Wänden in Anwendung bringen will. Sie fühlen sich an wie Samt. Gleichwie nun dieser an einer ziemlich glatten Fläche bei mäßigem Drucke haften bleibt, ebenso klebt sich der Gecko mit seinen Samthautblättchen an rauhen Wänden an.“ — „Trotzdem“, schließt BREHM seine Mitteilungen, „trotzdem hast Du vollkommen recht, wenn Du sagst, daß der Gecko an senkrechten Flächen festgehalten wird durch den Luftdruck, der zur Geltung kommt, wenn der Gecko die vorher schief zur unteren Zehenfläche geneigten Blättchen senkrecht stellt und dadurch Hohlräume zwischen den einzelnen Blättern entstehen läßt.“

Ebenso wie die bisher angeführten Autoren rechnet auch noch in neuester Zeit TANDLER mit der Möglichkeit, daß zwischen den einzelnen Haftlappen luftleere Räume entstehen könnten, während HAASE das Zustandekommen des Haftens durch die Adhäsion des Haftlappens erklären will. TANDLER meint, „die Sehnenbündel des Flexor sublimis, welche zu den Haftlappen ziehen, könnten die zwischen diesen gelegenen Quertäler vertiefen und damit eine Saugwirkung ausüben“. Andererseits würden, wenn an diesen Sehnenbündeln gezogen wird, die hinteren Enden der fächerförmig ausgebreiteten Haftleisten gelüftet und so durch das Eindringen der Luft die Saugwirkung aufgehoben (p. 319).

Es muß hier jedoch ein für allemal die Möglichkeit ausgeschlossen werden, daß, wie TANDLER, BREHM, SIMMERMACHER und SEMPER annehmen, die Zehe als Ganzes durch Luftdruck an der Unterlage festgehalten werden könnte, indem zwischen den Haftlappchen „luftleere Räume“ gebildet würden. Dies ist vollkommen unmöglich, weil, wie man während des Funktionierens der Zehen deutlich genug bemerken kann, die Zwischenräume zwischen je 2 Haftlappen rechts und links frei ausmünden, so daß die Luft in ihnen wie in Kanälen oder Rinnen hindurchstreichen kann. Es ist auch kein Mechanismus vorhanden, der diese Kanäle rechts und links verschließen könnte, ja, gerade während des Haftens sind die Lappchen weiter entfernt voneinander als während der Ruhe, eine Beobachtung REINHOLD BREHMS, die ich bestätigen kann. Die Meinung also, es könnte die Zehe als Ganzes als ein „Ansaugapparat“ wirken, ist unrichtig und nicht mehr diskutierbar.

Es fragt sich nunmehr, ob etwa jedes einzelne Haftlappchen für sich als Saugapparat wirken könne, oder, wie HAASE in seiner

hier etwas unklaren Darstellung meint, durch Adhäsion festgehalten werden könne. Denkbar wäre ja das erstere insofern, als durch Verkleinerung der Blutkammern in den Haftlappchen die Basis der Lappchen in einem gewissen Umkreis eingezogen werden könnte und somit ein luftverdünnter Raum geschaffen würde. Allein auch das halte ich für ausgeschlossen, ebenso eine Adhäsion der palmaren Epidermis des Haftlappens, die nach HAASE das Festhaften bewirken soll; letzteres deshalb, weil die palmare Epidermis mit der Unterlage gar nicht in Berührung kommt. Zur Begründung meiner Ansicht ist hier zunächst einiges über die Bedeutung der Blutkammern zu sagen und über die Art und Weise ihres Eingreifens in den Haftmechanismus.

TANDLER bemerkt ganz richtig darüber: „Die Blutkammern geben, mit Blut gefüllt, eine bedeutende Plastizität, d. h. das Tier ist dadurch im stande, die Unterfläche des Haftlappens der Unterlage fest und innig anzuschmiegen“; auch da, können wir hinzufügen, wo die Unterlage Unebenheiten zeigt. Falsch ist nur daran, daß die Fläche des Haftlappens mit der Unterlage in Berührung käme. Auch darin ist aber TANDLER weiterhin beizustimmen, daß bei rascher Fortbewegung die Blutkammern gleichmäßig gefüllt seien und eine genaue Adaptation ermöglichen. Dagegen komme ich auf Grund meiner Beobachtungen den Angaben TANDLERS gegenüber zu völlig entgegengesetzten Ergebnissen betreffs der Verhältnisse während des Festhaltens an einer Stelle. TANDLER sagt darüber folgendes (p. 318): „Beim Haften an einer Stelle legt das Tier alle Haftballen seiner Extremitäten dicht an die Unterlage an, und nun erst kontrahiert sich der beschriebene glatte Muskel (der von der Decke zum Boden der Blutkammer zieht) in der Richtung gegen seinen Ansatz, die Stützplatte. Dadurch werden die Seitenkammern nach allen Dimensionen kleiner und es entsteht zwischen der Unterfläche der Haftlappen und der Unterlage ein luftleerer Raum. Das Tier saugt sich gleichsam auf diese Weise an der Unterlage fest. Hierbei ist die abführende Vene offen. Sowie diese geschlossen wird und der Saugmuskel nachläßt, füllt sich die Seitenkammer und die Saugwirkung hört auf.“

Meine Beobachtungen und Schlußfolgerungen ergaben demgegenüber folgendes:

Beim Anheften an die senkrechte oder an die Unterseite einer wagrechten Wand werden die Zehen der Vorder- und Hinterfüße ausgebreitet wie die Strahlen eines hexagonalen Schneekristalls (der Unterschenkel als 6. Strahl gezählt). Dabei sind die Blut-

kammern der Zehen vollgepumpt, was sich besonders an der Straffheit der steil aufgerichteten Haftlappchen erkennen läßt. Währenddem muß also die Ringmuskelschicht an der abführenden Vene in Wirksamkeit treten, d. h. die abführende Vene ist geschlossen. An ganz glatten Flächen, Glas z. B., kann der Gecko augenscheinlich in dieser Lage nicht lange verweilen; an weniger glatten treten die Krallen in Funktion, vielfach wohl ausschließlich. An einem Gecko, der an einer Glasscheibe haftet, bemerkt man nach einiger Zeit eine Art von Ermüdungserscheinungen: die Zehen, und besonders die Haftlappen, werden nach und nach schlaff, die Lappen legen sich nach vorn und aneinander, die Zehen schleifen erst unmerklich, dann aber rascher zurück und legen sich parallel nebeneinander. Bei diesem Vorgang wird also unzweifelhaft die Blutkammer geleert und die Vene muß daher geöffnet sein. Geschieht dieses Schlaffwerden und Zurückschleiten an allen 4 Füßen, so fällt der Gecko ab (an einem Fuße kann er noch sehr gut haften). Will er dagegen weiter hängen bleiben, so streckt er blitzschnell die schlaff gewordenen Zehen wieder vor, breitet sie aus und setzt sie auf. Die Lappchen werden dabei wieder straff und steil aufgerichtet, und nur die Borsten berühren die Unterlage, und zwar mit ihren Endflächen.

Ich betrachte demnach die Blutkammern der Geckoehen als einen Schwellapparat, der in Tätigkeit tritt, wenn und solange die Borsten der Haftlappchen auf die Unterlage aufgesetzt werden.

Aktiv werden die Zehen einfach dadurch von der Unterlage abgehoben, daß die Zehen von der Spitze an nach rückwärts aufgerollt werden, so daß sich die Härchenpolster von der Spitze nach der Basis der Zehe zu allmählich von der Unterlage ablösen. Eintretende Luft (TANDLER, HAASE u. s. w.) oder die Elastizität der Borsten (HAASE) brauchen also bei dem Abheben gar nicht mitzuwirken.

Seit SEMPER (1880) werden die Borsten als feine Stäbchen betrachtet, die „durch ihre Elastizität dazu beitragen, den Fuß schnell wieder von der Unterlage losbringen zu können“. Ebenso meint HAASE: „Hört der auf die Haftscheibe ausgeübte Druck auf, so werden sich die Kutikularbüschel kraft ihrer Elastizität wieder aufrichten, und die sodann eindringende Luft wird die Adhäsion aufheben.“ Daß diese Annahme unnötig ist, glaube ich nun gezeigt zu haben.

Bei schnellerem Ortswechsel habe ich über die Art und Weise der Ablösung der Zehen visuell nichts feststellen können, nur be-

merkte ich stets vor der Flucht ein nervöses Zucken der Zehen, bevor diese selbst von der Unterlage gelöst wurden, ein anscheinendes Bemühen, loszukommen, und dann hörte ich während der raschen Fortbewegung, die in ruckweisen Sätzen erfolgte, immer ein leises Geräusch, wie ein Reißen, Knistern oder dergl.

Daß der Gecko aber nicht mit den Haftläppchen selbst an der Glasscheibe oder irgend einer anderen Unterlage befestigt sein kann, geht daraus hervor, daß kein Teil der Haftlappen mit der Unterlage in Berührung kommt; einzig und allein die Endflächen der Borsten werden aufgesetzt. Es kann also auch der Haftlappen selbst nicht als Ansaugapparat wirken.

Das wirksame Prinzip der Anheftung muß also nach unseren Exklusionen in den Borsten selbst gesucht werden.

Zweierlei Annahmen über die Art und Weise der Anheftung bleiben dabei noch übrig, soweit ich sehen kann. Die eine wäre die, daß die büschelförmige Anordnung der Borsten dabei von Bedeutung wäre. Es könnte nämlich durch Aufdrücken der Borstenbündel die Luft zwischen den einzelnen Borsten jedes Büschels bis zu einer gewissen Grenze ausgetrieben werden; bis die äußere Luft wieder so weit in die feinen Zwischenräume eingedrungen wäre, um einen Ausgleich herzustellen, könnte immerhin eine geraume Zeit verstreichen, in welcher der Luftdruck wirksam sein könnte. Aus Versuchen jedoch, die WEITLANER angestellt hat (l. c.), geht hervor, daß die Geckozehen, sogar die abgeschnittenen, in einem Raum, der bis zu $\frac{6}{7}$ der Totalevakuation ausgepumpt war, noch festhafteten, selbst wenn sie mit einem kleinen Gewichtsstückchen belastet waren. Auch geht aus mancherlei anderen Erwägungen hervor, daß jene Annahme zur Erklärung des Haftens nicht ausreichen würde; es kann unter anderem die Luft zwischen den Borsten durch bloßes Aufdrücken der Zehen niemals so weit ausgetrieben werden, daß der Gecko sogar das Vielfache seines Gewichtes tragen könnte. Jene erste Annahme bleibt also ebenso unwahrscheinlich, wie die, daß der Haftlappen oder die Zehe als Ganzes durch Luftdruck an der Unterlage befestigt werden könnte.

Uebrig bleibt für mich dann nur noch die andere Annahme, daß bei der innigen Berührung der Tausende von kleinen Endflächen der Borsten mit der Unterlage ebensoviele elektrische Doppelflächen gebildet werden, auf welche letzten Endes das Haften der Zehen zurückzuführen wäre.

Da meine Beobachtungen und Versuche in dieser Richtung noch nicht abgeschlossen sind, begnüge ich mich hier mit dieser kurzen Bemerkung.

Fassen wir zum Schluß in einigen Sätzen zusammen, was über das eng begrenzte, aber doch höchst interessante Problem der Geckopfote ermittelt werden konnte.

1) Die aus Schuppen hervorgegangenen, in einfacher oder doppelter Längsreihe hintereinander stehenden Läppchen an der Unterseite der Geckozehen sind in ihrem vorderen Drittel unterseits mit einem dichten Polster sehr regelmäßig angeordneter Härchen (Borsten, Stäbchen) von großer Feinheit besetzt.

2) Die Härchen enden sämtlich mit kleinen Flächen, nicht mit Spitzen; sie sind so orientiert, daß die Endflächen der Unterlage genau aufgesetzt werden können.

3) Die Härchen sind zu Büscheln angeordnet, von denen regelmäßig je 4 wieder näher beieinander stehen; von der Fläche her gesehen, ergibt sich so das Bild einer Felderung, und jedes kleine Feld ist wieder in 4 Feldchen geteilt.

4) Die Härchen jedes Büschels entspringen getrennt auf der äußersten Schicht der Epidermis. Ihre regelmäßige Anordnung zu Büscheln erklärt sich aus ihrer Entstehungsweise.

5) Im Stratum intermedium der Epidermis bilden sich zwei Zelllagen zu Bildungszellen der Borsten heran, indem sie zu beträchtlicher Größe heranwachsen, während ihr Kern aus ihrer Mitte heraus in eine für seine Funktion günstigste Lage wandert.

6) Die Bildungszellen sind in regelmäßiger Wechsellagerung so angeordnet, daß sowohl auf dem Längs- wie auf dem Querschnitt eine Zelle der äußeren Lage genau über 2 Zellen der inneren Lage steht, und umgekehrt. Daraus, als auch aus den regelmäßigen Vierergruppen der Borstenbündel ergibt sich, daß je eine obere Bildungszelle genau über 4 unteren steht, und umgekehrt.

7) Ihren ersten Ursprung nehmen die Borsten aus modifizierten Zellverbindungen. An ihrer weiteren Ausbildung beteiligen sich sowohl die inneren, als auch die äußeren Zellen, in verschiedener Weise und in verschiedenem Maße.

8) Als modifizierte Zellverbindungen werden auch die sogen. „Häutungshärchen“ BRAUNS erklärt.

9) Aus dem intercellulären Ursprung der Härchen erklärt sich ferner, daß auf der äußersten embryonalen Epidermischicht keine Härchen stehen.

10) Unterhalb der Zehenphalangen der Geckopfote befindet sich in der Zehe eine einzige ausgedehnte Blutkammer (bei den Geckonen mit einreihig angeordneten Haftläppchen) oder ein System von Blutkammern (bei den Geckonen mit zweireihig angeordneten Haftläppchen).

11) Die Blutkammer der Zehen setzt sich nischenartig fort bis in die äußersten Spitzen der Haftläppchen.

12) Die abführende Vene dieser Blutkammer ist durch eine Ringmuskelschicht verschließbar.

13) Die Blutkammer stellt einen Schwellapparat dar; er dient dazu, den Endflächen der Borsten eine genaue Adaptation an die Unterlage zu ermöglichen und ist immer gefüllt, wenn die Haftfunktion ausgeübt wird.

14) Die Zehe als Ganzes kann nicht durch Luftdruck an der Unterlage festgehalten werden, da die Zwischenräume zwischen den Haftlappen rechts und links weder geschlossen sind, noch geschlossen werden können.

15) Das Haftläppchen an sich kann auch nicht infolge Luftdruckes festhaften, weil es an keiner Stelle mit der Unterlage in Berührung tritt.

16) Das wirksame Prinzip des Haftens der Geckopfote suche ich in den Borsten selbst.

17) Da es durch das Experiment (WEITLANER) unwahrscheinlich gemacht worden ist, daß etwa die Borsten durch den Luftdruck an ihrer Unterlage befestigt werden könnten, so muß nach anderen Kräften gesucht werden, die die Adhärenz der Zehen bewirken.

18) Ich vermute, daß diese Kräfte elektrischer Natur sind.

Literatur.

- 1) BRAUN, M., 1877/78, Ueber die Bedeutung der Kutikularborsten auf den Haftlappen der Geckotiden. Arb. a. d. Zool. Inst. in Würzburg, Bd. IV.
 - 2) — 1879, Ueber die Haftorgane der Zehen bei Anolius. Ebenda, Bd. V, p. 31—37.
 - 3) CARTIER, O., 1872, Studien über den feineren Bau der Haut bei den Reptilien. I. Abt. Die Epidermis der Geckotiden. Ebenda, Bd. I, p. 83—96.
 - 4) — 1874, II. Abt. Ueber die Wachstumserscheinungen der Oberhaut von Schlangen und Eidechsen bei der Häutung. Ebenda, p. 239—258.
 - 5) HAASE, A., 1900, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Haftlappen bei den Geckotiden. Dissertation, Berlin 1900.
 - 6) HOFMANN, Die Reptilien. BRONNS Klassen und Ordnungen, Bd. VI, Abt. 3.
 - 7) KERBERT, C., 1876, Ueber die Haut der Reptilien und anderer Wirbeltiere. Archiv f. mikr. Anatomie, Bd. XIII.
 - 8) LEYDIG, FR., 1876, Ueber die allgemeinen Bedeckungen der Amphibien. Beilage: Ueber das Hautsekret und die Fußblätter der Geckotiden. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XII, p. 219—221.
 - 9) MAURER, 1895, Die Epidermis und ihre Abkömmlinge, Leipzig.
 - 10) NICOLAS, 1887, Sur l'épiderme des doigts du gecko. Intern. Monatsschr. f. Anat., Bd. IV.
 - 11) SCHUBERG, A., 1891, Ueber den Bau und die Funktion des Haftapparates des Laubfrosches. Arb. a. d. Zool. Inst. Würzburg, Bd. X.
 - 12) — 1903, Untersuchungen über Zellverbindungen. I. Teil. Zeitschrift f. wiss. Zool., Bd. LXXIV, H. 2.
 - 13) SIMMERMACHER, G., 1884, Untersuchungen über Haftapparate an Tarsalgliedern von Insekten. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XL.
 - 14) — 1884, Haftapparate bei Wirbeltieren. Zool. Garten, Bd. XXV.
 - 15) TANDLER, J., 1903, Beiträge zur Anatomie der Geckopfote. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LXXV.
 - 16) TODARO, 1878, Sulla struttura intima della pelle de' rettili.
 - 17) WEITLANER, F., 1902, Eine Untersuchung über den Haftfuß des Gecko. Verh. der Zool.-bot. Gesellschaft in Wien, Bd. LII.
-

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXIV.

Alle Zeichnungen beziehen sich auf *Ptychozoon homalocephalum* und sind (mit Ausnahme von Fig. 1 und Fig. 8) mit dem Zeichenprisma hergestellt.

In den Figg. 4, 5, 6, 7, 8, 9 bedeutet *a* äußere Bildungszellen, *i* innere Bildungszellen.

Fig. 1. Längsschnitt durch die Zehenspitze. Mikrophotogramm. Vergr. etwa 30. Zu äußerst die borstentragende Schicht (abgehoben), darunter die Ersatzgeneration.

Fig. 2. Drei Borstenbündel. *a* ihr distales, umgebogenes Ende, als winzige Endflächen erscheinend, *b* Epidermis, besetzt mit kleinen Härchen.

Fig. 3. Teil des Haftpolsters, von der Fläche gesehen. Leitz, Ok. 1, Obj. 5.

Fig. 4. Querschnitt. Ok. 1, Obj. $\frac{1}{12}$ Imm.

Fig. 5. Längsschnitt von einem Embryo von 9 mm Kopflänge. Ok. 1, Obj. $\frac{1}{12}$ Imm.

Fig. 6. Längsschnitt. Ok. 1, Obj. $\frac{1}{12}$ Imm.

Fig. 7. Längsschnitt. Ok. 1, Obj. $\frac{1}{12}$ Imm.

Fig. 8. Schema zu dem vorigen Längsschnitt.

Fig. 9. Längsschnitt. Ok. 1, Obj. $\frac{1}{12}$ Imm.

Fig. 10. Längsschnitt, Spitze eines Haftlappens kurz vor dem Abwerfen der alten Epidermisgeneration (*a. G.*). Ok. 1, Obj. 7.

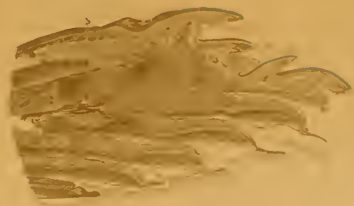


Fig. 1



Fig. 3

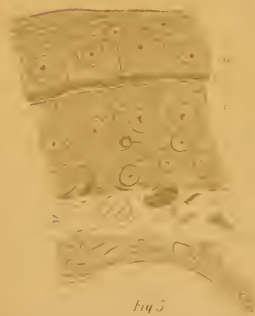


Fig. 5

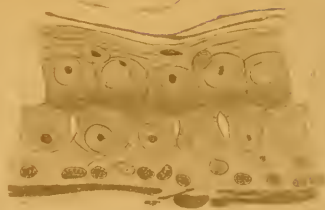


Fig. 4

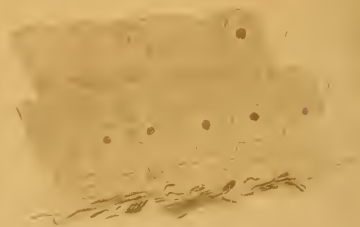


Fig. 6



Fig. 2



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

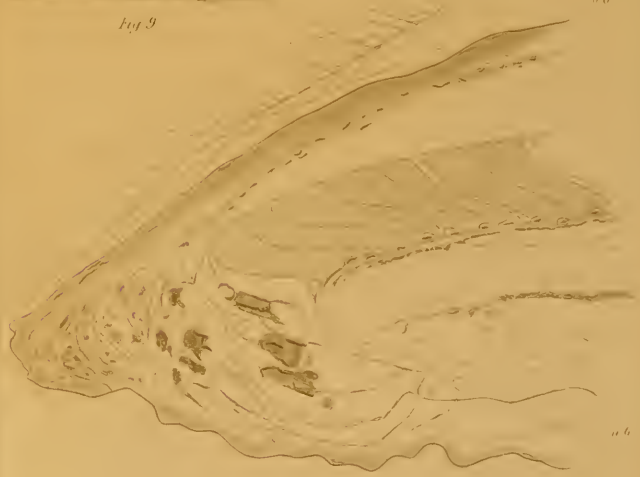


Fig. 10

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [NF_32](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Heinrich

Artikel/Article: [Zur Anatomie und Physiologie der Geckopfote. 551-580](#)