

ÜBER DEN BAU UND DIE FUNKTION

DER

HAFTAPPARATE DES LAUBFROSCHES.

---

VON

DR. A. SCHUBERG.

---

MIT TAFEL V UND VI.

Eine gelegentliche Untersuchung der Zehen des Laubfrosches, die ich vor einiger Zeit unternommen hatte, lehrte mich in glatten Muskelfasern des Endballens der Zehen Elemente kennen, die von den früheren Beobachtern desselben Gegenstandes völlig übersehen worden waren, die jedoch geeignet schienen, möglicherweise zu einer ganz anderen Auffassung des Haftvorganges zu führen, als sie durch die letzten Forscher, welche sich mit diesem Problem beschäftigt hatten, vertreten worden war. Wollte ich mich daher nicht mit dem Nachweise einer einzelnen Thatsache begnügen, sondern auch deren Bedeutung zu erörtern versuchen, so-musste ich den gesamten Bau, sowie die physiologische Bedeutung jener Organe einer erneuten gründlicheren Prüfung unterziehen. Dies ist denn in der That mein Bestreben gewesen, und hoffe ich, dass ich dadurch die Frage nach der Art und Weise der Funktionierung der Haftapparate der Laubfrösche auch um einiges gefördert habe. Leider war mein Material — da ich während des Winters arbeitete — nicht so reichlich, dass ich alle Einzelfragen mit gleicher Vollständigkeit hätte behandeln können, wodurch jedoch, wie ich wohl hoffen darf, das Gesamtergebnis nicht beeinträchtigt wird.

Indem ich die Resultate meiner Untersuchungen, welche auch einige histologische Details von vielleicht allgemeinerem Interesse ergaben, hiermit vorlege, möchte ich die Hoffnung aussprechen, dass die Haftapparate auch der übrigen Laubfrösche, speziell tropischer Formen, sowie diejenigen, welche bei anderen Wirbeltieren vorkommen, recht bald eine erneute Untersuchung erfahren möchten, da die wenigen Angaben, welche hierüber vorliegen, den Gegenstand sicherlich bei weitem nicht erschöpfen, und mit Bestimmtheit noch mancherlei interessante Resultate, sowohl in histologischer, wie in physiologischer Hinsicht zu erwarten sind!<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Mit Freuden ergreife ich übrigens diese Gelegenheit, um Herrn Geh. Rat v. Leydig für die vielfache Anregung, die ich aus persönlichem Verkehr

## I. Bau der Zehen.

Es dürfte wohl kaum nötig sein, auf die äussere Gestaltung der Laubfroschzehen, die ja aus älteren Beschreibungen bekannt sind, genauer einzugehen; nur eine Beobachtung, welche den früheren Forschern entgangen zu sein scheint, sei hier angemerkt. Bei gut konservierten Exemplaren, wie bei frisch abgetöteten Tieren nämlich zeigt sich sehr häufig eine deutliche Längsfurche an der Unterseite des Endballens der Zehen und Finger (Fig. 1). Diese Furche tritt so häufig, und dann meist mit einer solchen Schärfe auf, dass man von vornherein schon die Ansicht, sie möchte die Folge einer einfachen Schrumpfung sein, abweisen muss. In der That wird sich im Verlauf der Untersuchung zeigen, dass sie ihre Entstehung wohl einem anderen Umstande verdanken dürfte (vgl. pag. 94).

Soviel die Litteratur mir bekannt und zugänglich war, habe ich nicht ermitteln können, ob diese Furche bei unserem einheimischen Laubfrosch schon beobachtet wurde; dagegen finde ich z. B., dass Böttger eine ebensolche Bildung, die er sogar als spezifisches Charakteristikum in die Gattungsdiagnose aufnimmt, bei seiner Gattung *Cophyla* beschreibt.<sup>1)</sup> Bei verschiedenen nicht näher bestimmten tropischen Laubfröschen, die ich in unserem Institute vorfand, habe ich übrigens die gleiche Beobachtung gemacht.

Auch der anatomische Bau der Finger und Zehen ist nach den früheren Untersuchungen von v. Wittich (39), Leydig (17) und Dewitz (7), sowie nach dem aus der Anatomie der Gattung *Rana* Bekannten, schon einigermaßen durchgearbeitet. Indessen sind gerade in den Punkten, welche von den Verhältnissen des gewöhnlichen Frosches abweichen, so vor allem in dem Bau der Zehenendballen, die ja für unsere Untersuchung speziell in Frage kommen, mancherlei Dinge bisher noch nicht genau genug erörtert worden; mindestens aber bedürfen sie mit Rücksicht auf die Frage nach der Funktion der Zehen

---

mit ihm empfangen durfte, sowie speziell für das aufmunternde Interesse und die mannigfache Unterstützung mit Litteratur, welche er mir besonders bei dieser Untersuchung in freundlichster Weise hat zu teil werden lassen, auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen!

<sup>1)</sup> (2) pag. 281: „disci scansorii . . . media parte sulco longitudinali bipartiti.“

als Haftapparate einer erneuten Prüfung und Darstellung, die uns für die Beantwortung jener Frage als Grundlage dienen soll.

Indem ich die bei den gewöhnlichen Fröschen obwaltenden Verhältnisse als im allgemeinen bekannt voraussetzen darf, werde ich hauptsächlich die dem Laubfrosch speziell zukommenden Eigentümlichkeiten des Baues der Finger und Zehen einer Besprechung unterziehen. Ich bemerke dabei, dass, wo ich nicht ausdrücklich anderes bemerke, das für „Zehen“ Gesagte allgemein für „Zehen“ und „Finger“ gleichmässig Geltung hat, und dass ich in ähnlicher Weise topographische Ausdrücke, wie z. B. „Plantarseite“ der Kürze halber gleichfalls für die Extremitäten im allgemeinen, also sowohl für Hände wie Füße, gebrauchen werde.

1. Skelet und Muskeln. Das Skelet der Zehen des Laubfrosches weicht vor allem in zwei Punkten von dem bei den übrigen Anuren Bekannten ab: in der Gestaltung und Stellung der Endphalanx, und in der Verbindung der letzteren mit der vorletzten Phalanx.

Während die Endphalanx bei *Rana* und *Bufo* einfach gerundet ist, erscheint sie, wie schon Leydig richtig angiebt, bei *Hyla* „gebogen und spitz auslaufend“<sup>1)</sup> (Fig. 4). Ferner liegt sie — worauf zuerst v. Wittich aufmerksam gemacht hat<sup>2)</sup> — nicht in der durch die übrigen Phalangen bestimmbaren Horizontalebene, sondern bildet mit dieser einen Winkel, der von v. Wittich auf 35° geschätzt wird. Dieser Winkel ist indessen je nach dem Kontraktionszustande der die Endphalanx bewegenden Muskulatur verschieden. Nimmt man eine durch die Gelenkmittelpunkte der vorletzten Phalanx gehende Gerade als einen Schenkel des Winkels, und eine durch den Mittelpunkt des Gelenks zwischen vorletzter und letzter Phalanx, sowie durch die Spitze der letztgenannten gezogene Gerade als zweiten Schenkel, so beträgt er im Maximum, d. h. bei möglichst aufgerichteter Phalanx etwa 40°; seine untere Grenze wird erst später, bei Erörterung des Bewegungsmechanismus der Endphalanx, zu erwähnen sein (vgl. pag. 90). Der zweite, gleichfalls schon durch v. Wittich angegebene Unterschied des Zehenskelets von dem unserer anderen Anuren, die Verbindung der letzten beiden Phalangen miteinander,

<sup>1)</sup> (19) pag. 165.

<sup>2)</sup> (39) pag. 172.

beruht einmal auf der Ausbildung des „Zwischenknorpels“<sup>1)</sup>, andererseits aber auf den spezifischen Modifikationen der Gelenkkapsel, der Sehnen etc., welche der besonderen Funktion des Endballens als Haftapparate ihre Entstehung verdanken.

Wir wenden uns zunächst zur Darstellung des Zwischenknorpels und der ihn berührenden Gelenkflächen, und werden dann auch auf die Gelenke der übrigen Phalangen kurz eingehen.

Das proximale Gelenkende der Endphalanx ist nicht ganz kugelförmig, wie v. Wittich meinte, sondern bloss in der medianen Partie seiner hinteren Hälfte rund; die Seiten, sowie die Unterfläche sind mehr abgeflacht; ausserdem ist es aber bedeutend breiter, als hoch. Nur die mittlere Partie nimmt an der Bildung des Gelenkes teil, das distale Ende der vorletzten Phalanx dagegen besitzt eine Fläche, welche sich etwa folgendermassen beschreiben lässt: Sie ist in der Weise zur Längsachse der vorletzten Phalanx schief gerichtet, dass sie diese in der Richtung von vorn und oben nach hinten und unten schräg abstutzt (Fig. 4). Die obere Kante — wo der Knorpel auch am dicksten ist — erscheint stärker gekrümmt, als die untere und der grössere mittlere Teil der Fläche schliesslich ist ganz schwach konvex, ja fast eben.

Zwischen die beiden soeben beschriebenen einander zugewandten Gelenkflächen der letzten und vorletzten Phalanx schiebt sich nun der von v. Wittich aufgefundenene Zwischengelenknorpel ein (Fig. 4, *zw*). Seine distale und proximale Fläche entsprechen ihrer Form nach den ihm anliegenden Teilen der Phalangen-gelenkflächen, erstere ist also stark, letztere nur schwächer konvex. Im übrigen hat er die Gestalt eines abgestumpften Kegels. Auf Schnitten findet man den Zwischengelenknorpel in der Regel so gelagert, dass er selbst fast vollständig unter dem Gelenkende der vorletzten Phalanx liegt, und dass der proximale Teil des Gelenkendes der letzten Phalanx wiederum unter ihm gelegen erscheint.

Diese Verhältnisse, welche für die Feststellung der Funktionsweise des Gelenkes natürlich von grösster Bedeutung sind, waren bisher noch nicht richtig dargestellt worden, weder hinsichtlich der Gestaltung der Gelenkflächen, noch bezüglich der Lagerung der

<sup>1)</sup> (39) pag. 172.



rieren (Fig. 13), überzeugt sich indessen auch auf Schnitten mit Leichtigkeit von ihrem Vorhandensein.

Leydig dürfte der erste Forscher gewesen sein, welcher diese in den proximal gelegenen Gelenken vorkommenden Zwischenknorpel erwähnt hat.<sup>1)</sup>

Soweit ich die Litteratur kenne, sind bei anderen Anuren bisher derartige Zwischengelenkknorpel aus den Interphalangealgelenken noch nicht angegeben worden; die einzige Angabe, dass sie überhaupt noch bei anderen Amphibien vorkommen, finde ich bei Leydig, welcher solches für *Salamandra atra* anführt.<sup>2)</sup>

Indessen dürfte dies doch vielleicht bloss daran liegen, dass man bisher diesem Punkte überhaupt zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat. Denn, wie ich mich selbst überzeugt habe, gelingt es z. B. auch bei *Rana esculenta* sowohl auf Schnitten, wie durch Präparation, ähnliche Elemente nachzuweisen. Es ist dies nur deshalb hier etwas schwieriger als beim Laubfrosch, weil die Gelenkkapsel und die Bänder viel fester sind und eine innigere Verwachsung zwischen diesen und den Zwischenknorpeln statt hat. Ich möchte daher vermuten, dass die Zwischengelenkknorpel zwischen den Interphalangealgelenken den Anuren, vielleicht sogar den Amphibien überhaupt allgemein zukommende Elemente sind. Indessen dürfte wohl die mächtige Entwicklung des Zwischenknorpels im Gelenk der letzten und vorletzten Phalanx als eine den Laubfröschen speziell zukommende Bildung anzusehen sein; wenigstens fand ich bei *Rana* hier keinen in soleher Weise entwickelten Knorpel vor.<sup>3)</sup>

Die Bandverhältnisse der Gelenke, speziell desjenigen zwischen letzter und vorletzter Phalanx sind schon durch v. Wittich im grossen und ganzen in zutreffender Weise dargestellt worden; ich schliesse ihrer Beschreibung gleich die Schilderung der die Endphalanx bewegenden Muskulatur an.

Die Gelenkkapsel ist im allgemeinen ziemlich locker; doch finden sich namentlich seitlich besonders verstärkte Partien; sie wurden von v. Wittich als seitliche Bänder, *Ligamenta lateralia*, be-

<sup>1)</sup> (17) pag. 27 und (5) pag. 166.

<sup>2)</sup> (19) pag. 166; Taf. IX, Fig. 26.

<sup>3)</sup> Bei einem nicht näher bestimmten tropischen Laubfrosche (*Polypedates?*) fand ich eine noch viel bedeutendere Ausbildung dieses Zwischengelenkknorpels als bei unserer einheimischen Art.

zeichnet und sollen nach seiner Angabe „schräg von der Beugseite der vorderen zur Streckseite der vorletzten Phalanx“ verlaufen.<sup>1)</sup> Der Hauptsache nach stimmen meine Untersuchungen mit dieser Angabe überein, nur finde ich, dass diese verstärkten Partien der Gelenkkapsel hauptsächlich an den Seitenflächen des Gelenkknorpels der letzten Phalanx inserieren und nur ein kleiner Teil von Fasern an der Mitte von dessen Basis sich ansetzt, dass ferner allerdings der grösste Teil der Fasern von den oberen Seitenflächen des Gelenkendes der vorletzten Phalanx entspringt, wiederum aber ein kleiner Teil von dessen Plantarseite seinen Ursprung nimmt. Die seitlichen, von oben herab ziehenden Teile sind sowohl mit dem Ende der vorletzten Phalanx, wie mit dem Zwischengelenkknorpel in Verbindung.

v. Wittich spricht auch noch von einem besonderen „oberen und unteren Kapselband“. Letzteres ist nichts anderes, als die eben erwähnten mittleren basalen Fasern; da diese aber mit den nach beiden Seiten ziehenden zu einem Ganzen vereinigt sind, so kann man nicht eigentlich von gesonderten „Bändern“ sprechen, sondern bloss von verstärkten Partien der Gelenkkapsel, die durch regelmässigeren Verlauf und grössere Stärke der Fibrillen ausgezeichnet sind; dadurch erhalten dieselben allerdings ein bandartiges Ansehen und können der Kürze halber auch als Bänder bezeichnet werden, wengleich sie untereinander zusammenhängen. Ein „oberes Kapselband“ habe ich in keiner Weise bestätigen können. — Von den seitlichen „Bändern“ ziehen ferner Fasern, welche das Gelenk verlassen, gegen die Plantarepidermis zu, um sich zusammen zu einer derben Grenzfaszie zu vereinigen. Wenn man die Haut einer Zehe abpräpariert, so sieht man daher diese Faszie proximalwärts mit zwei seitlichen Zipfeln beginnen (Fig. 2); durchschneidet man die Faszie durch einen Längsschnitt und breitet sie zur Seite, so sieht man ihre Verbindung mit der Gelenkkapsel bzw. mit deren Bändern, sowie das Ende der an die Endphalanx plantarseits antretenden Sehne (Fig. 3).

Die Muskelverhältnisse der Finger und Zehen sind, soweit sie für unser Thema in Betracht kommen, so ziemlich die gleichen wie diejenigen beim Frosche und kann ich daher im allgemeinen auf diese

<sup>1)</sup> (39) pag. 172.

verweisen.<sup>1)</sup> Eine besondere Besprechung erfordern nur die die Bewegung der Endphalanx vermittelnden Muskeln wegen ihrer besonderen Wichtigkeit, sowie wegen einzelner von dem beim Frosche Bekannten abweichender Verhältnisse.

Gebengt werden die Endphalangen durch die *Musculi flexores digitorum longi*, deren lange Endsehnen unterhalb der Phalangen verlaufen, und auf deren genaues Verhalten in der Hand- bzw. Fussfläche hier nicht näher eingegangen zu werden braucht. Die Endsehnen inserieren an den proximalwärts gelegenen Phalangen nicht; dagegen sind sie, wie schon v. Wittich<sup>2)</sup> erwähnt, „durch bandartige Scheiden an diese befestigt“, was ich bestätigen kann. Wenn man nämlich nach Entfernung der Haut auf der Plantarseite der Zehen die Sehne kurz vor ihrem distalen Ende durchschneidet und sie dann proximalwärts abzuheben versucht, so bemerkt man, dass zu diesem Zwecke eine bindegewebige Membran durchrissen werden muss, damit die Manipulation ausgeführt werden kann. Auf Querschnitten durch Zehen erkennt man noch deutlicher diese an den Seiten der Phalangen sich ansetzende Sehnenscheide, welche gewissermassen in den an der Plantarseite der Phalangen befindlichen Lymphraum hereinhängt.<sup>3)</sup>

Die Sehnen der Flexoren treten, wie wiederum v. Wittich zuerst gezeigt hat, mit zwei Ästen an die Endphalanx heran; unterhalb des distalen Gelenkendes der vorletzten Phalanx nämlich spaltet sich die ursprüngliche Sehne in zwei in spitzem Winkel auseinander-tretende Hälften, welche zwischen den von den seitlichen Gelenk-

<sup>1)</sup> Man vergleiche hierzu Ecker (10) pag. 102 ff. u. 123 ff. — In der Terminologie schliesse ich mich an Ecker an. Einige Abweichungen in der Muskulatur der Extremitäten (im Vergleiche mit *Rana*) sind von Klein ([15], pag. 32 ff.) verzeichnet worden; sie betreffen sämtlich Muskeln, welche für uns weniger wichtig sind und deshalb auch nicht hier aufgezählt werden brauchen.

<sup>2)</sup> (39) pag. 174.

<sup>3)</sup> Ecker giebt von *Rana* an, dass „an der Hand von eigentlichen Lymphsäcken kaum mehr die Rede sein könne“ und dass am Fusse „auf der Planta die Haut durch Bindegewebe und zahlreiche Sehnenfäden mit den unterliegenden Teilen zusammenhänge“ ([10] pag. 111 u. 113). Beim Laubfrosch befindet sich unter jeder Phalanx (mit Ausnahme der letzten, wovon unten noch die Rede sein wird), ein zusammenhängender Lymphraum; an der Unterseite der Zehen hängt die Haut nur an den Gelenken mit dem übrigen Zehenkörper zusammen.

bändern zur Plantarfascie ziehenden Fasern hindurchtreten und sich seitlich an das Periost der Endphalanx ansetzen (Fig. 2 u. 3).

Die Extension der Endphalanx bewirken in der Hand der *Musc. extensor digitorum communis brevis*, welcher, wenigstens in dem 3. bis 5. Finger, jeweils eine an der Ulnarseite zur Endphalanx verlaufende Sehne entsendet, sowie die mit ihren Sehnen längs der Radialseite der Phalangen hinziehenden *M. interossei*, im Fusse dagegen die in jeder Zehe paarig vorhandenen *M. interossei*. Die zu beiden Seiten der Phalangen hinziehenden Sehnen der erwähnten Muskeln vereinigen sich jeweils über der vorletzten Phalanx in einer Fascie, in welcher man jedoch, namentlich auch auf Schnitten, die Sehnen noch als dichtere Züge erkennen kann, und setzen sich dann in dieser Form an die Dorsalfläche der Endphalanx an. Diese Verhältnisse, welche mit den beim Frosch obwaltenden im wesentlichen übereinstimmen, haben schon durch v. Wittich<sup>1)</sup> eine zutreffende Schilderung erfahren.

Bezüglich der die übrigen Phalangen bewegenden Muskeln kann auf die Ecker'sche Darstellung für den Frosch, sowie auf die citierten Klein'schen Angaben verwiesen werden. — Von den Interphalangealgelenken — abgesehen von dem bereits beschriebenen zwischen letzter und vorletzter Phalanx — mag noch erwähnt werden, dass jeweils von der Dorsalseite der proximalwärts gelegenen Phalangen durch die ringförmigen Zwischenknorpel je ein starkes Band zur Plantarseite der distalwärts gelegenen Phalangen hindurchtritt.<sup>2)</sup>

Über die feineren Bauverhältnisse des Skelet- und Bandapparates der Zehen und Finger ist folgendes zu bemerken:

Die Phalangen stellen, wie auch bei den übrigen Batrachiern, markerfüllte Röhrenknochen dar, deren knöchernen Teile indessen ziemlich dünn erscheinen. In einem Falle fand ich — was beiläufig erwähnt sein mag — die Markhöhle einer Endphalanx mit hyalinem Knorpel, anstatt mit Knochenmark, erfüllt. Der Knorpel war in diesem pathologischen Falle in direktem Zusammenhang mit dem Gelenk-

<sup>1)</sup> (39) pag. 176.

<sup>2)</sup> Beim Frosch ist dasselbe der Fall; die Gelenke scheinen sich, namentlich in der hinteren Extremität, von denen des Laubfrosches besonders durch eine bedeutende Verstärkung der Gelenkkapsel zu unterscheiden.

knorpel der sonst ganz normalen Endphalanx und erfüllte dieselbe bis zu deren Spitze.

Hinsichtlich der Zwischengelenkknorpel war schon Leydig<sup>1)</sup> seiner Zeit zu der Anschauung gekommen, dass dieselben „nicht aus eigentlichem Knorpel gebildet seien, wie ein solcher nach beiden Seiten hin an den Gelenkknorpeln der Phalangen zum Vergleich sich darbiete, sondern dass sie nach ihrer Struktur, weil aus festem Bindegewebe bestehend, als Bandscheiben anzusprechen seien.“ Das ist in der That in gewissem Sinne richtig, indem nämlich die Zwischenknorpel nicht aus hyalinem Knorpel bestehen, wie die Gelenkknorpel der Phalangen, sondern aus Faserknorpel, den man ja als ein durch Einlagerung von Knorpelzellen modifiziertes Bindegewebe auffassen kann und sogar auch geradezu als „bindegewebigen Knorpel“ bezeichnet hat.<sup>2)</sup> Sie schliessen sich somit hierin dem aus der menschlichen Anatomie über ähnliche Gebilde Bekannten an, da ja auch hier z. B. die Zwischengelenkknorpel des Knie-, Kiefer-, Brustbeingelenks u. a. aus Faserknorpel bestehen.<sup>3)</sup> Schon eine oberflächlichere Betrachtung von Schnitten durch die Zehen lässt erkennen, dass Gelenk- und Zwischengelenkknorpel sich histologisch unterscheiden. Bei Karminfärbung (Boraxkarmin) färbt sich die Grundsubstanz ersterer gar nicht, letzterer dagegen blass-rosa; umgekehrt nimmt erstere Hämatoxylin rasch und begierig auf, während bei den Zwischengelenkknorpeln sich zu gleicher Zeit noch keine Spur von einer Färbung der Grundsubstanz mit diesem Farbstoff erkennen lässt. Ausserdem sind letztere bedeutend reicher an Knorpelzellen als die hyalinen Knorpel der Phalangenenden; dieselben gruppieren sich zu dichten Nestern von länglich spindelförmigem Bau, welche grössere sekundäre Balken von Grundsubstanz zwischen sich frei lassen. Die Anordnung der Knorpelzellengruppen ist im allgemeinen eine konzentrische, was besonders bei den ringförmigen Knorpeln aus den Gelenken der proximalen Phalangen schön zu sehen ist (Fig. 13). In der Grundsubstanz gewahrt man bei stärkerer

<sup>1)</sup> (17) pag. 27.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Frey, Handbuch d. Histologie u. Histochemie, 5. Aufl. 1876, pag. 195.

<sup>3)</sup> Man vgl. die Handbücher der menschlichen Gewebelehre, z. B. Kölliker (16) pag. 309.

Vergrosserung die Fibrillen, welche dieselben in verschiedener Richtung durchkreuzen und den Knorpel als Faserknorpel charakterisieren.

Die Sehnen der Zehenbeuger enthalten, wie dies auch von anderen Anuren und durch Leydig auch von *Salamandra* bekannt ist, an manchen Stellen mitunter Knorpelzellen.<sup>1)</sup>

2. Epidermis. Bei Untersuchung des Integumentes der Haftballen war meine Aufmerksamkeit zunächst auf die eigentümliche, zuerst von Leydig erkannte Struktur der Epidermis der Plantarseite gerichtet; indessen ergaben sich im Verfolge meiner Studien doch mancherlei Beobachtungen, welche mich veranlassen, auch auf den Bau der übrigen, wenn ich so sagen darf, gewöhnlichen Epidermis, wenigstens hinsichtlich einiger Punkte, einzugehen.

Dass ich eine Cuticula, wie man sie bei Amphibien öfters zu finden glaubte, nicht wahrgenommen habe, möchte ich mehr beiläufig bemerken, ohne mich auf eine genauere Diskussion dieses Gegenstandes einzulassen, der meinem eigentlichen Thema ferner liegt. Immer liessen sich — unter Anwendung geeigneter Tinktionsmittel — in der äussersten dünnen Lamelle der Epidermis, auch unmittelbar vor der Häutung die Reste von Kernen noch nachweisen.<sup>2)</sup> Die äusserste Zellenlage, welche an ihrer äusseren Oberfläche einen verdickten Saum — „Cuticularsaum“ (Fig. 11, *cs*) — besitzt, ist die einzige verhornte Schicht; unter ihr befinden sich noch 3—4 Lagen unverhornter Zellen, die sich von ersteren durch meist stärkere Färbbarkeit ihres Protoplasmas unterscheiden. Kurz vor der Häutung hat natürlich auch schon die zweitoberste Lage mehr das Ansehen und den Charakter einer verhornten Schicht angenommen. Alle Zellen stehen durch feine Intercellularbrücken miteinander in Verbindung, auch zwischen der äussersten und der nächstuntersten Schicht konnte ich vor der Häutung die darauf wohl zurückzuführende Strichelung selbst dann noch wahrnehmen, wenn an anderen Körperstellen die erstere sich bereits abzulösen begonnen hatte.

<sup>1)</sup> (19) pag. 166.

<sup>2)</sup> Von den im Laufe dieser Untersuchung angewandten Methoden fand ich hierzu besonders Eosin geeignet, das ich übrigens immer in Verbindung mit Hämatoxylin zur Verwendung brachte. In dem abgebildeten Schnitte (Fig. 11) sind die Kerne der äussersten Schicht nicht eingezeichnet, da sie bei der aus anderen Gründen notwendigen Methode, mit welcher das betreffende Präparat behandelt war, nicht zur Anschauung kamen.

Gemäss dem oben Erwähnten wird natürlich beim Laubfrosch auch stets nur eine Lage verhornter Zellen bei der Häutung abgeworfen, während beim Frosch zwei Zellschichten entfernt werden sollen.

Recht interessante Verhältnisse ergaben sich mir bei Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Epidermis und Cutis.

Seit F. E. Schulze's<sup>1)</sup> Untersuchungen über „Epithel- und Drüsenzellen“ ist bekannt, dass bei den Amphibien die Zellen der untersten Zellenlage der Epidermis mit „kleinen zahn- oder stachelartigen Fortsätzen“ besetzt sind, welche nach seiner Auffassung „eine feste Verzahnung“ mit der Cutis bewirken sollten.

Auch ich habe diese fein gezackten Fortsätze der untersten Epidermiszellenlage wohl bemerkt und gefunden, dass sie — bei Betrachtung eines Schnittes! — oft recht spitz und tief in die Cutis hineinragen; ich habe aber ausserdem gesehen, dass diese spitzen Fortsätze in feine Fäden auslaufen, welche mit den protoplasmatischen Ausläufern der verästelten Bindegewebszellen der darunter liegenden Cutisschicht zusammenhängen; die Ausläufer der Epidermis- und Bindegewebszellen bilden miteinander gewissermassen ein zusammenhängendes Netzwerk (Fig. 11).

Diese Verhältnisse sind am deutlichsten an der Epidermis der Plantarseite der Haftballen zu beobachten, in einer etwas modifizierten Form, die ich weiter unten noch schildern werde. Indessen auch an anderen Stellen der Epidermis kann man sie zur Anschauung bringen. Indem ich mir vorbehalte, bei anderer Gelegenheit auf diesen Gegenstand ausführlicher zurückzukommen, beschränke ich mich hier darauf, einen Querschnitt durch die an der Seite eines Haftballens befindliche gewöhnliche Epidermis abzubilden. Nach dem oben Gesagten brauche ich kaum noch etwas zur Erläuterung der Abbildung hinzuzufügen, die sich wohl von selbst erklären dürfte (Fig. 11).

Schon von älteren Beobachtern war des öfteren angegeben worden, dass Verbindungen zwischen Epithel- und Bindegewebszellen

<sup>1)</sup> (33) pag. 166; hinsichtlich der früheren Beobachtungen über diesen Gegenstand bei anderen Objekten verweise ich auf Schulze's Angaben, *ibid.* pag. 141 f. — Ich werde übrigens an anderem Orte noch selbst Gelegenheit nehmen, genauer auf die diesbezügliche Litteratur einzugehen und darf mich deshalb wohl hier auf diesen kurzen Hinweis beschränken.

vorkämen; indessen scheinen in der neueren Litteratur nicht nur diese Mitteilungen ziemlich in Vergessenheit geraten zu sein, sondern es ist offenbar die Sache selbst auch von Wenigen wieder beobachtet worden. In den Handbüchern vor allem findet man hierüber gar keine Angaben.<sup>1)</sup>

Die einzigen neueren Beobachter, welche von einem Zusammenhang zwischen Epidermis- und Bindegewebszellen — bei Wirbeltieren wenigstens — mit Sicherheit etwas berichten, sind Leydig und P. und F. Sarasin. Bereits im Jahre 1879<sup>2)</sup> suchte Leydig nach Beobachtungen am Integument von Fischen (Petromyzon) wahrscheinlich zu machen, dass dünne Fäserchen, die aus der Epidermis kämen, mit „feinen Ausläufern von Protoplasmazellen“ des Coriums zusammenhängen möchten. Einige Jahre darauf aber (1885) teilte er Untersuchungen an Salamanderlarven (*S. maculosa*) mit, welche die eben erwähnte Angabe bestätigten und in der That nachwiesen, dass „die Zellen des Epithels und jene der darunter gelegenen bindegewebigen Schicht ununterbrochen zusammenhängen.“<sup>3)</sup> Dasselbe melden P. und F. Sarasin von der Larve von *Ichthyophis glutinosus*.<sup>4)</sup>

Indem ich es unterlasse, die verschiedenerlei Modifikationen, welche das Integument an einzelnen Stellen des Körpers darbieten kann, eingehender zu behandeln, wende ich mich nun zur Schilder-

---

<sup>1)</sup> Auf die älteren Angaben in der Litteratur, wie auf die von Darmepithelien und bei Wirbellosen bekannten ähnlichen Verbindungen, behalte ich mir vor, an anderer Stelle genauer einzugehen!

<sup>2)</sup> (21) pag. 172.

<sup>3)</sup> (23) pag. 121 f. Man vergleiche ferner, was Leydig über die Zellen des Eierstockepithels vom Kalbe bemerkt; (24) pag. 360.

<sup>4)</sup> (30) pag. 44. — Ich sehe ab von den Aufstellungen Heitzmanns, welche mir etwas allzu allgemein gehalten und zu wenig durch wirkliche Beobachtungen begründet erscheinen. Heitzmann sagt ([14], pag. 334): „Die Anheftung der Epithelien und Endothelien an das Bindegewebe ist entweder eine direkte und zwar mittels zarter Fädchen, welche den Saum zwischen den Füßen der Epithelien und den benachbarten Fasern des Bindegewebes durchdringen; oder eine indirekte mittels einer zwischengeschalteten Basalschicht. Die letztere ist wahrscheinlich von einem Bioplasonnetz durchsetzt (ich habe dieses in der Bowman'schen Schicht der Hornhaut der Katze gesehen), mittels dessen die Verbindung mit jenem der Epithelien hergestellt wird.“ — Eine genauere Darstellung dieses „Bioplasonnetzes“ kann ich nirgends finden; auch Abbildungen hiervon werden von Heitzmann nicht gegeben.

rung der Epidermis an der Plantarseite der Zehenendballen, welche ja allein hier zu unserem Gegenstande gehört; ich hoffe übrigens, einige weitere Beobachtungen über den Bau der gewöhnlichen Epidermis bei anderer Gelegenheit mitteilen zu können.

Die Epidermis an der Unterseite der Endballen unterscheidet sich auf Längsschnitten durch die Zehen sofort durch ihre bedeutendere Dicke von der gewöhnlichen Epidermis; sie kann letztere um das Anderthalbfache bis Doppelte an Dicke übertreffen (Fig. 4—7). Indessen beruht diese Erscheinung weniger darauf, dass sie sehr viel mehr Zellschichten enthielte, sondern hauptsächlich auf einer Streckung der einzelnen Elemente in einer auf die Plantarfläche senkrecht stehenden Richtung, was schon Dewitz<sup>1)</sup> richtig erkannt hat; während in der gewöhnlichen Epidermis die einzelnen Zellen mehr den Typus von platten oder höchstens kubischen Zellen besitzen, erscheinen die der Plantarseite des Haftballens meistens als kubische oder cylindrische Elemente. Schon v. Wittich<sup>2)</sup> und noch deutlicher Leydig<sup>3)</sup> und Dewitz<sup>4)</sup> haben angegeben, dass die Epidermis an der erwähnten Stelle „aus einer ganzen Anzahl von Lagen“ bestehe, deren Leydig „wenigstens sechs zählte“, während Dewitz 6—8 bemerkte. Ich fand in der Regel gleichfalls sechs oder sieben Schichten. Da die Basen der regelmässig cylindrischen oder kubischen Zellen der einzelnen Schichten zusammen mehr oder minder scharfe Linien bilden, während bei den gewöhnlichen geschichteten Epithelien die Zellen der einzelnen Schichten zwischeneinander hineingeschoben erscheinen, so könnte man das Epithel eigentlich als ein „regelmässig geschichtetes Cylinderepithel“ bezeichnen.

Dewitz hat weiterhin richtig angeführt, dass „die Zellen der äusseren Schichten viel länger als die der inneren sind“, und dass man „bei den inneren die Zellgrenzen nie so deutlich als bei den äusseren wahrzunehmen“ im stande ist.

Mit der eigentümlich regelmässigen Schichtung sind die Besonderheiten des Epithels indessen noch lange nicht erschöpft.

Zunächst zeigt die innerste Schicht von Zellen in sehr schöner Weise die gleichen Verhältnisse zu der darunter gelegenen Cutis,

<sup>1)</sup> (7) pag. 448.

<sup>2)</sup> (39) pag. 177.

<sup>3)</sup> (17) pag. 24.

<sup>4)</sup> (7) pag. 447.

die ich weiter oben schon von einer anderen Epidermisstelle geschildert habe. Nur findet man hier die Fortsätze der Zellen gegen die Cutis zu viel spitzer und schlanker und dichter nebeneinanderstehend, was sie um so leichter bemerklich macht. In der That ist es mir auch hier zum erstenmale gelungen, den Zusammenhang zwischen Zellen des Epithels und der Cutis zu beobachten. Auf Querschnitten durch die Zehen kann man diese Verbindung am leichtesten beobachten (Fig. 9).

Schon die inneren Zellenlagen lassen eine feine Längsstreifung der protoplasmatischen Zellkörper erkennen; noch deutlicher aber tritt dieselbe Erscheinung zu tage, je weiter man von innen nach aussen vorwärts schreitet (Fig. 7). In den mittleren Schichten — am deutlichsten in der zweitobersten — kann man bemerken, dass sie auf einer Differenzierung des Protoplasmagerüstes der Zellen zu fibrillären Zügen beruht, die sich in der Längsachse des Zellkörpers erstrecken (Fig. 8). Es sind jedoch nicht etwa isolierte parallel nebeneinander herlaufende Fibrillen, die sich auf diese Weise ausbilden, sondern zwischen den einzelnen Längszügen des Protoplasmantetzes bleiben steil-schräg verlaufende Verbindungen bestehen. Gleichzeitig beginnt um den Kern, der stets noch ein oder zwei deutliche grosse Kernkörperchen enthält, ein von den inneren nach den äusseren Lagen zu allmählich an Grösse zunehmender heller Hof zu entstehen. Je mehr dieser Hof an Ausdehnung gewinnt, desto mehr werden die fibrillären Züge des Protoplasmas nach der einen Seite des Zellkörpers hin zusammengedrängt. Beobachtet man Längsschnitte durch Zehen von Tieren, welche nicht kurz vor der Häutung stehen, so bemerkt man in der zweitobersten Lage von Zellen von dieser Anordnung noch wenig, dagegen stellt sich bei solchen Präparaten die oberste Schicht in folgender Weise dar (Fig. 8):

Zunächst fällt z. B. bei Karminfärbung auf, dass die äusserste Zellenlage bedeutend schwächer gefärbt ist, als die unteren Schichten; der Körper der Zellen ist fast ganz farblos geworden, zeigt also das Verhalten der verhornten Lagen. Weiterhin erscheinen die Zellen im Schnitte nicht mehr als Rechtecke, sondern als schiefwinklige Parallelogramme, so zwar, dass deren äussere an der Oberfläche gelegene Begrenzungslinie „nach der Spitze der Zehe zu übergelegt“ ist, wie schon Dewitz<sup>1)</sup> richtig angegeben hat. Die

<sup>1)</sup> (7) pag. 448.

derartig rhombisch gewordenen Zellen sind nun durch ihre längere Diagonale in zwei der Struktur nach ungleiche Hälften geteilt. Diejenige dreieckige Hälfte der Zelle, welche mit einer Dreiecksseite an die unterliegende Zellenlage anstösst, besitzt an der Basis bis etwa zur Grenze des untersten Drittels eine blasse und feinkörnige Struktur. Der ganze übrige Teil des Dreiecks wird von dem den Kern umgebenden hellen Hof, sowie vom Kerne selbst eingenommen. Während in den unteren Zellschichten der Kern mehr oder weniger rundlich ist, ein deutliches grosses Kernkörperchen enthält und sich ziemlich distinkt färbt, ist hier in der obersten Zellenlage nicht nur die Färbung des Kerns stets viel schwächer und ausserdem von einem Nucleolus nichts mehr zu bemerken, sondern auch seine Gestalt hat eine eigentümliche Metamorphose erlitten; der Kern hat nämlich eine im allgemeinen eähnliche Form angenommen, deren gegen die Oberfläche der Zelle gerichtete Spitze in der Regel in mehrere, meist stumpf abgeschnittene Fortsätze zerteilt ist.<sup>1)</sup> — Die andere Hälfte der Zellen — also das mit der Spitze an die unterliegende Zellschicht anstossende Dreieck — besteht bloss aus den oben bereits angeführten fibrillären Differenzierungen der Zellsubstanz. Auf medianen Längsschnitten durch die Zellen erkennt man an der Basis nur wenige Fibrillen, gegen das freie Ende der Zelle zu jedoch eine bedeutend grössere Anzahl derselben. Die letzteren erscheinen z. T. als Verzweigungen der an der Basis in geringerer Anzahl vorhandenen Fibrillen und anastomosieren bezw. verflechten sich untereinander. Wie die Untersuchung von anders gerichteten Schnitten durch die Epidermis ergibt, bildet die fibrilläre Struktur der Zellen einen fast unter deren ganzer Peripherie hinziehenden Mantel; auch auf Längsschnitten, welche tangential getroffene Zellen zeigen, lässt sich dies feststellen; bei solchen erscheint natürlich der ganze Zellkörper gleichmässig längsgestreift (vgl. z. B. in Fig. 7). Wie schon die Oberfläche der darunter liegenden Zellen eine verdichtete Zone, einen im Entstehen begriffenen Cuticularsaum, aufweist, so ist ein solcher an der freien Oberfläche der obersten Zellenlage noch schärfer und deutlicher zu erkennen (Fig. 7 u. 8, *cs*). Weiterhin aber verhalten sich die Elemente der letzteren auch in der Hinsicht eigentümlich, dass — auf den Schnitten — von der Oberfläche her spitzwinklige

<sup>1)</sup> Schon Leydig scheint hiervon einige Andeutungen gesehen zu haben; vgl. (17) Taf. I, Fig. 7.

Spalten ein Stück weit zwischen die einzelnen Zellen, gewissermassen keilförmig, vorgetrieben erscheinen (*f*). Betrachtet man das Epithel von der Fläche, so findet man die Ursache dieser Erscheinung darin, dass die einzelnen Zellen an der äusseren Oberfläche durch an den Zellgrenzen verlaufende Furchen voneinander getrennt sind, oder, wie Leydig<sup>1)</sup> sich ausdrückt, „dass das Kopfende der einzelnen Zellen hervorsteht“.

Auch von der fibrillären Differenzierung der Zellsubstanz ist übrigens einiges von demselben Forscher zuerst gesehen worden, indem er von „einer gewissen, von vorn nach hinten gehenden Streifung“ spricht, und ebenso hat er den Cuticularsaum schon beobachtet. Leydig führt jedoch ausserdem „eine andere Streifung“ an, „die mit der ebengenannten nichts zu schaffen habe“, die man an der freien, vom Cuticularsaum bedeckten Fläche bemerke“ und „die auf eine Faltenbildung der Cuticula zurückzuführen sei.“ Diese Streifung ist indessen nichts anderes als die von der Fläche gesehene fibrilläre Differenzierung, die ich oben genauer beschrieben habe und die Leydig als einfache Streifung bezeichnet hatte, weil ihm offenbar keine genau medianen Schnitte vorgelegen hatten. — „Eine mittlere Vertiefung“ an dem „Kopfende“ der einzelnen Zellen, die Leydig gleichfalls angiebt, konnte ich niemals bemerken.

Die soeben gegebene Schilderung der äussersten Zellschicht der Epidermis gilt, wie oben erwähnt, für Tiere, die nicht kurz vor der Häutung stehen. Ist dies aber der Fall, so sind mancherlei Dinge in etwas anderer Weise zu beobachten. Schon Dewitz<sup>2)</sup> — der übrigens die feinere Struktur der Epidermiszellen gar nicht in den Bereich seiner Untersuchung hineingezogen hat, obgleich die Leydig'schen Angaben doch dazu geradezu aufforderten — giebt an, dass „die Zellen der äusseren, während der Häutung gelockerten Zellschicht bedeutend an Länge abnehmen.“ Gleichzeitig mit dieser Verringerung der Dicke der Zellenlage geht aber eine noch excessivere Übereinanderlagerung der einzelnen Elemente übereinander einher, indem dieselben in diesem Zustande beinahe dachziegelförmig angeordnet erscheinen; das freie Ende der Zellen ist dabei natürlich gleichfalls gegen die Spitze der Zehe zu geneigt, wie das ja auch sonst immer der Fall ist (Fig. 7).

<sup>1)</sup> (17) pag. 24.

<sup>2)</sup> (7) pag. 447.

Die zweitoberste Schicht lässt in diesem Falle ein Mittelstadium zwischen den oben beschriebenen Zuständen der äussersten bzw. nächstobersten Lage erkennen (Fig. 7). Man findet nämlich auf median getroffenen Längsschnitten die Teilung der Zellen in zwei Hälften schon angedeutet, die eine der Hälften wird vom Nucleus und dem ihn umgebenden hellen Hofe eingenommen, während die andere von der Zehenspitze abgewandte Hälfte die fibrillären Bildungen enthält; indessen sind einerseits diese letzteren noch nicht an der Basis so zusammengedrängt, andererseits sind die Zellen selbst noch fast gar nicht gegen die Zehenspitze zu geneigt, wie dies in dem oben geschilderten späteren Stadium der Fall ist, wenn dieselbe Zellenlage, nach Abhebung der äussersten Schicht durch die Häutung, selbst zur oberflächlichen Lage geworden ist. Besonders deutlich ist ferner eine zur Oberfläche senkrecht stehende Strichelung des oberen Randsaumes der Zellen, die ich anfangs auf besonders deutlich gewordene Intercellularbrücken zurückzuführen geneigt war (Fig. 7, *cs'*). Genauere Untersuchung indessen, insbesondere an solchen Präparaten, wo sich die äusserste Schicht abgehoben hatte, zeigte klar, dass die Struktur in deutlichster Weise an der nun freien Oberfläche der Zellen selbst sich befand, mithin also den Zellen selbst angehörte. Sie dürfte vielleicht wohl als der in Bildung begriffene Cuticularsaum in Anspruch zu nehmen sein; gestrichelte Cuticularsäume sind ja ohnedies keine Seltenheit, sodass aus diesem Grunde die Deutung kaum etwas Unwahrscheinliches an sich hätte.

Zwischen den einzelnen Zellen beobachtete ich schliesslich auf den Schnitten unmittelbar unter der an die abzustossende Zellschicht angrenzenden Fläche kurz spindelförmige Vakuolen; sie sind nichts anderes als der Ausdruck der im Entstehen begriffenen Furchen, welche die später frei an der Oberfläche liegenden Zellen am „Kopfe“ umziehen, und die ich oben angeführt habe. Ihrer Entstehung nach dürften diese Kanäle (*f'*), die, wie gesagt, auf Schnitten gewissermassen als Vakuolen erscheinen, wohl auf Intercellularräume zurückzuführen sein.

Ohne jetzt schon die funktionelle Bedeutung der eigentümlichen, soeben beschriebenen Modifikation der Epidermis vollständig erörtern zu wollen, wie ich sie zu erkennen vermeine, halte ich es doch für angebracht, die früher in dieser Hinsicht geäusserten Vermutungen schon an dieser Stelle kurz durchzugehen. Es handelt sich natür-

lich hierbei hauptsächlich um die Bedeutung der Streifung der Zellen.

Leydig<sup>1)</sup>, dem Entdecker der Struktur, welcher eine einfache „Streifung“ konstatierte, schien diese deshalb „merkwürdig, da sie ihn durchaus an die beginnende Differenzierung der kontraktilen Substanz zu Muskelstreifen bei gewissen Infuserien erinnerte.“ Nach meiner obenstehenden Schilderung dürfte aber wohl klar sein, dass an eine solche Erklärung, welche von Leydig selbst übrigens später aufgegeben worden ist, nicht mehr gedacht werden darf, da die Fibrillen, welche die „Streifung“ hervorrufen, auf keinen Fall kontraktile Elemente sein können.

Braun<sup>2)</sup> deutete später, wohl ohne das Objekt aus eigener Anschauung zu kennen, die streifige Struktur als den Beginn der Bildung von Häutungshärchen, wie sie aus der Reptilienepidermis bekannt sind. Auch diese Ansicht dürfte indessen durch die einfache Beschreibung als widerlegt betrachtet werden dürfen.

In seiner Schrift „Über die allgemeinen Bedeckungen der Amphibien“ sodann berichtet Leydig<sup>3)</sup> selbst über diese neue Auslegung seiner früheren Beobachtungen, ohne jedoch daran irgendwelche Kritik zu üben.

Auch bei späteren Gelegenheiten äusserte er sich gar nicht oder wenig mehr über die Bedeutung der Struktur, die er dabei als Protoplasmastruktur auffasst.<sup>4)</sup>

Eine ganz andere Bedeutung möchte Pfitzner<sup>5)</sup> den Epidermiszellen aus den Haftballen zuschreiben, indem sie ihm „nach der Abbildung Leydigs eine gewisse Ähnlichkeit mit den sog. Flaschenzellen zu haben scheinen.“ Auch diese Vermutung darf ich nach meiner Beschreibung als wohl nicht weiter diskussionsbedürftig auffassen.

Schliesslich wäre dann vielleicht noch zu erwähnen, dass Kölliker<sup>6)</sup> sie unter denjenigen streifigen Strukturen des Protoplasmas anführt, „welche Beziehung zum Stoffwechsel, in specie zur Säftebewegung zu haben schienen.“ Da die äusserste Zellenlage ver-

---

<sup>1)</sup> (17) pag. 24.

<sup>2)</sup> (3) pag. 160.

<sup>3)</sup> (18) pag. 23.

<sup>4)</sup> Z. B. (22) pag. 46 und (23) pag. 8.

<sup>5)</sup> (28) pag. 513.

<sup>6)</sup> (16) pag. 12.

hornt ist, die Streifung also auf dem Vorhandensein erhärteter Fibrillen in den Zellen beruht, so kann, meiner Ansicht nach, auch diese Auffassung nicht aufrecht erhalten werden.

Ich meine vielmehr, dass diesen fibrillären Bündeln eine mechanische Funktion zukommt, welche auf ihrer Elastizität beruhen möchte. Sie würden gleichsam kleine federnde Apparate darstellen, die bei der Funktion der Haftballen nicht unwichtig zu sein scheinen. In welcher Weise sie hierbei beteiligt sind, und wie sich vor allem einige spezielle Eigentümlichkeiten der ganzen Zellenlage, namentlich in verschiedenen Stadien der Häutung, aufs Einfachste aus dieser Funktionsart herleiten lassen, das kann erst weiter unten des Genaueren ausgeführt werden, nachdem der Mechanismus des Haftapparates in seiner allgemeinen Wirkungsweise auseinandergesetzt worden sein wird.

Schliesslich erübrigt noch, einiges über die Verbreitung der eigentümlichen Epidermismodifikation, sowie über ihren Übergang in die gewöhnliche Epidermis zu bemerken.

In der ersten Schrift, in welcher Leydig<sup>1)</sup> dieselbe beschreibt, spricht er bloss davon, dass sie an der Plantarseite der Endballen vorkomme. Später dagegen sagt er einmal<sup>2)</sup>, dass „sämtliche Finger- und Zehenhöcker, was das Epithel, die Lederhaut und Drüsen anbeträfe, zu ein und derselben Bildung gehörten. Am Endballen träten nur durch die Stellung der letzten Phalanx und die sich ansetzenden Muskeln besondere Verhältnisse ein etc.“ Es dürfte diese Angabe hinsichtlich der Epidermis wohl einem kleinen Versehen zuzuschreiben sein. Weder erwähnt Dewitz etwas derartiges, noch konnte ich selbst hiervon etwas bemerken. An den gewöhnlichen Ballen unter den Gelenken, sowie an der sog. „sechsten Zehe“ ist vielmehr bei *Hyla arborea* die Epidermis durchaus normal. Dagegen kann ich beiläufig erwähnen, dass ich bei einem noch nicht näher bestimmten tropischen Laubfrosch (*Polypedates?*) nicht nur an den Gelenkballen die gleiche Epidermis-Bildung wie an den Endballen beobachtet habe, sondern dass bei diesem Tiere die ganze Epidermis der Plantarseite, auch unter den Phalangen selbst, eine deutliche Längsstreifung aufweist. Die Epidermis ist dabei übrigens bedeutend

<sup>1)</sup> (17) pag. 23 ff.

<sup>2)</sup> (19) pag. 178.

niederer als an den Ballen und besteht, wie auch beim Laubfrosch und sonst in der Regel, aus mehr platten Elementen<sup>1)</sup> (Fig. 14).

Am proximalen Rande des Zehenendballens geht die Epidermis ziemlich plötzlich in die gewöhnliche Struktur über, ohne dass sich hierbei besonders bemerkenswerte Verhältnisse darböten. In der „Ringfurehe“ dagegen findet sich eine besondere Modifikation der Epidermis, welche die Verbindung der gewöhnlichen Epidermis mit der abweichend gebauten der Plantarseite herstellt. Die Zellen sind nämlich nicht nur hier im allgemeinen etwas grösser als gewöhnlich, sondern es springen namentlich auch die grossen hellen Zellen der obersten Epidermislage mit einem gewölbten Rande ziemlich stark vor (Fig. 10).<sup>2)</sup>

3. Cutis. Was die bindegewebigen Teile der Zehen betrifft, so ist, abgesehen von der erwähnten Verbindung der Cutiszellen mit den Fortsätzen der Epidermiselemente, nicht viel zu bemerken.

An der Plantarseite der Endballen findet sich unmittelbar unter der untersten Epidermislage die in der anatomischen Beschreibung erwähnte Grenzfaszie, welche starke in der Längsachse der Zehen verlaufende Bindegewebsfibrillen enthält. Unter ihr, nach dem Innern der Zehen zu, beginnt sodann ein lockeres Bindegewebe sich auszudehnen, welches den ganzen unter der Endphalanx gelegenen Raum erfüllt, soweit derselbe nicht von den noch zu schildernden Drüsen und Muskeln eingenommen wird. Am vorderen Teile des Haftballens, unmittelbar unter der Spitze der Endphalanx und vor den Muskeln und Drüsen wird das Bindegewebe ganz besonders locker und weitet seine Lymphspalten zu einem, nur von wenigen glatten Muskelfasern und Bindegewebelementen durchzogenen Lymphraum aus, der jedoch keine eigene endotheliale Begrenzung erkennen liess, wie sie

---

<sup>1)</sup> Ein eigentümliches Verhältnis zeigte sich hier auch an dem Verhältnis der obersten, abzustossenden, verhornten Schicht zu der darunter liegenden Zellenlage, indem sie nämlich mit keilförmigen Leisten zwischen die einzelnen Zellen derselben eingriff. Löst sich die äusserste Lage los, so bleiben dann ähnliche „Furchen“ um das oberflächliche Ende der Zellen zurück, wie sie beim Laubfrosch am Endballen vorkommen. Die Entstehung derselben ist dagegen, wie hieraus ersichtlich, eine vollständig andere. — Es wäre sehr wünschenswert und gewiss lohnend, einmal die ausländischen Anuren etwas genauer hinsichtlich des histologischen Baues der Epidermis zu untersuchen. Bis jetzt liegen nur sehr spärliche Beobachtungen hierüber vor!

<sup>2)</sup> In einem Falle fand ich in der Epidermis einen Parasiten aus der Klasse der Sporozoen (Fig. 4 u. 5, p); ich werde denselben demnächst genauer beschreiben!

anderen Lymphräumen in der Regel zukommt (Fig. 4, l). Von früheren Autoren<sup>1)</sup> ist das unter der Endphalanx gelegene nicht von Drüsen erfüllte Gewebe als „maschiges Bindegewebe“ beschrieben worden, eine Bezeichnung, die nach dem eben Gesagten, sowie nach den bei Besprechung der glatten Muskelfasern sich ergebenden Resultaten nicht als ganz zutreffend anerkannt werden kann. In dem lockeren Bindegewebe unter der Grenzfaszie, sowie in dem zwischen den Drüsen befindlichen finden sich, an manchen Stellen zwischen den Drüsen sogar ziemlich dicht, Pigmentzellen. An der Oberseite der Zehen dehnt sich — auch im Endballen — unmittelbar unter der Epidermis eine Pigmentzellenlage aus; an der Unterseite dagegen fehlt eine solche oder ist wenigstens nie so dicht und regelmässig.<sup>2)</sup>

4. Drüsen. Ich sehe an dieser Stelle davon ab, auf den bekannten Bau der gewöhnlichen Drüsen der Anurenepidermis des Näheren einzugehen; sie finden sich an den Zehen unter der normalen Epidermis fast überall und fehlen stets nur über dem Gelenke zwischen letzter und vorletzter Phalanx. Nach Leydig<sup>3)</sup> sollten sie auf der ganzen „Rückenfläche der Finger- und Zehenglieder“ vermisst werden, was ich indessen nicht finden kann.

An der Plantarseite treten an ihre Stelle die zuerst von v. Wittich aufgefundenen schlauchförmigen Drüsen, die in dieser Gestalt eine den Haftballen fast ausschliesslich zukommende Drüsenform bei Amphibien darstellen.

Es sind ziemlich lange cylindrische Schläuche, die aus einem einfachen kubischen oder cylindrischen Epithel bestehen und ein deutliches Lumen besitzen. Die längsten der Drüsen besitzen in der Regel einen unter der Endphalanx nach oben und vorn ansteigenden Anfangsteil, der sich dann in einer nach der Plantarseite zu absteigenden und in den Ausführungsgang übergehenden Teil fortsetzt, sodass die Gestalt der Drüsen hakenförmig erscheint. Die Ausführungsgänge, welche über die ganze Sohle zerstreut ausmünden<sup>4)</sup>,

<sup>1)</sup> (17) pag. 27 und (7) pag. 450.

<sup>2)</sup> Während Dewitz, ebenso wie ich meistens, an der Plantarseite unter der Epidermis keine eigentliche Pigmentschicht fand ([7] pag. 448), wird von Leydig auch an dieser Stelle eine solche abgebildet ([17] Taf. I, Fig. 4).

<sup>3)</sup> (18) pag. 80 und (19) pag. 178.

<sup>4)</sup> Dies hat zuerst Dewitz ([7] pag. 449) richtig erkannt, im Gegensatz zu Leydig, welcher angegeben hatte, dass alle Drüsen in der die Endballen der Zehen umziehenden „Ringfurche“ ausmündeten ([17] pag. 27).

durchsetzen die Epidermis in der Regel etwas schief und bestehen aus einem eigenen platten Epithel, dessen langgestreckte Kerne in der Epidermis leicht unterschieden werden können (Fig. 7). Die oberste verhornte Schicht der Epidermis senkt sich stets durch die ganze Tiefe der Epidermis in die Ausführungsgänge ein, sodass also das Epithel des Ausführungsganges zweischichtig ist, wenigstens kurz vor der Häutung. Bei der Häutung werden diese eingesenkten „Trichter“ in Zusammenhang mit der übrigen Hornschicht abgestossen, wie man sich an Schnitten von in der Häutung befindlichen Tieren leicht überzeugen kann. Auch bei Maceration der Zehen in Drittelalkohol gelingt es, dieselben in Zusammenhang mit der obersten Epidermis-lage abzuziehen. Stets ist hier, wie auch in letzterer und in den Ausführungsgängen der gewöhnlichen Drüsen, der Nachweis von dem Vorhandensein von Kernen zu erbringen, sodass man also nicht von einer Auskleidung durch eine Cuticula sprechen kann, wie dies z. B. auch Dewitz<sup>1)</sup> noch gethan hat. Dewitz hat übrigens die Schlauchdrüsen am genauesten, und namentlich auch in verschiedenen physiologischen Zuständen untersucht.<sup>2)</sup> Ferner wird richtig von ihm<sup>3)</sup>, sowie früher schon von Leydig<sup>4)</sup> erwähnt, dass auch an den unter den Gelenken befindlichen Ballen ähnliche, nur kürzere Schlauchdrüsen sich vorfinden. — Vom Sekrete der Drüsen wird weiter unten zu handeln sein.

5. Muskeln. Ein nicht unwichtiger Unterschied der Schlauchdrüsen von den gewöhnlichen Schleimdrüsen besteht in dem Fehlen der den letzteren allgemein zukommenden und sie regelmässig umhüllenden Muskellage, welche aus einer Reihe von Untersuchungen anderer Forscher näher bekannt geworden ist. An deren Stelle treten dagegen recht zahlreiche andere glatte Muskelfasern, die merkwürdigerweise bisher ganz übersehen worden sind.

Wie ich oben schon erwähnte, berichten sowohl Leydig<sup>5)</sup> wie Dewitz<sup>6)</sup>, dass bloss ein lockeres maschiges Bindegewebe, dessen geräumige Maschen mit Lymphe erfüllt seien, das Innere der vor-

<sup>1)</sup> (7) pag. 449.

<sup>2)</sup> (7) und (6).

<sup>3)</sup> (7) pag. 448.

<sup>4)</sup> (19) pag. 178.

<sup>5)</sup> (17) pag. 27.

<sup>6)</sup> (7) pag. 450.

deren Hälfte der Endballen einnehme; und auch v. Wittich<sup>1)</sup> schon spricht bloss von einem „an kernfaserigen Gebilden reichen Bindegewebe“. Alle betonen weiterhin ausdrücklich, dass muskulöse Elemente durchaus fehlten.<sup>2)</sup>

Nichtsdestoweniger sind solche in reichem Masse vorhanden, ja die glatten Muskelzellen, die man hier findet, sind sogar zum Teil in ganz dichten Zügen und in bestimmter Art angeordnet. Jede Serie von Längs- oder Querschnitten ist im stande — gleichviel welche Methoden man anwendet — den Beweis hierfür in genauester Weise zu erbringen, und ich habe auch in der That sofort bei den ersten Längsschnitten, die ich durch eine Zehe anfertigte, dieselben beobachten können.

Von der Spitze der Endphalanx aus ziehen insbesondere zwei symmetrisch divergierende starke Bündel von glatten Muskelfasern gegen die plantare Grenzfaszie zu, in welcher sie sich befestigen. Die Richtung dieser Bündel, welche in einer gegen das proximale Ende der Plantarseite geneigten Ebene von der Spitze der Endphalanx aus sich erstrecken, ist schuld daran, dass man sie bei reinen Längs- oder Querschnitten, die man aus anderen Gründen meist anfertigt, niemals in ihrem ganzen Verlaufe auf einem Schnitte zu Gesichte bekommt, sondern immer nur schief abgeschnittene Stücke derselben. Bei Benutzung von Serien jedoch ist es nicht schwer, festzustellen, dass dieser Verlauf in der That ungefähr in der Richtung der erwähnten Ebene stattfindet (Fig. 4—6, *m*). Die Bündel beginnen dabei spitz an dem oberen distalen Ende der Endphalanx und verbreitern sich gegen die Grenzfaszie zu etwas, sodass sie, im ganzen genommen, beide kegelförmige Gestalt besitzen. Ausser diesen dichteren Gruppen von glatten Muskelzellen, die durch ihre langgestreckten Kerne und ihre spezifische Färbbarkeit aufs genaueste charakterisiert sind, findet man noch dünnere aus wenigen Zellen bestehende Züge, welche, gleichfalls von der

<sup>1)</sup> (39) pag. 177.

<sup>2)</sup> (39) pag. 177, (17) pag. 25, (7) pag. 447. — Die einzige Angabe, welche über „Muskeln“ gemacht wird, ist die oben angeführte Stelle aus einer Leydig'schen Arbeit ([5] pag. 179), wo von „an die Endphalanx sich ansetzenden Muskeln“ die Rede ist (s. S. 78). Wie Herr Geh. Rat v. Leydig auf meine Anfrage mir mitzuteilen die Güte hatte, sind jedoch hiermit nicht die glatten Muskelfasern, sondern die „Skelettmuskeln“ gemeint.

Spitze der Endphalanx ausgehend, den centralen Lymphraum des Endballens durchziehen. Ferner sind auch in das die Schlauchdrüsen umgebende Bindegewebe einzelne gleiche Elemente eingebettet, die in der Regel mehr in der Längsrichtung der Drüsen verlaufen, niemals aber, soviel ich sehe, dieselben in der regelmässigen Weise umkleiden, wie das bei dem Muskelmantel der gewöhnlichen kugligen Hautdrüsen der Fall ist. Schliesslich sind dann noch ähnliche dünne Züge in verschiedenen Richtungen durch den centralen Lymphraum und das Bindegewebe ausgespannt, von denen jedoch besonders einige in querer Richtung die Zehenballen durchsetzen. Sie scheinen etwa in der Mitte der Plantarseite zu beginnen und von hier nach den beiden Seiten der Zehen, gegen die Ringfurche zu, zu verlaufen. Die Kontraktion dieser querverrichteten Muskelfasern muss, wenn die Zehen auf keiner Unterlage aufliegen, eine mediane Furche erzeugen: eben jene, welche oben als eine sehr gewöhnlich bei konservierten Tieren vorkommende Erscheinung angeführt wurde.

Die unter den Gelenken befindlichen Ballen, welche, wie bereits erwähnt, auch Schlauchdrüsen enthalten, sind gleichfalls ziemlich reich an glatten Muskelfasern.

Auf den Bau der Nerven und Gefässe in den Zehen, welcher der normale ist, braucht nicht näher eingegangen zu werden. Die Kapillaren, welche in den Endballen die Schlauchdrüsen umspinnen, verlaufen im allgemeinen in der gleichen Richtung wie diese.

## II. Funktion der Zehen als Haftapparate.

Die bisherigen Angaben über die Funktionsweise der Zehen als Haftapparate gehen zum Teil sehr auseinander. Es dürfte am Platze sein, die wichtigsten Vorstellungen, die man sich in dieser Hinsicht gemacht hat, kurz darzulegen, da sie uns gleichzeitig zu zeigen imstande sind, in welchen Richtungen unsere eigenen Untersuchungen sich zu bewegen haben werden.

Auf dreierlei Weise hat man die Fähigkeit der Laubfrösche, an senkrechten oder überhängenden Flächen festhaften zu können, zu erklären versucht: durch Saugwirkung, durch Adhäsion und durch Kleben.

Die älteren Forscher haben sich teils für die erstere, teils für die letztere Erklärungsart ausgesprochen. So sagt z. B. Rösel<sup>1)</sup>: „Es würde der Laubfrosch schwerlich auf den Bäumen wohnen können, wenn er nicht, für allen anderen Froscharten, gleich den Erdschnecken, eine schleimichte und klebichte Haut hätte, vermöge welcher er sich leichtlich an alle Körper anhängen kann.“ Dagegen behauptet Wagler<sup>2)</sup>: „Die Zehen der Baumfrösche haben an ihrer Spitze einen kreisförmigen Hautsaum, der zur Erzeugung eines luftleeren Raumes zwischen der Zehenspitze und ihrer Standebene dient.“ Vorsichtiger drücken sich Bergmann und Leuckart<sup>3)</sup> aus, indem sie bloss von „einer eigenen Beschaffenheit der Haut der Fingerfläche“ sprechen, „welche gleichsam (!) ein Ankleben an Wänden u. dergl. möglich macht.“ Indessen gründen sich diese Angaben der älteren Forscher, von denen ich bloss einige als Beispiele anführen wollte, keineswegs auf eine genauere Untersuchung der Haftapparate oder gar auf eine experimentelle Prüfung des Vorgangs. Beides versuchte meines Wissens erst v. Wittich in der bereits vielfach citierten Abhandlung. Er gelangte dabei auch als erster zu der Anschauung, dass das Festhaften der Laubfrösche auf einem Adhäsionsvorgang beruhe. Das Resultat seiner Untersuchungen fasste er dahin zusammen<sup>4)</sup>, „dass kein physikalischer Grund der Annahme entgegensteht, dass das Haften der Zehenglieder durch eine innige Adhärenz bewirkt wird, die zunächst ihren Grund in dem Niederdrücken der Endphalanx und dem damit verbundenen Anpressen des Haftballens, dann aber in der durch die Sekretschicht erzeugten Kapillarattraktion hat.“ Er bemerkt ferner ausdrücklich<sup>5)</sup>, „dass zu dieser indirekten Mitwirkung das Sekret keiner sehr bedeutenden Klebrigkeit bedürfe.“

Die späteren Forscher, welche unseren Gegenstand nach v. Wittich untersuchten oder sich bei anderer Gelegenheit darüber äusserten, haben meistens wieder zur „Saugnapftheorie“ oder zur „Klebtheorie“ ihre Zuflucht genommen. Angeschlossen hat sich ihm, meines Wissens, nur Simmermacher, der allerdings die Verhältnisse beim Laubfrosche nicht aus eigener Anschauung gekannt zu haben scheint.

<sup>1)</sup> (29) pag. 40.

<sup>2)</sup> (36) pag. 297.

<sup>3)</sup> (1) pag. 343.

<sup>4)</sup> (39) pag. 181.

<sup>5)</sup> (39) pag. 180.

Einmal zieht er dieselben bei Beurteilung der ähnlich wirkenden Einrichtungen an Insektenbeinen zum Vergleiche heran<sup>1)</sup>, dann aber bespricht er sie auch in einer kompulatorischen Bearbeitung der sämtlichen bei Wirbeltieren<sup>2)</sup> vorkommenden Haftapparate.

Eine wirklich saugnapfartige Wirkungsweise der Haftballen der Laubfrösche wird eigentlich von keinem der auch mit ihrer Anatomie genauer bekannten Forscher angenommen. Denn das, was Leydig hierüber im Jahre 1868 ausgesprochen hat, ist im Grunde genommen nur eine Modifikation der Wittich'schen Ansicht, höchstens eine Art von Kombination der letzteren mit der erstgenannten Erklärungsweise durch Saugwirkung. Die im I. Teile meiner Arbeit genauer geschilderte, von Leydig zuerst aufgefundene „eigentümliche Längsstreifung in der Substanz des Protoplasma“ der Epidermiszellen hatte ihn nämlich zu der Vermutung geführt, „dass durch lebendige Zusammenziehung dieser Streifen das freie Ende der Zellen schüsselförmig eingezogen würde und so die einzelne Epidermiszelle wie ein kleiner Saugapparat wirke.“ Er war daher „geneigt, in einem gewissen Gegensatz zu Wittich, der den Grund des Anheftens der Zehenballen lediglich in dem durch Niederdrücken der Endphalanx erzeugten Anpressen und in der durch die Sekretschicht bedingten Kapillarattraktion sucht, neben diesen beiden Momenten noch an eine lebendige Kontraktion der obersten Epidermiszellen zu denken.“<sup>3)</sup> Hier, bei Leydig, dessen Angaben auch von Pagenstecher<sup>4)</sup> wiedergegeben werden, handelt es sich also nicht um ein Funktionieren des ganzen Haftballens als Saugapparat, sondern bloss um eine saugende Wirkung der einzelnen Zellen, die überdies bloss accessorisch zur Geltung käme.

Trotzdem also von Niemanden, der sich genauer mit dem Bau der Haftballen befasst hatte, eine saugnapfartige Wirkung als wahrscheinlich aufgestellt, geschweige denn nachgewiesen worden war, ist doch in verschiedenen Handbüchern solcherlei behauptet worden. So spricht z. B. Claus in allen Auflagen seiner „Grundzüge der Zoologie“<sup>5)</sup> von „Saugscheiben an den Spitzen der Zehen“, durch

<sup>1)</sup> (34) pag. 526 und 552.

<sup>2)</sup> (35) pag. 298.

<sup>3)</sup> (17) pag. 26.

<sup>4)</sup> (27) Band IV, pag. 723.

<sup>5)</sup> Man vgl. l. c. (II. Bd., 4. Aufl. 1882) pag. 266. — Ich kann nicht zu erwähnen unterlassen, dass im systematischen Abschnitte (ibid. pag. 269) der in-

welche die Laubfrösche befähigt seien, auf Gesträuche und Bäume zu klettern. Auch Schmarida bezeichnet in seiner „Zoologie“<sup>1)</sup> die „Kletterballen“ als „Gebilde von saugnapfartiger Gestalt“, ohne übrigens die Art und Weise der Funktionierung genauer zu würdigen. Ferner sagt Schreiber<sup>2)</sup> in seiner Herpetologie ganz allgemein von der Familie der „*Calamitae*“: „In allen Fällen zeigen die Finger an ihrer Spitze eine bald kleinere, bald grössere tellerartige oder scheibenförmige Erweiterung, welche durch festes Anpressen an die Unterlage und durch Zurückziehen des mittleren Teiles als eine Art Saugnapf verwendet wird.“ Woher ihm jedoch diese Kenntnis kommt, wird nicht gesagt und eigene Beobachtungen zum Beweise sind nicht angeführt! Ebenso hat sich auch Brehm<sup>3)</sup> das Anhaften durch eine saugnapfartige Wirkung zu erklären versucht. Er ist dabei übrigens der einzige, welcher diese Ansicht durch Versuche begründen will. Brehm sagt, man bemerke „auf der unteren Seite des Polsters (— der Haftballen —) eine hellgefärbte Fläche, wie eine Blase, über welcher der obere scharfe Rand der Fusskolben hervortrete. Drücke der Laubfrosch nun den Ballen an, so lege sich die blasige Fläche dicht an den Gegenstand, an welchem sie haften solle; die äussere Luft presse den Rand auf und halte, da alle Zehenkolben gleichzeitig wirkten, ihn fest.“ Diese Beschreibung des Vorgangs würde nun noch nicht an sich für eine saugnapfartige Wirkung sprechen und ist auch so gehalten, dass man eigentlich nicht weiss, ob der Autor eine solche wirklich im Auge hat. Indessen geht doch aus einem späteren Satze hervor, dass Brehm wirklich glaubte, dass der Laubfrosch auf diese Art einen „luftleeren Raum herstelle“, dass er selbst also auch an eine saugnapfartige Wirkungsweise dachte. Sehr korrekt war indessen weder seine Darstellung, noch die später zu erwähnenden Versuche, durch die er sie zu stützen suchte.

Vielleicht am meisten anerkannt ist in der neueren Zeit diejenige Meinung gewesen, welche besagte, dass die Laubfrösche vermöge eines klebrigen Sekretes sich anhaften, das natürlich aus den schlauchförmigen Drüsen der Endballen stammen sollte.

---

differenterer Ausdruck „Haftscheiben“ gebraucht wird. Dasselbe ist an allen Stellen des „Lehrbuchs der Zoologie“ von der 1. Auflage an bis zur neuesten (5. Aufl. 1891) der Fall.

<sup>1)</sup> Vgl. Bd. II. (Wien 1872), pag. 357.

<sup>2)</sup> (32) pag. 104.

<sup>3)</sup> (4) pag. 556 f.

Der erste, welcher derartiges angab, ist Leydig gewesen. In der Schrift: „Über Organe eines sechsten Sinnes“<sup>1)</sup> schon spricht er davon, dass das „schleimig oder klebrig anzufühlende Polster der Epidermis für die Leistungen der Fussballen als Haftorgane von nicht geringer Bedeutung sein möchte“; „das Polster adaptiere sich beim Andrücken der Fingerspitze allen kleinen Unebenheiten der Fläche und zur Verklebung diene noch das reichlich hervortretende Drüsensekret.“ Ich habe oben schon angeführt, in welcher Weise Leydig in der erwähnten Schrift die Wittich'sche Auffassung modifizierte; es ist nach diesem also noch hinzuzufügen, dass er für die durch „die Sekretschicht bedingte Kapillarattraktion“ die „Klebrigkeit des Sekretes“ für nicht unwesentlich hält. In späteren Arbeiten sodann hat Leydig dieser Eigenschaft des Sekretes die Hauptbedeutung zugeschrieben. So sagt er z. B. in den „allgemeinen Bedeckungen der Amphibien“, nachdem er die Klebrigkeit als eine Haupteigenschaft des Hautsekretes der Amphibien hervorgehoben<sup>2)</sup>: „dass *Hyla arborea* nicht bloss mit dem aus den Zehenballen schwitzenden Saft sich an glatten Flächen festzuhaften wisse, sondern auch mittels des Sekrets der Bauchhaut und der Bauchseite der Oberschenkel“. Die gleiche Ansicht vertrat dann namentlich Dewitz, der gleichfalls die Klebkraft des Sekrets, das er als einen „scharf klebenden Schleim“ bezeichnete, als den wesentlichsten, das Anhaften der Laubfrösche ermöglichenden Faktor anerkennen zu müssen glaubte<sup>3)</sup>, und ihm schloss sich Emery an, der in einem zusammenfassenden Referate über mehrere Arbeiten berichtete, welche die „Fortbewegung von Tieren an senkrechten und überhängenden glatten Flächen“ zum Gegenstand gehabt hatten.<sup>4)</sup>

Das sind, soweit mir bekannt, die wichtigsten Meinungsäusserungen der verschiedenen Forscher, welche sich mit unserem Thema beschäftigt oder es wenigstens gelegentlich besprochen haben. Sie weichen, wie ich oben schon sagte, und wie aus der Darstellung hervorgehen dürfte, in den wesentlichen Punkten erheblich voneinander ab.

<sup>1)</sup> (17) pag. 25.

<sup>2)</sup> (18) pag. 99.

<sup>3)</sup> (7) pag. 446 ff. und pag. 475; sodann auch (8) pag. 403 f.

<sup>4)</sup> (11) pag. 439. Das Referat umfasst ausser den Dewitz'schen Arbeiten noch die von Rombouts, Dahl und Simmermacher hinsichtlich der Insekten vorgenommenen Untersuchungen.

Dabei waren indessen die Gründe, welche man gegen die Auffassung v. Wittichs in den neueren Arbeiten vorgebracht hat, nach meiner Ansicht keineswegs stichhaltig genug, um diese letztere als unrichtig nachzuweisen; die Untersuchungen aber, namentlich die von Dewitz angestellten, waren gleichfalls nicht so genau, dass sie dazu berechtigten, die Frage als erledigt zu betrachten.

Ich wende mich nun zur Darlegung der Anschauung, welche ich selbst vom Haftvorgange mir gebildet habe, und beginne dabei zunächst mit der Auseinandersetzung der Funktionen der einzelnen Teile, welche beim Festhaften der Laubfrösche vermittle ihrer Zehen in Betracht kommen können.

Das erste, was bei jedem Versuche, die Frage zu lösen, zunächst in Frage kommen musste, war doch wohl die Art und Weise der Bewegung der Endphalanx. Und da hätte man denn doch auch schon früher bemerken müssen, dass die von v. Wittich angegebene Wirkung des Gelenkes nicht ohne weiteres als richtig anerkannt werden durfte, da dieser Forscher eben schon den Bau des Gelenkes nicht zutreffend dargestellt hatte. Wie ich bereits weiter oben gelegentlich erwähnt habe, hat Dewitz zwar diese Verhältnisse zum Teil richtig gesehen und gezeichnet, indessen sie vollständig unberücksichtigt gelassen. Für meine Darstellung übrigens ist eine Neuprüfung dieses Punktes ganz besonders auch aus dem Grunde notwendig und wichtig, weil ich durch die anatomische Untersuchung einen neuen bewegenden Faktoren, nämlich die glatten Muskeln des Haftballens kennen gelehrt habe. So lange muskulöse Elemente im Endgliede der Zehen überhaupt nicht bekannt gewesen waren, schien auf Grund der anatomischen Verhältnisse eine saugnapfartige Wirkung durchaus ausgeschlossen. Nun, da solche gefunden sind, heisst es festzustellen, ob diese nicht doch eventuell möglich ist, oder nicht. Die Grundlage zur Beantwortung dieser Frage muss aber vor allem die Darstellung der Bewegungsweise der Endphalanx bilden. Also auch aus diesem Grunde werden wir die Funktion des Gelenkes zwischen Endphalanx und vorletzter Phalanx uns klar zu machen versuchen müssen.

v. Wittich hatte seine Überlegungen über den Mechanismus des Gelenkes in folgenden Worten zusammengefasst<sup>1)</sup>: „1. Man hat es

<sup>1)</sup> (39) pag. 175.

mit einem Kugelgelenk zu thun, das eine ziemlich freie Bewegung der letzten Phalanx nach allen Seiten ermöglicht. Die Hauptrichtung der durch dieselbe ausgeführten Bewegungen liegt aber in einer Ebene, die senkrecht auf der Längsachse der Phalanx steht, und zwar ermöglicht der Gelenkmechanismus 2. eine starke Beugung der, in der Ruhe zur nächsten Phalanx in einem spitzen Winkel gestellten, sowie eine nicht geringere Streckung; 3. dient das der Sohle zugekehrte Kugelsegment des Gelenkkopfes der Flexorenhaut als Rolle, sodass dieselbe mit verhältnismässig geringem Kraftaufwande ein kräftiges und schnelles Herabdrücken möglich macht. Umgekehrt dient die Prominenz der vorletzten Phalanx auf der Streckseite als Rolle für die Extensoren, die dann ein schnelles und kräftiges Abziehen der vorderen Phalanx bewirken können, ebenfalls mit verhältnismässig geringer Kraft.“

Nachdem ich nun schon oben gezeigt habe, dass der Bau des Gelenkes ein wesentlich anderer ist, als ihn v. Wittich darstellte — obgleich es sich dabei eigentlich nur um einige wenige Differenzpunkte handelt — so ist klar, dass auch die Wirkungsweise, wie sie dieser Forscher sich dachte, nicht ohne weiteres richtig zu sein braucht; und ich glaube auch behaupten zu dürfen, dass sie das nicht ganz ist.

Aus der oben von mir gegebenen Schilderung der Bauverhältnisse scheint mir vielmehr folgendes sich zu ergeben.

Betrachtet man zunächst einmal den Zwischenknorpel als feststehend, denken wir also z. B., er sei mit dem distalen Ende der vorletzten Phalanx fest verwachsen, so hätten wir ein einfaches Ginglymusgelenk vor uns, nicht aber ein Kugelgelenk, wie v. Wittich meinte, da ja, wie ich oben (s. S. 62) gezeigt habe, der Gelenkkopf der Endphalanx durchaus nicht gleichmässig kugelig ist. Ist der Haftballen nicht angedrückt — was ich als Ruhelage bezeichnen will —, so steht die Endphalanx derart, dass ihr an ihren Gelenknorpel angrenzender knöcherner Anfangsteil fast unmittelbar an die obere Fläche des Zwischengelenknorpels stösst (Fig. 4). Es ist also eine proximalwärts gegen den letzteren gerichtete Bewegung nach oben, d. h. gegen die Rückenfläche der Zehe zu, nicht weiter ausführbar. Wohl aber ist gegen die Plantarseite eine Bewegung möglich; dieselbe ist natürlich, abgesehen von den eventuell durch Bänder u. s. w. gegebenen Einschränkungen, so gross, als der Centriwinkel

desjenigen Kugelabschnittes der Fläche des Gelenkknorpels ist, um welchen sich der letztere noch in der Konkavität des Zwischengelenknorpels zu verschieben vermag. In der Stellung der Endphalanx, von welcher wir ausgingen, erscheint die Gelenkknorpeloberfläche nur etwa bis zu dem senkrecht unter dem Anfang des knöchernen Teiles der Phalanx gelegenen Punkte wirklich von kugelartiger Krümmung bezw. von kreisbogenähnlichem Durchschnitt. Die gegen die Spitze der Zehe zu gerichtete Gelenkfläche ist in der Regel flacher und erscheint daher nicht mehr geeignet, mit der distalen Konkavität des Zwischengelenknorpels zu artikulieren, da ja hierzu ein genaues Aufeinanderpassen der Gelenkflächen nötig ist.<sup>1)</sup> Es ist also der ganze Winkel, um den sich der Gelenkknorpel drehen und damit eine Abwärtsbewegung der Endphalanx nach unten bewirken kann, nicht sehr viel grösser als  $90^\circ$ . Ich komme also auch in diesem Punkte zu einem ganz anderen Resultat, als v. Wittich<sup>2)</sup>, nach dessen Angaben die absolute Bewegungsfähigkeit des Gelenkes nach unten, d. h. diejenige ohne die Hinderung durch Bänder u. dergl.,  $240^\circ$  betragen sollte.

Was wir bis jetzt betrachtet haben, ist die Bewegung der letzten Phalanx in der distalen Gelenkkonkavität des Zwischengelenknorpels, indem wir uns diesen mit dem distalen Ende der vorletzten Phalanx fest verbunden dachten. Nehmen wir nun einmal an, der Zwischengelenknorpel sei mit dem proximalen Teile der vordersten Phalanx verwachsen — es bestehe also das eben beschriebene Gelenk nicht —, und untersuchen wir dann die Bewegungsfähigkeit desjenigen Gelenkes, welches durch die proximale Konkavität des Zwischenknorpels und die distale Fläche des Gelenknorpels der vorletzten Phalanx gebildet wird! Dieses Gelenk ganz besonders ist in der Wittich'schen Darstellung unrichtig dargestellt und mithin auch seine Wirkungsweise falsch angegeben; nach jenem Autor wären die Gelenkflächen hier gleichfalls kugelige. Wie ich indessen im anatomischen Abschnitte auseinandergesetzt habe, sind sie vielmehr Flächen, deren Durchschnitte sich als sehr wenig gekrümmte, fast ganz flache Kurven erweisen. Betrachtet man einen median geführten Schnitt durch dieses Gelenk, so sieht man leicht, dass bei der Be-

<sup>1)</sup> Vgl. Fick, Medizinische Physik, 3. Aufl. 1885, pag. 66.

<sup>2)</sup> (39) pag. 173.

wegung desselben fast gar keine Drehung bewerkstelligt werden kann, bezw. dass die durch die Bewegung beschriebene Fläche fast eine Ebene genannt werden darf. Es handelt sich also hier im wesentlichen um ein Vorbeigleiten zweier fast ebener Flächen aneinander.

Kombinieren wir nun die Bewegungsfähigkeiten der beiden soeben beschriebenen Gelenke des Zwischengelenkknorpels mit den entsprechenden Gelenkknorpeln der letzten bezw. vorletzten Phalanx miteinander, indem wir uns den Zwischenknorpel nun frei beweglich denken, wie er es in Wirklichkeit auch ist, so erhalten wir die gesamte Bewegungsfähigkeit der Endphalanx gegen die vorletzte Phalanx.

Diese letztere ist nun kaum durch irgend welche Vorrichtungen der Gelenkkapsel, der Bänder oder Sehnen in besonderer Weise beschränkt; es können die geschilderten Bewegungen vielmehr alle vollständig ausgeführt werden. Ich betone dies deshalb, weil v. Wittich der Endphalanx, hinsichtlich des Baues der Gelenkflächen, eine Beweglichkeit zuschrieb, die einem Winkel von  $240^{\circ}$  entspräche, und die nur durch den Bänderapparat gehindert würde, in diesem Umfange zur wirklichen Ausführung zu gelangen.<sup>1)</sup>

Vergegenwärtigen wir uns schliesslich noch diejenigen Erscheinungen, welche bei Anwendung der die Endphalanx bewegenden Muskeln sich abspielen müssen, und gehen wir auch hierbei wieder von der oben als „Ruhelage“ bezeichneten Stellung der Endphalanx aus, bei welcher natürlich der Flexor der Endphalanx gedehnt, die Extensoren aber zusammengezogen sind. Findet eine Kontraktion der ersteren statt, so muss folgendes vor sich gehen.

Die Sehne des Flexors inseriert, wie oben gezeigt wurde, mit ihren beiden Hälften an die Basis der Endphalanx; es muss daher diese letztere zunächst einmal um die Achse ihres Gelenkes mit dem Zwischengelenkknorpel nach unten, d. h. gegen die Plantarseite zu, herabgedreht werden. Nun ist aber das Gelenkende der letzten Phalanx vermittels der seitlichen Gelenkbänder, welche von der Plantarseite des Gelenkknorpels der Endphalanx nach der Oberseite des Gelenkknorpels der vorletzten Phalanx ziehen, nicht nur mit letzterem verbunden, sondern es setzen sich diese Bänder auch an den Zwischengelenkknorpel an. Wird also die Flexorsehne durch Kontraktion des Muskels proximalwärts

<sup>1)</sup> (39) pag. 173.

gezogen, so muss sich diese Bewegung wegen der angeführten Verbindungen auch auf den Zwischengelenkknorpel selbst übertragen. Es wird also nicht nur eine Drehung der Endphalanx um die Achse ihres Gelenkes mit dem Zwischenknorpel statthaben, sondern es wird auch der Zwischenknorpel an der Gelenkfläche mit der vorletzten Phalanx in proximaler Richtung schräg nach unten gleiten, d. h. es wird sich die Achse des erstgenannten Gelenkes auch selbst in dieser Richtung bewegen. Infolge der Verbindung der seitlichen Gelenkbänder aber mit der Plantarfascie schliesslich, wird auch diese proximalwärts gezogen und gespannt werden müssen. — Vergewärtigen wir uns nun das Wesentliche bei dem soeben geschilderten Vorgange der Bewegung der Endphalanx, so sehen wir, dass sie selbst zusammen mit dem Zwischenknorpel, und mit diesem der ganze Haftballen, hierbei nicht einfach nach unten gedrückt, sondern auch etwas proximalwärts gezogen, d. h. dass die Bewegung eine schleifende wird; es wird der Haftballen nicht einfach angedrückt, sondern an der Fläche, an welcher er haften soll, um ein wenig auch vorbeigezogen. Es ist diese Art der Bewegung meines Erachtens für die Auffassung des Haftvorganges sehr wichtig, wie sich weiter unten noch ergeben wird; ausserdem aber erklärt sie uns auch einige Eigentümlichkeiten der Epidermis der Plantarseite, die oben geschildert worden waren und auf die ich alsbald wieder zurückkommen werde, in einfacher Weise. — Hiermit wäre die Darstellung der bei Kontraktion des Flexors auftretenden Bewegung wohl erschöpft. Wird dieser nun wieder schlaff, und wirken die die Extension bewirkenden Muskeln, so wird gerade die umgekehrte Bewegung eintreten, was kaum noch einer genaueren Schilderung bedürfen möchte.

Alles, was bisher gesagt wurde, ist gewissermassen bloss abstrahiert aus den Bauverhältnissen des in Frage kommenden Apparates. Was lehrt nun aber die Beobachtung des lebenden Objektes über diesen Gegenstand?

Betrachtet man eine nicht angepresste Zehe, von oben oder von der Seite<sup>1)</sup>, so bemerkt man auf der Rückenfläche des letzten Zehengliedes einen Vorsprung, welcher von der Spitze der aufwärts

<sup>1)</sup> Eine korrekte Abbildung einer Zehe von der Seite, auf welcher diese Verhältnisse gut dargestellt sind, findet man bei Leydig (20), Taf. VI, Fig. 60.

gerichteten letzten Phalanx herrührt, wie schon v. Wittich<sup>1)</sup> und Leydig<sup>2)</sup> richtig gesehen haben. Haften dagegen die Zehen an einer Fläche, so ist, wie der erstgenannte dieser Forscher gleichfalls richtig angiebt, und wie ich bestätigen kann, „vor allem die konvexe Sohlenfläche (d. i. die Plantarfläche) platt, breiter, während gleichzeitig die Phalanxspitze niedergedrückt nicht mehr hervorragt, vielmehr ist die Haut darüber vertieft.“<sup>3)</sup> Hiermit ist nachgewiesen, dass die oben geschilderten Bewegungen, welche bei Kontraktion des Flexors eintreten sollten, beim Vorgang der Anheftung sich auch in Wirklichkeit abspielen, dass vor allem also die Phalangenspitze nach abwärts bewegt ist. Von der Kontraktion des Flexors kann man ausserdem noch dadurch sich direkt überzeugen, dass man die Unterseite der Zehe bei einem am Glase haftenden Laubfrosche beobachtet. Man sieht dann leicht, wie die Sehne des Flexors durch die Haut als weisslicher Streifen hindurchschimmert und erkennt auch, dass sie stark gespannt erscheint.

Die Feststellung aller dieser Dinge ist nun nicht nur deshalb wichtig, damit wir uns die Funktion des Skelet- und Muskelapparates selbst zu veranschaulichen im stande sind, sondern wir können weiterhin auch nur auf Grundlage dieser Beobachtungen und Überlegungen darüber zu einem Resultate gelangen, ob die von mir nachgewiesene glatte Muskulatur der Zehenballen für den Haftvorgang von wesentlicher Bedeutung ist oder überhaupt sein kann. Wie schon oben bemerkt wurde, schien, solange diese Muskulatur nicht bekannt war, die Möglichkeit einer Saugnapfwirkung der Haftballen durch die anatomischen Verhältnisse völlig ausgeschlossen. Jetzt dagegen ist diese Möglichkeit immerhin vorhanden und besonders zu diskutieren; denn es liegt doch sicherlich nahe, dieser Muskulatur eine derartige Wirkungsweise zuzuschreiben. In der That kam ich selbst, als ich sie zum erstenmale bemerkte, auch sofort auf diesen Gedanken. Nichtsdestoweniger bin ich aber nun zu dem Resultate gelangt, dass diese glatte Muskulatur doch nicht in der angedeuteten Weise zu wirken vermag.

Der Grund zu dieser Ansicht ist eben das geschilderte Verhalten der Endphalanx beim Vorgang der Anheftung und während

<sup>1)</sup> (39) pag. 172.

<sup>2)</sup> (19) pag. 179.

<sup>3)</sup> (39) pag. 172.

des Haftens selbst. Wäre nämlich eine Saugwirkung möglich, so müsste die in Frage kommende Muskulatur durch ihre Kontraktion auf der Plantarseite einen luftverdünnten Raum herzustellen im stande sein; zu diesem Zwecke aber ist doch wohl nötig, dass die Phalangenspitze, von welcher die zur Basis des Haftballens ziehenden grösseren Muskelfaserbündel ausgehen, in aufgerichteter Stellung fixiert sein müsste. Da aber die Beobachtung gerade das Gegenteil hiervon erweist, nämlich ein Niederdrücken der Endphalanx und da, wie ich oben gezeigt habe, die Plantarfascie, an welcher jene Muskeln inserieren, gleichzeitig hiermit proximalwärts gezogen und dabei gespannt wird, so können letztere meines Erachtens höchstens die Herabbewegung der Phalangenspitze noch unterstützen, nicht aber kann umgekehrt die Plantarseite dadurch dorsalwärts emporgezogen, eine Saugwirkung also auch nicht ausgeführt werden. Dazu kommt dann auch noch die Thatsache, dass die Haftballen im Augenblicke der Funktion stets ganz platt an die Unterlage angepresst sind und niemals einen derartigen Raum zwischen sich und der letzteren erkennen lassen, wie wir ihn sonst bei echten Saugnäpfen, z. B. denen der Blutegel vorfinden.

In meiner ursprünglichen, oben angeführten Vermutung, dass doch vielleicht eine Saugwirkung vorhanden sein möchte, hatte mich die an einer früheren Stelle erwähnte Längsfurche, welche ich oft an der Plantarseite der Haftballen bei konservierten Laubfröschen antraf, anfangs bestärkt. Am angepressten Ballen des lebenden Tieres sieht man jedoch niemals etwas von einer solchen Furche, und ausserdem dürfte sie auch keineswegs geeignet sein, die Herstellung eines luftleeren Raumes zu ermöglichen. Vor allem spricht hiergegen schon die Erscheinung, dass sie bis zum Rande des Endballens sich erstreckt, also nach vorn zu gar nicht abgeschlossen werden könnte; ja es scheint mir sogar, dass sie bei einer Spannung der Plantarfascie, wie diese beim Anhaften vorhanden ist, überhaupt gar nicht zustande kommen kann; ihr Auftreten ist vielmehr nur dann möglich, wenn eine solche Spannung nicht vorhanden ist. Das tritt aber z. B. in der Regel bei abzutötenden Tieren ein; findet dann gleichzeitig eine Kontraktion glatter Muskelfasern des Haftballens, speziell der ihn quer durchsetzenden Elemente statt, so scheinen diejenigen Faktoren gegeben, welche die Entstehung der Furche bedingen dürften.

Was nun die wirkliche Bedeutung der glatten Muskulatur des Haftballens betrifft, so möchte ich diese in einer ganz anderen Richtung suchen. Einmal möchte vielleicht ihre Kontraktion eine raschere und ausgiebigere Entleerung des Drüsensekretes im Momente der Anheftung ermöglichen, wengleich dies kaum ihre Hauptaufgabe sein dürfte, da man sonst wohl eine regelmässigeren Anordnung um die Drüsen selbst erwarten müsste. Dann aber — und das scheint mir ihre besondere Funktion darzustellen — ist sie sicherlich imstande, den unter der Endphalanx gelegenen centralen Lymphraum des Haftballens zu verkleinern und somit die in diesem enthaltene Lymphe auszupressen, natürlich proximalwärts in die Lymphräume der vorhergehenden Fingerglieder. Dass eine Verkleinerung des Volumens des Haftballens im Zustande des Haftens vorhanden ist, scheint durch die Beobachtung bestätigt, dass derselbe in diesem Zustande infolge des Herabdrückens der Endphalanx bedeutend platter geworden ist. Für eine Bedeutung der Muskulatur aber gerade in Beziehung auf den Lymphraum spricht ihre Anordnung, da sie diesen nicht nur von mehreren Seiten umgiebt, sondern ihn auch mit einzelnen Zügen durchsetzt. Die Funktion des Lymphraums selbst wäre dann einmal die, dass durch das Vorhandensein der aus dem Haftballen verdrängbaren Lymphflüssigkeit ein ausgiebigeres Herabdrücken der Endphalanx ermöglicht wird, als wenn an dieser Stelle ein kompakteres, nicht verdrängbares Gewebe vorhanden wäre, und zweitens bestände sie in einer Leistung, welche vielleicht speziell im Momente des Anspringens der Laubfrösche von Bedeutung sein kann. Es ist kein Zweifel, dass der Haftballen — einerlei, ob sein Inneres mit Lymphe oder festerem Gewebe erfüllt wäre — eine gewisse Elastizität besitzt. Springt der Laubfrosch nun gegen irgend welchen Gegenstand an, so müsste, vermöge dieser Elastizität, ein Rückstoss erfolgen, wengleich derselbe vielleicht auch nur gering sein möchte. Er wird aber wohl noch mehr vermindert werden, wenn im selben Momente die Masse des Haftballens nachzugeben imstande ist und das ist wohl durch die Austreibung von Lymphe der Fall, die also nach meiner Ansicht geradezu zur Kompensation jenes Rückstosses stattfinden und somit ein leichteres sofortiges Haftenbleiben ermöglichen dürfte. Schliesslich aber wird das beim Schlaffwerden der glatten Muskulatur wieder ermöglichte Zurücktreten von Lymphe in den Endballen, wodurch dieser wieder

prall und konvex werden muss, wenn gleichzeitig die Endphalanx wieder gehoben wird, bei der Ablösung des angeheftet gewesenen Ballens von Bedeutung sein.

Wenn der Epidermis an der Plantarseite des Haftballens eine spezifische Funktion beim Mechanismus des Anhaftens zuzuerkennen ist — und das scheint mir schon angesichts ihrer besonderen Bauverhältnisse sehr wahrscheinlich —, so dürfte diese vielleicht gleichfalls in einem Mitwirken bei der Loslösung von der Unterlage, an welcher das Anhaften stattfand, zu suchen sein. Die äusserste Schicht der Epidermis mit ihrer eigentümlichen Struktur scheint hierbei der speziell in Frage kommende Apparat zu sein, während die darunter liegenden Zellenlagen bloss als späterer Ersatz für erstere in Betracht kommen möchten.

Die fibrillären Differenzierungen der Zellen setzen, wie ich glaube, diese selbst instand, als kleine elastische Apparate, gewissermassen als „Federn“ zu wirken. Wird nämlich die Endphalanx während des Anhaftens niedergedrückt, so muss auch die Epidermis, speziell deren oberste Zellenlage eine Kompression erfahren. Diese Kompression erfolgt aber nicht in einer auf die Ebene der Plantarfläche senkrecht stehenden Richtung, weil ja, wie oben gezeigt worden ist, auch das Niederdrücken der Endphalanx nicht einfach in dieser Richtung erfolgt. Vielmehr muss, da die Bewegung der letzteren eine schleifende ist, indem dabei ein geringer proximalwärts gerichteter Zug mit zur Anwendung kommt, auch die Kompression eine andere sein. Denken wir uns anstelle der Zellen der obersten Epidermislage z. B. kleine Härchen, etwa eine kleine Bürste, so würde im Falle dieser Bewegung dasselbe eintreten, was man an jedem Besen oder jeder wirklichen Bürste bemerken kann, welche mit einem gewissen Drucke über irgend einen harten Gegenstand weggezogen wird: nämlich die einzelnen Haare legen sich in der der Bewegungsrichtung entgegengesetzten Seite übereinander, dergestalt, dass die freien Enden der einzelnen Haare der Bewegungsrichtung entgegengesetzt, ihre Basen aber mit dieser gleichgerichtet sind. Die Zellen der obersten Epidermislage der Plantarseite scheinen mir nun vermöge ihrer fibrillären Strukturen in ganz ähnlicher Weise sich verhalten zu können, wie die Haare einer Bürste oder die einzelnen Reiser eines Besens oder andere derartige mehr weniger elastische Gebilde. Wird daher die Endphalanx nieder-

gedrückt, wobei der Haftballen in proximaler Richtung etwas an dem Gegenstand vorbeigezogen wird, so müssen sich also auch die Zellen der obersten Epidermislage in ähnlicher Weise übereinanderlegen, wie dies die Haare der Bürste in dem angegebenen Falle thun. Hört die Kraft, welche das Niederdrücken hervorruft, zu wirken auf, also in unserem Falle die Kontraktion des Flexors der Endphalanx, so werden sich die einzelnen elastischen Elemente wieder aufrichten und damit eine Loslösung von der Unterlage, welcher sie vorher in der angeführten Weise angedrückt waren, erfahren. Bei der Epidermis des Haftballens werden, bei der angegebenen Weise des Andrückens, natürlich auch die die freien Enden der Zellen umziehenden Furchen durch die Übereinanderlagerung der einzelnen Zellen verschwinden; richten sich dagegen diese letzteren beim Nachlassen des Druckes, kraft ihrer Elastizität, wieder auf, so werden auch die Furchen wieder erscheinen; damit aber ist ein leichteres Eindringen von Luft zwischen die Epidermis und die Unterlage ermöglicht, da nun wohl ein Teil der vorher zwischen beiden befindlichen, den Drüsen entstammenden Flüssigkeitsschicht zur Ausfüllung der Furchen, in welche sie vermöge der Kapillarattraktion eindringen wird, benutzt werden dürfte.

In dieser Weise also ist es nicht nur denkbar, sondern wohl auch nicht unwahrscheinlich, dass die Epidermis beim Loslösen des angehefteten Haftballens von der Unterlage mitwirkt.

Es fragt sich nun auch hier weiterhin, ob und welcherlei Beobachtungen vorhanden sind, welche eine derartige Art der Funktionierung noch mehr wahrscheinlich zu machen befähigt sind?

Im anatomischen Abschnitte dieses Aufsatzes ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die Zellen der obersten Epidermislage bei frisch gehäuteten Tieren in senkrechter Richtung auf der Plantarseite stehen, dass sie ziemlich regelmässige Rechtecke darstellen. Je längere Zeit dann aber seit der Häutung verflossen ist, um so mehr erscheinen die Zellen mit ihrer freien Oberfläche gegen die Spitze der Zehe zu geneigt; bei Tieren, welche unmittelbar vor der Häutung sich befinden, schliesslich ist die oberste Zellenlage ganz flach und niedergedrückt geworden, was auf einer noch weiter gehenden, ganz excessiven Übereinanderlagerung der einzelnen Zellen beruht; und die Furchen an deren freier Oberfläche sind gleichzeitig damit fast völlig verschwunden. Hieraus folgt einmal, dass eine derartige

Kompression der obersten Zellenlage der Epidermis, wie sie eben aus dem beim Vorgange der Anheftung stattfindenden Bewegungsmechanismus abgeleitet wurde, wirklich stattfinden muss, weiterhin aber auch, dass die Elemente dieser Zellenlage wirklich eine gewisse Elastizität besitzen müssen, die sie dann auch befähigen kann, in der oben angedeuteten Weise bei der Loslösung des Haftballens von der Unterlage mitzuwirken. Denn, besässen sie diese nicht, so müssten sie schon nach dem erstmaligen Gebrauche dauernd niedergedrückt werden; da dies aber nicht der Fall ist, so ist klar, dass sie einen gewissen Widerstand hiergegen zu entwickeln im stande, also elastisch sind, und daher, wie ich oben schon sagte, gewissermassen als kleine „Federn“ wirken können. Dass die Übereinanderlagerung der Zellen eine immer grössere wird, je länger sie in Gebrauch gewesen sind, spricht hiergegen durchaus nicht. Denn man darf wohl mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen, dass diese ursprüngliche Elastizität nicht nur infolge des Gebrauches geringer wird, wie dies ja auch bei wirklichen Federn oft der Fall ist, sondern dass sie auch vermöge der Austrocknung, welcher die oberste Epidermislage allmählich anheimfällt, nach und nach abnimmt. Ich kann auch hier wieder auf das früher schon angezogene Beispiel eines Reisigbesens hinweisen, an dem man leicht aus alltäglicher Erfahrung wahrnehmen kann, dass, bei einseitigem Gebrauche, abgesehen von der Abnützung einzelner Reiser, auch vermöge deren allmählicher Austrocknung eine Krümmung des Besens nach der einen Seite hin stattfindet.

Von den Funktionen der einzelnen die Endballen zusammensetzenden Teile, welche bei deren Verwendung als Haftapparate in Betracht kommen, bleibt nun noch eine zu erörtern, nämlich diejenige der schlauchförmigen Drüsen, bezw. die ihres Sekretes.

Dass die Drüsen dazu dienen, ein Sekret abzusondern, welches beim Haftvorgange von Bedeutung ist, kann keine Frage sein; denn man kann sich leicht davon überzeugen, dass bei festhaftenden Laubfröschen zwischen den Endballen und der Unterlage, auf welcher sie ruhen, eine dünne Sekretschicht vorhanden ist, welche natürlich nur aus den auf der Plantarfläche ausmündenden Drüsen stammen kann. Ich möchte dabei ausdrücklich betonen, dass diese Sekretschicht dünn ist, weil ich dies für die Erklärung des Vorgangs für nicht unwichtig halte. Man kann sich davon nicht nur durch die Beobachtung überzeugen, sondern es lässt sich dies auch direkt aus der

Bewegungsart des Haftballens beim Anpressen folgern. Da nämlich, wie gezeigt wurde, die Endphalanx, und mit ihr die ganze Plantarseite des Ballens, nicht einfach nach unten gedrückt, sondern gleichzeitig auch an der Unterlage vorbeigezogen wird, so ist klar, dass auf diese Weise eine noch dünnere Sekretschicht hergestellt werden kann, als wenn die Endphalanx einfach nur von oben nach unten bewegt würde.

Was nun die Beschaffenheit des Sekretes betrifft, so ist nicht viel zu bemerken, aus dem einfachen Grunde, weil man nicht viel darüber weiss. Weder seine chemischen, noch seine physikalischen Eigenschaften sind uns genügend bekannt, und bei den geringen Mengen, in denen es gewonnen werden kann, dürfte es auch nicht leicht sein, darüber genaueres zu erfahren.

Nach v. Wittich<sup>1)</sup> wäre seine Reaktion sauer, nach Dewitz<sup>2)</sup> bald sauer, bald neutral; ich selbst fand es einmal neutral, ein andermal wieder alkalisch. Es gilt daher, wie schon Dewitz richtig anführte, dasselbe, was Engelmann<sup>3)</sup> für die „Körnerdrüsen“ des Frosches nachgewiesen hat, auch für die Schlauchdrüsen aus den Zehen des Laubfrosches, dass nämlich die Reaktion des Sekretes eine wechselnde ist. Was v. Wittich weiterhin mitteilt, dürfte kaum geeignet sein, eine genauere Vorstellung von der chemischen Zusammensetzung des Sekretes zu erwecken, kann aber überdies, wenn es sich um das Sekret der Schlauchdrüsen allein handelt, gar nicht in Frage kommen, da die Methode, nach welcher er sich grössere Mengen des Sekretes zu verschaffen suchte, eine Vermischung mit dem Sekrete der gewöhnlichen Drüsen der Bauchhaut nicht ausschliesst.<sup>4)</sup> Nach Dewitz<sup>5)</sup> soll es sich mit Wasser nicht mischen und durch Osmiumsäure gebräunt werden, woraus er schliesst, dass es fettig sei; ich kann dies letztere, soweit mir Beobachtungen zur Verfügung stehen, nicht bestätigen, will indessen nicht in Abrede

<sup>1)</sup> (39) pag. 178.

<sup>2)</sup> (7) pag. 479.

<sup>3)</sup> (12) pag. 505.

<sup>4)</sup> v. Wittich schreibt: „Um etwas mehr von dem Sekret zu erhalten, setzte ich ein Paar Laubfrösche in ein weites Reagensglas und nötigte sie, häufig auf und ab zu klettern.“ Wie ich unten noch zeigen werde, benutzen die Laubfrösche sehr häufig die Bauchwandung mit zum Festhaften!

<sup>5)</sup> (8) pag. 403.

stellen, dass es der Fall sein kann, da mein Material einmal zu solchen Beobachtungen nicht ausreichend genug war und ich ausserdem nur schlecht genährte Tiere zur Verfügung hatte, deren Drüsen fast gar kein Sekret enthielten. In den herauspräparierten Drüsen fand ich zwar rundliche Körnchen, welche mit Osmiumsäure einen grünlich-braunen Ton annahmen und stark lichtbrechend schienen, sich indessen nicht wie Fett schwärzten.

Wichtiger noch als eine chemische Untersuchung des Sekretes der Schlauchdrüsen wäre die Kenntnis seiner physikalischen Eigenschaften. Aber auch hier dürfte die geringe Menge, welche man zu erhalten im stande ist, kaum eine genaue Untersuchung gestatten. Als eine der Haupteigenschaften des Sekretes der Amphibienhaut überhaupt wird von Leydig<sup>1)</sup> die „Klebrigkeit“ angegeben, und beim Laubfrosch sollte diese Eigenschaft speziell dem Sekret der Schlauchdrüsen zukommen, wie Leydig<sup>2)</sup> und nach ihm auch Dewitz<sup>3)</sup> angaben. Die Beweise, welche hierzu beigebracht werden, beruhen zum Teil nur auf einer Bestimmung vermittels des Gefühles und sind sicherlich nicht mit Sicherheit dafür ausschlaggebend, dass das Sekret einen hohen Grad von Klebrigkeit besitzt; in allen Fällen fast, die angeführt werden, ist überdies die Möglichkeit einer Adhäsionswirkung nicht ausgeschaltet, was aber, wie weiter unten noch ersichtlich sein wird, von grosser Wichtigkeit erscheint. Dem Gefühle nach — und das ist zur Bestimmung der Grösse der Klebrigkeit doch eine sehr ungenaue Methode — möchte ich allerdings auch zugeben, dass das Sekret eine gewisse Klebrigkeit besitzt, indessen dürfte diese, wie mir scheint, diejenige des Sekretes der gesamten Oberfläche kaum übertreffen; letztere aber ist, wie ich meine, sicherlich nicht viel bedeutender — wenn sie es überhaupt ist — als die des Sekretes der gewöhnlichen Frösche.

Die Klebrigkeit von Flüssigkeiten beruht auf ihrer Kohäsion und auf ihrer Adhäsion zu anderen Körpern; es wäre also, wenn man die physikalischen Eigenschaften des Sekretes prüfen wollte, deren Grösse zu bestimmen. Namentlich könnte sich vielleicht hierbei herausstellen, dass die Adhäsion des Sekretes zur Oberfläche von Laubblättern eine besonders grosse ist, da man wohl erwarten kann, dass

<sup>1)</sup> (18) pag. 99.

<sup>2)</sup> (17) pag. 25 und a. a. O.

<sup>3)</sup> (7) pag. 475 und (8) pag. 403.

die Laubfrösche in dieser Hinsicht eine spezielle Anpassung erfahren haben. Ich glaube, dass dies auch wichtiger für die Tiere sein dürfte, als eine grosse Kohäsion des Sekretes, da diese, wie ich alsbald noch zeigen werde, nicht sehr erheblich zu sein braucht, um ein Festhaften zu ermöglichen.

---

Auf Grund der soeben dargestellten Funktionsweise bzw. Funktionsfähigkeit der einzelnen Teile der Haftballen dürfte es nun möglich sein, zu einer Vorstellung des Gesamtvorganges zu gelangen. Es handelt sich also jetzt darum, festzustellen, ob das Festhaften auf „Ansaugen“, „Adhäsion“ oder auf „Kleben“ beruht, und wir haben bei dieser Gelegenheit auch die Experimente, welche zum Beweise dieser verschiedenen Ansichten angestellt worden sind, einer genaueren Besprechung zu unterziehen!

Wenden wir uns zunächst zu den Versuchen, durch welche man eine Saugwirkung festzustellen bestrebt war.

Leydig<sup>1)</sup> hat behufs des genaueren Nachweises seiner Vermutung, dass die Zellen der obersten Epidermislage gewissermassen jede für sich als kleiner Saugnapf funktionieren möchten, keine weiteren Experimente angestellt, hat aber auch, wie wir oben sahen, diese eben nur vermutungsweise ausgesprochene Ansicht späterhin selbst bald aufgegeben. Sie ist durch den anatomischen Befund, wonach die Zellenlage verhornt ist, auch kaum mehr widerlegungsbedürftig. Zum Überflus dagegen mag noch ein von Dewitz mit Recht dagegen geltend gemachtes Argument angeführt sein: „Würde nämlich jede Zelle der obersten Epidermisschicht, sagt Dewitz<sup>2)</sup>, als Saugscheibe funktionieren, so müsste das Tier zu der Zeit, wenn die obersten Zellen absterben, d. h. wenn eine Häutung vorbereitet wird, nicht klettern können, was jedoch nicht der Fall ist.“

Brehm, welcher den ganzen Haftballen als Saugvorrichtung in Anspruch nimmt (s. oben S. 86), beruft sich zum Beweise seiner Ansicht auf einen Versuch mit der Luftpumpe. Er behauptet<sup>3)</sup>: „Bringt man einen Laubfrosch unter die Glocke und verdünnt die in ihr enthaltene Luft, so wird es ihm unmöglich, sich festzuhalten;

---

<sup>1)</sup> (17) pag. 26.

<sup>2)</sup> (7) pag. 447.

<sup>3)</sup> (4) pag. 557.

der Luftdruck ist dann im Verhältnisse zu seiner Schwere zu gering und gewährt ihm nicht mehr die nötige Unterstützung.“ — Der Versuch mit der Luftpumpe verdient schon aus dem Grunde eine genauere Besprechung, weil er von Dewitz gerade zum Beweise des Gegenteils benützt wird; Dewitz<sup>1)</sup> hatte aber auch gerade das entgegengesetzte Verhalten bei Anstellung seiner Versuche beobachtet. Er sagt nämlich: „Bei der stärksten Luftverdünnung sitzt ein Laubfrosch ebenso fest an dem Rezipienten der Luftpumpe, wie bei gewöhnlichem Luftdruck.“ Obgleich, wie ich alsbald zeigen werde, nach meiner Ansicht derartige Versuche mit der Luftpumpe für keine der drei mehrfach erwähnten Erklärungsarten beweisend sein können, habe ich dieselben doch wiederholt, um wenigstens festzustellen, was überhaupt richtiges an den angeführten Beobachtungen ist.

Ich setzte zwei Laubfrösche unter den Rezipienten einer Luftpumpe und begann, nachdem sie sich an demselben angeheftet hatten, zu evacuieren. Anfangs schien sie das gar nicht weiter zu belästigen, nach einiger Zeit aber fielen sie ab. Während jedoch die Evacuation, welche ich mit einer gewöhnlichen Wasserluftpumpe ausführte, weiter fortgesetzt wurde, begann wenigstens das eine der Tiere wieder an der Glasglocke des Rezipienten emporzuklettern und haftete abermals fest; nach einiger Zeit fiel es wiederum ab, um sodann von neuem sich festzusetzen, bis es schliesslich herunterfiel und anfang Krämpfe zu bekommen, ein Zeichen, welches mich veranlasste, den Versuch zu beendigen und wieder Luft unter den Rezipienten einströmen zu lassen.

Aus diesem Experiment geht höchstens hervor, dass die Haftfähigkeit durch die Evacuierung beeinflusst, dass sie indessen sicherlich nicht dadurch ausgeschlossen wird. Beweisend aber für die Art und Weise der Funktionierung der Haftballen ist der Versuch keineswegs, da sich die dabei angestellten Beobachtungen mit allen in Frage kommenden Erklärungsarten in Übereinstimmung bringen lassen.

Angenommen nämlich, es wäre eine Saugwirkung vorhanden, so müsste der Frosch vom Glase abfallen, sobald die Differenz zwischen der unter dem Saugnapf befindlichen und der das ganze

---

<sup>1)</sup> (7) pag. 446.

Tier umgebenden Luft = 0 geworden ist. Dann stünde gar nichts dem im Wege, dass das Tier vermöge der Saugwirkung der Haftballen eine neue derartige Druckdifferenz herstellte, also von neuem festhaftete und es würde nur abermals abfallen, sobald die Differenz wiederum eine Ausgleichung erfahren hätte. Man könnte also, wie mir dünkt, recht wohl diese Versuche als mit dem Vorhandensein einer Saugwirkung vereinbar auffassen.

Dasselbe aber ist der Fall, wenn man eine Adhäsion vermöge einer nicht klebenden Flüssigkeit annimmt. Zwei feste Körper zwar, welche ohne dazwischenliegende Flüssigkeitsschicht aneinander adhäreren, würden auch unter der Luftpumpe nicht voneinander zu trennen sein. Ist eine solche Flüssigkeitsschicht aber vorhanden, so muss dieses, infolge der bei der Evacuierung stattfindenden Ausdehnung der in der Flüssigkeit enthaltenen Gase eintreten. Dass aber das Sekret alsbald nach seiner Ausscheidung Gase absorbieren wird, erscheint doch wohl nicht unwahrscheinlich. Bringt man zwei vermöge einer dünnen Wasserschicht aneinander adhärerende Glasplatten unter den Rezipienten und evacuiert, so sieht man gleichfalls deutlich, wie immer grössere Luftblasen zwischen den Platten auftreten, bis schliesslich die untere abfällt.

Schreibt man schliesslich das Festhaften der Laubfrösche der Wirkung einer klebenden Flüssigkeit zu, so müsste dasselbe, wie bei dem angenommenen Verhalten bei Adhäsion eintreten, nämlich ein durch die Ausdehnung der Gase veranlasstes Herabfallen der Frösche; nur wenn die Flüssigkeit, welche zum Zwecke des Anhaftens abgeschieden wäre, unmittelbar erstarrte, fest würde, nur dann könnte die Haftfähigkeit durch die Verminderung des Druckes der umgebenden Luft nicht beeinträchtigt werden. Indessen kommt diese Frage, wie wir noch sehen werden, überhaupt gar nicht in Betracht.

Aus alledem geht, wie ich meine, hervor, dass der Versuch mit der Luftpumpe für keine der angezogenen Erklärungsarten etwas zu beweisen im stande ist.

Eine andere Art,<sup>2)</sup> wie man die Saugwirkung eines möglicherweise als Saugscheibe funktionierenden Organes prüfen könnte, bestände, wie Graber<sup>2)</sup> auch für die Haftscheiben der Dytisciden

---

<sup>2)</sup> (13) pag. 567.

vorgeschlagen hat, darin, dass man durch Durchbohrung eine Verbindung des beim Saugakte entstehenden Raumes mit der umgebenden Luft herstellte. Diese Art des Experimentierens aber ist für unseren Fall schon aus dem Grunde völlig ausgeschlossen, weil ein solcher Raum überhaupt nicht vorhanden ist (vgl. oben pag. 94).

Nehmen wir daher an dieser Stelle alles, was über eine eventuelle Saugnapfwirkung gesagt werden kann, zusammen, so kommen wir zu dem Resultat: dass weder durch die Experimente, noch durch die Beobachtung der Vorgänge selbst eine solche wahrscheinlich gemacht werden kann, und dass überdies anatomische Grundlagen für eine solche Anschauung nicht vorhanden sind. Es dürfte daher diese eigentlich schon von v. Wittich widerlegte Ansicht, welche wegen der Auffindung der glatten Muskulatur der Haftballen eine erneute Diskussion zu erfordern schien, nun wohl definitiv als unmöglich nachgewiesen worden sein. Es handelt sich nun also nur noch darum, zu entscheiden, ob das Festhaften der Laubfrösche auf „Adhäsion“ oder auf „Kleben“ beruht.

Unter Adhäsion versteht man, wie bekannt, die zwischen den Teilchen zweier einander berührenden Körper wirkende Anziehungskraft, vermöge deren diese Körper aneinander zu haften imstande sind. Sie ist um so grösser, je inniger die Berührung der Körper ist, also z. B., je genauer die Oberflächen derselben aufeinanderpassen, je geringer die zwischen beiden zurückbleibende Luftmenge ist u. s. w.

Das Aneinanderhaften zweier fester, einander innig berührender Körper mit nicht völlig aufeinanderpassenden Oberflächen kann aber verstärkt werden durch eine zwischen beide gebrachte dünne Flüssigkeitsschicht. In diesem Falle des Haftens, den man mitunter auch einfach als Adhäsion bezeichnet, handelt es sich aber schon um eine kompliziertere Erscheinung. Zunächst ist an allen den Stellen, wo Teilchen der festen Körper einander so nahe sind, dass eine Adhäsionswirkung noch eintreten kann, Adhäsion vorhanden. Ausserdem aber kommen noch zwei andere Faktoren in Betracht, nämlich die Adhäsion der betreffenden Flüssigkeit zu den festen Körpern und die Kohäsion der Flüssigkeit selbst, d. h. diejenige Anziehungskraft, vermöge deren die einzelnen Teilchen der Flüssigkeit aufeinander wirken. An den Stellen, wo eine Adhäsion zwischen Teilchen der festen Körper nicht mehr stattfinden kann, werden

immerhin noch diese beiden Kräfte wirksam sein. Will man daher zwei vermittels einer Flüssigkeitsschicht aneinanderhaftende feste Körper voneinander losreissen, so ist, ausser der Adhäsion der festen Körper zu einander, noch entweder die Kohäsion der Flüssigkeit oder die Adhäsion der letzteren zu den festen Körpern zu überwinden. Ersteres wird eintreten, wenn die Kohäsion der Flüssigkeit kleiner ist, als ihre Adhäsion zu den festen Körpern, d. h. wenn die Flüssigkeit diese zu benetzen im stande ist, letzteres, wenn die Kohäsion grösser ist, d. h. wenn die Flüssigkeit die festen Körper nicht zu benetzen vermag. Auf jeden Fall also wird das Aneinanderhaften zweier durch eine dünne Flüssigkeitsschicht getrennter fester Körper abhängen nicht nur von der Adhäsion zwischen den festen Körpern selbst, sondern ausserdem von der Adhäsion der letzteren zu der Flüssigkeit, und von der Kohäsion der Flüssigkeit.

Es wird daher das Aneinanderhaften der festen Körper vermittels einer Flüssigkeitsschicht ein um so festeres sein, je mehr einzelne Teilchen der festen Körper in nahe Berührung zu einander treten und je grösser andererseits die Kohäsion der Flüssigkeit und gleichzeitig deren Adhäsion zu den betr. festen Körpern ist. Die beiden letzten Eigenschaften aber sind diejenigen, welche das Wesen der Klebrigkeit einer Flüssigkeit bedingen, und je grösser daher die Klebrigkeit einer Flüssigkeit ist, desto mehr wird sie geeignet sein, die festen Körper aneinanderhaften zu lassen — wobei ich allerdings voraussetze, dass die zur Anwendung kommenden Flüssigkeitsschichten immer gleich dünn sind, da sonst hierdurch die Adhäsion der festen Körper zu einander verändert würde.

Daraus aber folgt, dass das „Kleben“ vermittels einer dünnen Schicht einer klebrigen Flüssigkeit physikalisch genau dasselbe ist, wie das Aneinanderhaften zweier fester Körper vermöge einer dünnen nicht klebrigen Flüssigkeitsschicht. Beide Erscheinungen unterscheiden sich nicht prinzipiell, sondern bloss graduell durch die Grösse einzelner in Betracht kommender Faktoren. Man kann also, wenn man bei Anwendung einer dünnen Flüssigkeitsschicht von „Kleben“ spricht, dieses „Kleben“ der „Adhäsion vermittels einer Flüssigkeitsschicht“ nicht eigentlich gegenüberstellen, und das um so weniger, als, bei Anwendung dünner Schichten, schon Flüssigkeiten, die wir noch kaum als klebrig bezeichnen und auch

nicht als Klebemittel anwenden, Haftwirkungen erzielen, welche wirkliche Klebstoffe in dicker Schicht nicht zu leisten vermögen.

Werden zwei verschiedene Stoffe in letzterer Art zum Kleben angewandt, wobei die Adhäsion der festen Körper zu einander also eliminiert ist, so hängt, wenn wir bei beiden gleiche Adhäsion zu den festen Körpern annehmen, ihre Wirkungsweise von der Grösse ihrer Kohäsion ab. Die Klebemittel, welche wir im gewöhnlichen Leben anzuwenden pflegen, sind derart, dass ihre Kohäsion meist durch Verdunstung des Lösungsmittels oder durch Erkalten bei warm angewendeten Mitteln rasch zunimmt. Ihre Wirkungsweise ist erst dann vollständig, wenn diese Kohäsion die eines festen Körpers geworden ist. So lange sie aber flüssig sind, vermag diese Kohäsion auch bei gut klebenden Substanzen nicht viel zu tragen, wie die alltägliche Erfahrung lehrt. Diese Art des Klebens mit dicken Flüssigkeitsschichten könnte nun allerdings jener oben erwähnten Art der Adhäsion als etwas wesentlich verschiedenes gegenübergestellt werden; sie kommt aber bei unserem Thema, bei den Haftballen des Laubfrosches, gar nicht in Betracht, da es sich hier, wie oben gezeigt wurde (s. S. 98), bloss um eine dünne Flüssigkeitsschicht handelt, und da diese, wie die direkte Beobachtung lehrt, nicht austrocknet, so lange der Laubfrosch festhaftet.

Wenn aber nachgewiesen ist, dass dergestalt bloss eine dünne Flüssigkeitsschicht in Frage kommt, so ist nach dem oben Gesagten klar, dass das, was man beim Laubfrosch als Adhäsion bezeichnet hat, dem Kleben nicht gegenübergestellt werden kann, weil letzteres hier gleichfalls nur auf einer Art Adhäsion beruhen würde, die sich von ersterer bloss durch Anwendung einer klebrigen Flüssigkeit unterscheiden würde. Es kann sich also höchstens darum handeln, festzustellen, ob das Sekret einer grösseren Klebrigkeit bedarf, um das Gewicht des Laubfrosches zu tragen, ob also die Klebrigkeit ein wesentlicher Faktor ist, oder nicht, oder ob die einfache Adhäsionswirkung, die immer vorhanden ist, als die Hauptursache des Festhaftens erklärt werden muss.

Ich habe schon oben erwähnt, dass auch Flüssigkeiten, welche nach unserem gewöhnlichen Sprachgebrauch noch kaum als „klebrig“ zu bezeichnen sind, doch schon ziemlich bedeutende Haftleistungen zu erzielen vermögen, wenn sie als dünne Schicht zwischen zwei adhärierende Körper gebracht werden, Leistungen, die jedenfalls bei

weitem genügen, das Gewicht eines Laubfrosches zu tragen. Um mich davon zu überzeugen, habe ich einige Versuche über die Grösse derartiger Leistungen bei verschiedenen Flüssigkeiten angestellt, die zwar keinen Anspruch auf physikalische Genauigkeit haben können, für unsere Frage aber doch als genügend erachtet werden dürften.

Einem Glasplättchen, das aus einem Objektträger geschnitten wurde und eine Oberfläche von ca. 16 qmm besass, wurde mit Kanadabalsam ein kleiner Haken aufgeschmolzen, an den man ein kleines Schälchen aufhängen konnte. Die freie Oberfläche des Plättchens wurde dann nacheinander mit verschiedenen Flüssigkeiten befeuchtet und an der Unterseite einer anderen Glasplatte leicht angedrückt, wodurch sie haften blieb; das herabhängende Schälchen konnte nun mit Gewichten belastet und dadurch die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Flüssigkeiten geprüft werden. Dabei ergab sich, dass bei Befeuchtung

mit destilliertem Wasser . . .	13 g,
„ Olivenöl . . . . .	15 „
„ Glycerin . . . . .	19 „
„ Gummi arabicum-Lösung .	26 „

auf die bezeichnete Art getragen werden konnten, wozu ausserdem jeweils das Gewicht des Glasplättchens mit dem Haken und das des Schälchens, im Gesamtbetrage von etwa 1 g hinzukommt. War die Flüssigkeit nicht in dünner Schicht nur vorhanden, sondern dicker aufgetragen, so vermochte sie natürlich fast gar nichts zu tragen. Selbst die Gummilösung konnte in diesem Falle nicht einmal das Glasplättchen allein festhalten. Daraus aber geht hervor, dass die Grundbedingung für das Festhaften jedenfalls das Vorhandensein einer Adhäsionswirkung vermittelt einer dünnen Flüssigkeitsschicht ist.

Da die Summe der Gesamtoberflächen der 18 Zehenendballen des Laubfrosches kaum viel weniger als 16 qmm betragen dürfte, und da ferner das Gewicht eines ausgewachsenen Laubfrosches in der Regel 3—4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> g nicht übersteigt, so ist klar, dass sich derselbe gleichfalls schon vermöge eines Sekretes, das dieselbe „Klebkraft“ wie destilliertes Wasser besitzt, festzuhaften im stande sein muss. Es ist also jedenfalls auch hier die „Adhäsion“ vermittelt einer dünnen Flüssigkeitsschicht das Wesentliche bei dem Vorgange des Haftens; und, wenn eine geringe Klebrigkeit des Sekretes noch

ausserdem dazu kommt, so kann sie das Festhaften zwar verstärken, ist aber zum Zustandekommen des Vorgangs nicht durchaus notwendig und deshalb von sekundärer Bedeutung.

Wie ich oben schon erwähnte, ist weiterhin dem Sekret der Amphibienhaut allgemein eine gewisse Klebrigkeit zuzuschreiben, welche, nach meinem Dafürhalten, kaum geringer sein dürfte, als die der Sekrete des Laubfrosches. Trotzdem aber sind die meisten anderen Amphibien<sup>1)</sup> nicht im stande, in der Art festzuhaften und zu klettern, wie es den Laubfröschen gegeben ist. Die Klebrigkeit des Sekrets allein befähigt also hierzu noch nicht! Alle diese anderen Formen entbehren aber auch der Fähigkeit, Flächen, welche zur Adhäsion geeignet sind, herstellen zu können, während die Laubfrösche dies mit den Endballen ihrer Zehen zu thun vermögen.

Aus diesen Gründen wird man daher, wie ich glaube, mit Recht schliessen dürfen, dass, wenn auch das Sekret der Laubfroschzehen eine gewisse Klebrigkeit besitzt, und wenn es auch vermöge dieser Eigenschaft das Festhaften wird verstärken können, trotzdem die Hauptsache hierbei die Bildung von zur Adhäsion geeigneten Flächen ist; dies aber ist eben durch den Bewegungsmechanismus der Endphalanx gewährleistet, welche ein Andrücken und eine Spannung der Plantarfläche und gleichzeitig die Herstellung einer dünnen Flüssigkeitsschicht ermöglicht! Will man also den Vorgang mit einem Worte bezeichnen, der das Wesen desselben hervorhebt, so ist es wohl am richtigsten, von Adhäsion zu sprechen.

---

<sup>1)</sup> Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf einige Angaben Wiedersheims über *Geotriton fuscus* aufmerksam machen, welche vielleicht doch geeignet sein dürften, den Zehenbau dieses Urodelen einmal genauer zu untersuchen. Wiedersheim berichtet von ihm, dass man ihn in Höhlen in der Umgebung Spezias „nicht nur an den glatten, senkrecht abfallenden und dazu noch von Wasser berieselten Kalkwänden mit Leichtigkeit emporklimmen, sondern sogar an der Decke der Grotte (also den Rücken nach unten, den Bauch nach oben gewandt, nach Art unserer Stubenfliegen) sich hin und her bewegen“ sähe ([38], pag. 36). Vergleicht man hiermit, was er an anderem Orte von demselben Tiere sagt, nämlich: „Die Extremitäten sind schlank, was namentlich in Rücksicht auf die breiten Hand- und Fussteller in die Augen springt“ ([37], pag. 41), so wird man, meine ich, unwillkürlich zu der Vermutung geführt, dass hier vielleicht ähnliche Verhältnisse wie an den Zehen des Laubfrosches obwalten möchten!

### III. Bau und Funktion der Haut des Bauches als Haftapparat.

Es dürfte nun noch die Erörterung der Frage am Platze sein, ob die Zehen des Laubfrosches es allein seien, welche das Festhaften ermöglichen, oder ob nicht vielleicht noch andere Körperteile hierbei in Betracht kommen könnten.

Schon Rösel meldet vom Laubfrosche<sup>1)</sup>: „Seiner schleimichten Haut ist es auch zuzuschreiben, dass wenn er an das glätteste Spiegelglas springet, selbiges mag auch gleich aufrecht stehen oder sich vorwärts neigen, er doch an solchen behangen bleibt“, wobei nicht speziell von den Zehenballen die Rede ist. Und auf einer der Tafeln bildet er einen am Glase sitzenden Frosch ab, welcher deutlich nicht bloss mit den Zehen, sondern auch mit der Haut des Bauches die Wandung des Glases berührt.<sup>2)</sup>

Jeder, der einmal selbst schon Laubfrösche gehalten hat, kann diese Beobachtung sicherlich aus eigener Erfahrung bestätigen.

Indessen dürfte wohl Leydig<sup>3)</sup> der erste Naturforscher gewesen sein, welcher darauf aufmerksam machte, dass mitunter „die Tiere am Glase bloss mit dem Bauch angeheftet sitzen, während die Zehen von der Glasfläche abgewendet sind.“

Das kommt in der That auch vor, und durchaus nicht selten habe ich beobachtet, dass wenigstens die Haftballen von zwei oder drei Extremitäten die Unterlage gar nicht berühren, während das Tier trotzdem fest sitzt. Es wird somit bewiesen, dass die Bauchfläche bzw. auch die Unterseite der Oberschenkel, beim Festhaften der Laubfrösche, in wesentlicher Weise mitwirken können. Es handelt sich nun nur noch darum, festzustellen, einmal, worauf die Haftfähigkeit der Bauchhaut beruht, und zweitens, welche spezielle Bedeutung dann den Haftballen der Zehen zuzuerkennen ist.

Rösel hatte der „schleimichten Haut“, also der Klebrigkeit des Drüsensekrets, die Fähigkeit der Laubfrösche, sich mit dem Bauche festzuhalten, zugeschrieben, während Leydig umgekehrt aus dieser Fähigkeit die Klebrigkeit des Sekretes zu folgern schien. Es tritt also auch hier wieder die Notwendigkeit an uns heran, zu entscheiden,

<sup>1)</sup> (29) pag. 40.

<sup>2)</sup> (29) Taf. IX, Fig. 4.

<sup>3)</sup> (18) pag. 99.

ob das Haften allein durch die „Klebrigkeit“ des Sekretes bedingt wird oder ob nicht vielmehr auch hier eine „Adhäsionswirkung“, die höchstens durch eine Klebrigkeit des Sekretes verstärkt werden kann, das Wesentliche ist. Wir werden ferner auch hier wieder die Frage zu erledigen haben, ob nicht etwa eine Saugwirkung vorhanden sein könnte. Zunächst müssen wir jedoch den anatomischen Bau der Bauchwandung, soweit es nötig erscheint, noch etwas näher ins Auge fassen, um eine Grundlage zur Beurteilung dieser Frage zu gewinnen.

Die Bauchhaut des Laubfrosches ist bekanntlich nicht glatt, wie z. B. bei *Rana*, sondern erhebt sich, wie schon die früheren Beobachter melden, „in rundliche, dicht zusammenstehende Warzen.“<sup>1)</sup> Auf Schnitten durch die Haut sieht man deutlich die durch Einfaltung der Epidermis entstehenden Furchen, welche zwischen jenen Warzen verlaufen, bezw. deren Entstehung veranlassen. Auf den Warzen münden die Drüsen aus, die in verschiedener Anzahl sich vorfinden; Leydig giebt „drei oder vier“ an; ich fand in der Regel mehr; doch mag dies nach verschiedenen Stellen des Bauches variieren. Eberth, welcher zuerst das Vorkommen von glatten Muskelementen in der Cutis der Amphibien richtig erkannte, giebt an, dass „die Haut des Bauches an glatten Muskeln sehr arm sei.“<sup>2)</sup> Indessen gelten diese Angaben wohl hauptsächlich für *Rana*. Denn, wenngleich ich ebenfalls die genannten Elemente in der Haut des Bauches weniger häufig und in weniger dichten Bündeln, als in der des Rückens angetroffen babe, so muss ich doch sagen, dass sie beim Laubfrosch nicht so gar selten vorkommen. Meist findet man sie auch hier in den senkrecht aufsteigenden Zügen des Bindegewebes, und zwar in der Regel unter den Furchen der Epidermis, bezw. unmittelbar zu deren Seiten. Auf die übrigen Verhältnisse der Epidermis und Cutis hier des näheren einzugehen, dürfte für unseren Zweck nicht notwendig sein.

Dagegen sind einige Punkte in der „gröberen“ Anatomie der Bauchwand für unsere Frage, wie ich glaube, nicht interesselos, Punkte, die soviel ich sehe, merkwürdigerweise in der Litteratur bisher keine Erwähnung gefunden haben.

---

<sup>1)</sup> (17) pag. 37.

<sup>2)</sup> (9) pag. 18.

Bei *Rana* gehen, nach Ecker<sup>1)</sup>, die Fasern des *Musc. obliquus externus* grösstenteils in eine Aponeurose über, die über die ventrale Fläche des *M. rectus abdominis* zur *Linea alba* geht; der Zeichnung Eckers nach hören die Muskelfasern am seitlichen Rande des *M. rectus abdominis* auf, bzw. am Rande von dessen seitlicher Portion, welche in die *Portio abdominalis* des *M. pectoralis* übergehe. Nach Schneider<sup>2)</sup> dagegen überschreiten bei *Rana* und *Bufo* die Fasern des *Obliquus externus* diesen Rand, „allein nur wenig.“

Beim Laubfrosch sind die Verhältnisse nun folgende: Der *Musc. rectus abdominis* besteht, wie bei *Rana*, aus zwei Portionen, einer medialen und einer lateralen. Der *Obliquus externus* setzt sich mit dem grössten Teil seiner Fasern in eine Aponeurose fort, welche, den *Rectus* bedeckend, zur *Linea alba* zieht. Die Muskelfasern hören aber nicht, wie bei *Rana*, am lateralen Rande der *Portio lateralis* des *Rect. abdominis* auf, sondern über dieser ganzen Portion, und, gegen den Ursprung des geraden Bauchmuskels zu, sogar teilweise über diesem selbst, findet man eine einschichtige Lage von Muskelfasern, welche dem *Obl. externus* zugehören, und die mit der Lupe als feine, zur Längsachse des *Rectus* fast senkrecht verlaufende Streifen zu erkennen sind; es reicht also beim Laubfrosch der *Obliquus externus* mit seinen muskulösen Elementen mindestens bis zum medialen Rand der Lateralportion des geraden Bauchmuskels, während er, wie erwähnt, beim Frosch nur bis zu deren lateralen Rande sich erstreckt. Die Überlagerung des *Rectus* durch Fasern des *Obliquus externus* findet nach vorn zu nur bis zu der Stelle statt, wo der eigentliche *Pectoralis* beginnt.<sup>3)</sup>

Ausser diesem abweichenden Verhalten der Muskulatur der Bauchwand ist aber beim Laubfrosch noch eine andere Besonderheit im Bau der letzteren zu beobachten, durch welche jene erst

<sup>1)</sup> (10) pag. 81.

<sup>2)</sup> (31) pag. 139.

<sup>3)</sup> Nach Meckel ([25] pag. 108) sollen bei *Hyla* „die schiefen Bauchmuskeln ausserordentlich dick“ sein; ich habe dies an den von mir präparierten Tieren nicht sehen können. Schon Klein ([15] pag. 22) berichtet, dass bei *Bufo* und *Hyla* der *Obliquus abdominis externus* „über den *Rectus* herüber gegen die Mittellinie gehe“; es ist mir indessen nicht ganz klar, ob Klein gemeint hat, dass dies nicht bloss mit der Aponeurose, wie bei anderen Anuren, sondern auch noch mit muskulösen Elementen geschähe.

Bedeutung erlangt. Wenn man nämlich ganz vorsichtig die Haut des Bauches in der üblichen Weise durch einen medianen Längsschnitt durchtrennt und nun, bei Vermeidung jedes Zuges, dieselbe zur Seite zu schlagen versucht, so bemerkt man, dass das nicht, wie beim Frosche, bis zu dem den Bauchlymphsack, *Saccus abdominalis*, vom *S. lateralis* trennenden *Septum abdominale* geschehen kann, ohne dass man einen Widerstand fände, sondern man sieht auf der ganzen Oberfläche des *Musc. pectoralis*, sowie weiter hinten auf der ganzen Fläche, auf welcher der *M. obliquus externus* Muskelfasern enthält, deutlich, dass hier ein Zusammenhang zwischen Haut und Muskulatur der Bauchwand vorhanden ist. Dieser Zusammenhang beruht, wie eine genauere Prüfung ergibt, auf dem Vorhandensein zahlreicher senkrecht von der Fascie aufsteigender Bindegewebssäulchen, welche sich an die Bauchhaut ansetzen. Es sind Bündel von starken Bindegewebsfibrillen, welche unmittelbar in solche der Fascie übergehen. Ohne dass also hier der Bauchlymphsack selbst in seiner Ausdehnung reduziert wäre, findet doch ein Zusammenhang zwischen Haut und Muskulatur statt, der an manchen Stellen, z. B. am hinteren Ende des *M. pectoralis*, ein so inniger werden kann, dass es mitunter sogar leichter ist, den Muskel von den darunterliegenden Muskeln abzupräparieren, als ihn von der Haut zu trennen.

Es ist nun die Frage, ob die geschilderten anatomischen Eigentümlichkeiten der Bauchwand uns Anhaltspunkte liefern für die Beurteilung von deren Funktion?

Die Verbindung zwischen Haut und Muskeln muss, meiner Ansicht nach, bei einer Kontraktion der *M. obliqui externi* und der *Pectorales* eine Spannung der Mitte des Bauches bewirken; eine solche ist aber in der That auch zu beobachten, wenn die Tiere mit dem Bauche am Glase festsitzen und ist sicherlich auch nötig, wenn eine Adhäsionswirkung stattfinden soll.

Dass eine Saugwirkung auch beim Haften der Bauchfläche nicht in Betracht komme, scheint mir sicher. Sie könnte nur durch eine Evacuierung der die Warzen der Haut umziehenden Furchen stattfinden; einmal aber ist die glatte Muskulatur, welche allein diesen Effekt erzielen könnte, doch recht schwach entwickelt, und zweitens sieht man auch hier, selbst bei Anwendung starker Lupen, keinen Hohlraum in den Furchen des festhaftenden Tieres, sondern man

bemerkt gerade im Gegenteil, dass die Furchen abgeflacht und ausgeglichen sind. Es scheint mir also auch hier ein Festhaften durch Ansaugen ausgeschlossen, da ja die Muskulatur des Stammes, soweit sie mit der Haut in Verbindung tritt, diese Wirkung erst recht nicht ermöglichen kann. Ja, die Spannung der Haut, welche durch diese hervorgerufen wird, zeigt vielmehr, dass die Grundbedingung für einen Adhäsionsvorgang, nämlich die Herstellung einer möglichst glatten Fläche, vorhanden ist, und man darf daher wohl annehmen, dass auch hier in diesem Vorgange der Grund des Festhaltens zu suchen ist.

Was nun wiederum die Frage nach der Bedeutung der Klebrigkeit des Sekretes betrifft, so dürfte es kaum möglich sein, ein Experiment anzustellen, welches diese Frage entscheiden könnte. Ich glaube aber, dass auch hier dieselben Argumente als ausschlaggebend vorgebracht werden dürfen, die ich oben schon erwähnt habe, vor allem auch das, dass andere Amphibien ein sicherlich nicht weniger klebriges Hautsekret als die Laubfrösche abcheiden, trotzdem aber nicht im stande sind, in der Weise, wie letztere es vermögen, festzuhaften, und dass daher erst die speziell den Laubfröschen zukommenden Eigentümlichkeiten, welche die Herstellung adhäsionsfähiger Flächen ermöglichen, es sind, welche sie zum Festhaften befähigen; damit ist aber dann auch hier bewiesen, dass nicht die Klebrigkeit des Sekretes, sondern die Adhäsion hierzu nötig und mithin das Wesentliche beim ganzen Vorgange ist.

Zum Schlusse bleibt uns nun noch die Frage zu erörtern übrig, welches denn die spezielle Bedeutung der Haftapparate der Zehen sei, wenn nicht sie allein es sind, welche das Festhaften ermöglichen. Diese Bedeutung dürfte, wie ich meine, wohl darin zu suchen sein, dass sie hauptsächlich beim Anspringen der Laubfrösche in Wirksamkeit treten und hierbei ein sofortiges Haftenbleiben ermöglichen, während die Adhäsion vermittels der Bauchwand erst bei dem schon festsitzenden Tiere gewissermassen zur Unterstützung jener wichtigsten Haftapparate in Anwendung käme. Dass die Laubfrösche übrigens befähigt sind, ohne Anwendung der Bauchfläche, allein vermöge der Zehen festzuhaften, kann man dadurch nachweisen, dass man einem Tiere ein die Fläche des Bauches und den Oberschenkel bedeckendes Leinwandläppchen, gewissermassen eine Art „Hemde“, umbindet, wodurch natürlich eine Adhäsion vermöge jener Flächen

unmöglich wird. Ich habe diesen Versuch, bei dem man natürlich besorgt sein muss, die Bewegungsfreiheit der Extremitäten möglichst wenig zu hemmen, wirklich ausgeführt und hierbei in der That beobachten können, dass allein vermöge der Adhäsion der Zehenballen ein Festhaften möglich ist, was ja auch kaum anders zu erwarten war.

---

Es möchte vielleicht notwendig erscheinen, an dieser Stelle noch die ähnlich wirkenden Haftapparate anderer Tiere, vor allem anderer Wirbeltiere<sup>1)</sup>, vergleichsweise zu besprechen. Ich glaube indessen hiervon doch absehen zu müssen, indem mir nämlich die über ähnliche Apparate bei Wirbeltieren vorhandenen Arbeiten nicht gründlich genug erscheinen, um eine ins Einzelne gehende Würdigung der Vorgänge zu ermöglichen, während andererseits die uns ferner liegenden Verhältnisse bei Insekten eine so umfangreiche Litteratur mit so vielen Einzelheiten und nicht wenigen Differenzen erzeugt haben, dass eine genauere Besprechung an dieser Stelle uns allzusehr auf ein ausserhalb unserer Aufgabe gelegenes Gebiet führen würde. Es mag genügen, zu betonen, dass auch bei den Insekten diejenige Anschauung, welche ein Festhaften auf Grund einer Adhäsionswirkung annimmt, als die zur Zeit am besten begründete erscheinen dürfte.<sup>2)</sup> Mit Rücksicht hierauf dürfte es allerdings von Interesse sein, dass auch wir beim Laubfrosch zu dem gleichen Resultate gelangt sind; andererseits aber muss man wünschen, dass — gleichfalls mit Rücksicht hierauf — die bei anderen Wirbeltieren vorkommenden Haftapparate bald eine neue und gründlichere Bearbeitung erfahren möchten!

Würzburg, den 26. März 1891.

---

<sup>1)</sup> Die diesbezügliche Litteratur findet man bei Simmermacher (35).

<sup>2)</sup> Ich verweise in dieser Hinsicht besonders auf eine Arbeit Dahls (5); die übrige Litteratur findet man sowohl da, wie in den oben citierten Aufsätzen von Dewitz (7 u. 8) und Simmermacher (34), wie in den gleichfalls schon gelegentlich angeführten Referaten von Emery (11) und Graber (13). Schliesslich ist noch auf eine neuere Arbeit von A. Ockler (26) hinzuweisen.

---

## Litteraturverzeichnis.

---

1. Bergmann, C. und Leuckart, R., Anatomisch-physiologische Übersicht des Tierreichs. Stuttgart 1852.
2. Boettger, O., Diagnoses reptilium et batrachiorum novorum a Carolo Ebenau in insula Nossi-Bé Madagascariensi lectorum. Zool. Anz. Bd. III, 1880.
3. Braun, M., Die histologischen Vorgänge bei der Häutung von *Astacus fluviatilis*. Arbeiten a. d. zool.-zoot. Institut Würzburg, Bd. II, 1875.
4. Brehms Tierleben, 2. Aufl., III. Abteil. 1. Bd. — Die Kriechtiere und Lurche von A. E. Brehm. Leipzig 1878.
5. Dahl, Fr., Die Fussdrüsen der Insekten. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 25, 1885.
6. Dewitz, H., Über das verschiedene Aussehen der gereizten und ruhenden Drüsen im Zehenballen des Laubfrosches. Biolog. Centralblatt, Bd. 3, 1884.
7. —, Über die Fortbewegung der Tiere an senkrechten, glatten Flächen vermittelt eines Sekretes. Pflügers Archiv f. Physiol. Bd. 33, 1884.
8. —, Über die Fortbewegung der Tiere an senkrechten, glatten Flächen vermittelt eines Sekretes. Zool. Anz. VII. Jahrg. 1884.
9. Eberth, Untersuchungen zur normalen und pathologischen Anatomie der Froshhaut. Leipzig 1869.
10. Ecker, A., Die Anatomie des Frosches. Braunschweig 1864—1882.
11. Emery, C., Fortbewegung von Tieren an senkrechten und überhängenden glatten Flächen. Biolog. Centralbl. Bd. IV, 1885.
12. Engelmann, Th. W., Die Hautdrüsen des Frosches. Pflügers Archiv für Physiologie, Bd. V, 1872.
13. Graber, V., Über die Mechanik des Insektenkörpers. I. Mechanik der Beine. Biolog. Centralbl. Bd. IV, 1885.
14. Heitzmann, C., Mikroskopische Morphologie des Tierkörpers. Wien 1883.
15. Klein, Beiträge zur Anatomie der ungeschwänzten Batrachier. Jahreshefte des Vereins für vaterländ. Naturkunde in Württemberg, VI. Jahrg. Stuttgart 1850.
16. Kölliker, A., Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 6. Aufl., I. Bd. Leipzig 1889.
17. Leydig, F., Über Organe eines sechsten Sinnes. Nova Acta Ac. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur. Vol. XXXIV 1868.
18. —, Über die allgemeinen Bedeckungen der Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. 1876. (Citate nach der separaten Ausgabe.)

19. Leydig, F., Über den Bau der Zehen bei Batrachiern und die Bedeutung des Fersenhöckers. *Morph. Jahrb.* Bd. 2, 1876.
  20. —, Die anuren Batrachier der deutschen Fauna. Bonn 1877.
  21. —, Neue Beiträge zur anatomischen Kenntnis der Hautdecke und Hautsinnesorgane der Fische. *Festschr. z. Feier d. 100jähr. Bestehens d. Naturf.-Gesellsch.* Halle a. d. S. Halle 1879.
  22. —, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn 1883.
  23. —, Zelle und Gewebe. Bonn 1885.
  24. —, Beiträge zur Kenntnis des tierischen Eies im unbefruchteten Zustande. *Zoolog. Jahrb., Abteil. f. Anat. u. Ontog.,* Bd. III, 1889.
  25. Meckel, J. F., *System der vergleichenden Anatomie*, III. Teil. Halle 1828.
  26. Oekler, A., Das Krallenglied am Insektenfuss. *Arch. f. Naturgesch.*, 56. Jahrg., 1. Bd. Berlin 1890.
  27. Pagenstecher, A., *Allgemeine Zoologie*. Berlin 1875—81.
  28. Pfitzner, W., Die Epidermis der Amphibien, I. *Morph. Jahrb.*, Bd. VI, 1880.
  29. Rüssel von Rosenhof, A. J., *Historia naturalis ranarum nostratum etc.*, 2. Aufl. Nürnberg 1800.
  30. Sarasin, P. u. F., *Ergebnisse naturwissensch. Reisen auf Ceylon*, Bd. II., Heft 2. Wiesbaden 1887.
  31. Schneider, A., Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Berlin 1879.
  32. Schreiber, E., *Herpetologia europaea*. Braunschweig 1875.
  33. Schulze, F. E., Epithel- und Drüsenzellen. *Arch. f. mikrosk. Anatomie*, Bd. 3, 1867.
  34. Simmermacher, G., Untersuchungen über Haftapparate an Tarsalgliedern von Insekten. *Zeitschr. f. wissensch. Zoolog.*, Bd. XII, 1884.
  35. —, Haftapparate bei Wirbeltieren. *Zoolog. Garten*, XXV. Jahrg., 1884.
  36. Wagler, J., *Natürliches System der Amphibien*. München, Stuttgart und Tübingen 1830.
  37. Wiedersheim, R., *Salamandrina perspicillata* und *Geotriton fuscus*. *Annali del Museo Civico, Genova*. Vol. VII, 1875.
  38. —, Die Kopfdrüsen der geschwänzten Amphibien und die Glandula intermaxillaris der Anuren. *Zeitschr. f. wissensch. Zoolog.*, Bd. 27, 1876.
  39. v. Wittich, Der Mechanismus der Haftzehen von *Hyla arborea*. *Müllers Archiv f. Anat. u. Physiol.*, 1854.
-

## Figuren-Erklärung

zu Tafel V und VI.

Alle Figuren mit Ausnahme von Fig. 12 beziehen sich auf *Hyla arborea*. Die mit Lupenvergrößerung gezeichneten Abbildungen wurden mit Hilfe des Zeiss'schen Präpariermikroskopes II entworfen, die nach mikroskopischen Präparaten ausgeführten hingegen mit einem Seibert'schen Mikroskop, unter Anwendung des Zeichenapparates.

- Fig. 1. Die beiden letzten Zehenglieder von unten (V. Zehe des rechten Fusses eines in Sublimat gehärteten Tieres); zeigt die häufig auftretende Längsfurche des Endballens.
- „ 2. III. Finger der linken Hand von unten; die Haut ist abgezogen.
- „ 3. Dasselbe Präparat, wie Fig. 2, nachdem die Grenzfaszie der Palmarseite des Haftballens in der Medianlinie aufgeschnitten und zur Seite gesteckt worden war.
- „ 4. Medianer Längsschnitt durch eine Zehe (III. Zehe des rechten Fusses). — Sublimat, Boraxkarmin, Paraff. Canadabals. — Oc. 0, Obj. 1, Zeichen-Apparat; Vergr. 30.
- „ 5. Querschnitt durch einen Zehenendballen, in der Gegend von \* (s. Fig. 4.) — (V. Zehe des rechten Fusses.) — Subl. Delafield'sches Hämatox., Paraff. Cdb. — Oc. 0, Obj. 1, Zeichen-Apparat; Vergr. 30.
- „ 6. Desgl.; in der Gegend von †; aus derselben Schnittserie. — Oc. 0, Obj. 1, Zeichen-Apparat; Vergr. 30.
- „ 7. Längsschnitt durch die Epidermis der Plantarseite eines Zehenendballens, von einem unmittelbar vor der Häutung stehenden Tiere (V. Zehe des linken Fusses). — Chrom-Essig-S., Pikrokarmiu, Paraff. Cdb. — Oc. 0, Hom. Imm.  $\frac{1}{12}$ , Zeichen-Apparat.
- „ 8. Längsschnitt durch die oberste Schicht der Epidermis der Plantarseite eines Endballens, von einem seit kurzem gehäuteten Tiere. — Subl. Boraxkarmin, Paraff. Cdb. — Oc. 1, Hom. Imm.  $\frac{1}{12}$ , Zeichen-Apparat.
- „ 9. Innere Partie der Epidermis der Plantarseite eines Endballens, aus einem Querschnitt durch einen solchen. — Subl. Par. (auf dem Objektträger gefärbt), Indigkarmin-Boraxkarmin, Cdb. — Oc. 1, Hom. Imm.  $\frac{1}{12}$ .
- „ 10. Epidermis der Ringfurche aus einem Längsschnitt durch den Endballen. — Subl. Boraxkarmin, Par. Cdb. — Oc. 0, Obj. 5, Zeichen-Apparat.
- „ 11. Epidermis von der Seitenfläche eines Zehenendballens, aus einem Querschnitt durch einen solchen. — Subl. Par. Indigkarmin-Boraxkarmin, Cdb. — Oc. 1, Hom. Imm.  $\frac{1}{12}$ .

- Fig. 12. Drüse aus einem Endballen, mit  $\frac{1}{3}$  Alkohol isoliert; der die Epidermis durchsetzende Teil des Ausführungsgangs ist abgerissen. — Hämatox., Cdb. — Oc. 0, Obj. 1, Zeichen-Apparat.
- „ 13. Zwischengelenkknorpel zwischen der 1. und 2. Phalange des IV. Fingers, unter der Lupe herauspräpariert. — Chrom-Essig-S., Hämatox., Cdb. — Oc. I, Obj. 1, Zeichen-Apparat.
- „ 14. Epidermis von der Unterseite der Phalangen von *Polypedates* (?). — Alkohol, Boraxkarmin, Par. Cdb. — Oc. 0, Obj. 5, Zeichen-Apparat.

- 
- ag* = Ausführungsgänge der Drüsen.  
*bz* = Bindegewebszellen.  
*cs* = Cuticularsaum.  
*cs'* = „ in der Ersatzschicht.  
*dr* = Drüsen (gewöhnliche).  
*EB* = Endballen der Zehen.  
*ep* = Epidermis.  
*F* = Längsfurche der Zehenendballen.  
*f* = Furchen zwischen den Epidermiszellen.  
*f'* = „ „ „ „ in der Ersatzschicht.  
*fl* = Sehne des Beugemuskels der Endphalanx.  
*GB* = Gelenkballen.  
*l* = Lymphraum des Endballens.  
*l'* = „ des vorletzten Zehengliedes.  
*m* = Glatte Muskelfasern.  
*n* = Nuclei.  
*p* = Parasiten der Epidermis.  
*PF* = Plantarfascie.  
*ph* = Phalanx des letzten Gliedes.  
*ph'* = „ des vorletzten Gliedes.  
*RF* = Ringfurche.  
*s* = Sehnenscheide.  
*zw* = Zwischengelenkknorpel.
-



