

Die Nervenendigungen im Gaumen und in der Zunge des Frosches.

Von

Albrecht Bethe.

Hierzu Tafel XII und XIII.

Seit Ehrlich im Jahre 1886 gezeigt hat, dass wir im Methylenblau ein vortreffliches Mittel haben, um den lebenden Nerven bis in seine feinsten Ausläufer zu färben, ist man von vielen Seiten bemüht gewesen, mit Hilfe dieser Methode die Frage der epithelialen Endigungen zu entscheiden. Bei allen diesen Arbeiten hat sich aber der Mangel an einer geeigneten Fixation der Färbung und des Gewebes geltend gemacht, welcher die Entscheidung über das Verhalten der Nervenendigungen zu den Zellen erschwert oder sogar unmöglich macht. Nur durch diesen Uebelstand der Methode ist es zu erklären, dass die Ansichten in dieser Frage so sehr weit auseinander gehen. Besonders auffallend ist die Verschiedenheit der Resultate, zu denen die verschiedenen Autoren bei der Untersuchung des beliebtesten Objectes, der Endplatten der Froschzunge, gelangt sind.

Der Erfinder der Methode, Ehrlich (1), sah, dass die Nerven „mit scharfen kleinen Knöpfchen“ an der Oberfläche der Sinneszellen endigen.

Der nächste Untersucher Arnstein (2) beschreibt ausser diesen knopfförmigen Endigungen, Continuität der Stäbchenzellen Merkel's (4) mit Nerven. Im Nachtrag zu einer späteren Arbeit (3) bemerkt er, dass er sich möglicherweise geirrt haben könnte und dass eine Continuität thatsächlich vielleicht nicht vorhanden wäre.

Im Gegensatz zu diesen beiden Forschern leugnet Retzius (6) jeden Zusammenhang von Nerv und Zelle, indem er annimmt, dass die Nerven alle frei zwischen den Epithelzellen endigen. Er sagt wörtlich: „Sowohl durch die oben beschriebenen Verhältnisse beim Salamander wie noch mehr durch die vermittelt der Methylenblaufärbung beim Frosch gewonnenen Erfahrungen

lässt sich wohl als sicher annehmen, dass die Endigungen der Nervenfäserchen eine interzelluläre und freie ist. Da ich ferner hier keine Art von Zellen gefunden habe, welche als „Sinneszellen“ aufgefasst werden können, und jedenfalls keinen Zusammenhang von Nervenfasern und derartigen Zellen sehen konnte, so darf ich mithin als das einzig Sichere annehmen, dass die Nervenfasern im Epithel frei endigen.“ Bei dieser Auffassung bleibt es allerdings unklar, weswegen in den Endscheiben Zellen vorkommen, welche von denen des übrigen Epithels ganz verschieden sind. Dass diese Sätze nur in der Weise aufgefasst werden können, dass er jeden Zusammenhang von Nerv und Epithelzelle (mit Ausnahme der Zellen der Nasenschleimhaut) leugnet, geht noch deutlicher aus seiner Zusammenfassung (5) unserer derzeitigen Kenntniss des sensiblen Nervensystems hervor, wo er folgendermaassen schreibt:

„Obwohl diese Untersuchungen gewiss noch in weiterem Umfang durchgeführt zu werden verdienen, so geht schon aus unserer jetzigen Kenntniss hervor, dass bei den Wirbelthieren von den Cyclostomen aufwärts, in der Körperhaut und in den Schleimhäuten die bei weitem grösste Menge der sensiblen Nervenfasern, ohne Terminalzellen oder sonstige directe Verbindung mit Zellen, unter mehr oder weniger reichlichen Verästelungen mit freien, in der Regel variösknotigen Endfasern zwischen den epithelialen Zellen endigen, wobei sie je nach den Umständen mehr oder weniger weit hinaus nach der Oberfläche hin laufen.“

In der Arbeit Fajerstajn's (10) (Feuerstein) aus dem Jahre 1889 wird eine neue Ansicht aufgestellt, dass nämlich die Sinneszellen nicht nur durch Endknöpfe, sondern auch mittelst ihrer wurzelartigen Ausläufer mit den Nerven in Berührung ständen. Die neuste Untersuchung über die Innervirung der Endscheiben von Niemack (8) combinirt die Ansicht Ehrlich's von der Contiguität der Nerven und Sinneszellen mittelst Endknöpfen, mit der Anschauung von Retzius, dass die Nerven frei zwischen den Zellen endigen, indem er beide Arten der Endigung beschreibt. Eine Contiguität der Zellwurzeln mit dem Nervenplexus leugnet er dagegen vollständig.

Um zwischen diesen verschiedenen Ansichten die richtige auszuwählen und überhaupt die wichtige Frage der epithelialen

Endigungen der Entscheidung näher zu bringen, schien es mir nothwendig, entweder die Methylenblaumethode in ihrer jetzigen Form gänzlich umzugestalten oder eine ganz neue Methode der Nervenfärbung ausfindig zu machen.

Wir besitzen nun zwar noch in der Golgi'schen Methode ein Mittel, um ebenfalls die Nerven bis in die feinsten Ausläufer sichtbar zu machen, aber sie verbindet mit dem Uebelstand der bisherigen Methylenblaufärbung, dass man die Zellen nur in sehr mangelhafter Weise sichtbar machen kann, eine grosse Menge anderer Nachtheile, und ich halte die Ansicht Arnstein's (3), dass sie bei der Beurtheilung epithelialer Verhältnisse auszuschliessen ist, für durchaus berechtigt. Besonders die Resultate von Fusari und Panasci (7) sprechen in unzweideutiger Weise gegen ihre Anwendbarkeit.

Die bisher angewandte Fixation der Methylenblau-Nervenfärbung mit Amoniumpikrat lässt zwar ein genaueres Studium der Objecte in soweit zu, als man Zupfpräparate anfertigen und auch Schnitte mit dem Gefriermikrotom machen kann. Sie zeigt aber dadurch grosse Uebelstände, dass ein Aufhellen der Präparate nur mittelst Glycerin möglich ist und eine geeignete Nachfärbung nicht geschehen kann. Es ist mir nun gelungen, eine Methode ausfindig zu machen, bei der alle Nachtheile der bisherigen Methoden vermieden und mit Sicherheit Präparate von hervorragender Güte erzielt werden.

1. Es ist nicht mehr nöthig, die zu untersuchenden Gewebstücke der Luft auszusetzen, was besonders bei centralen Theilen (Gehirn und Rückenmark, welche sich unter gewissen Bedingungen in brauchbarer Weise färben) sehr unangenehm ist.

2. Die Methode gestattet ein Nachfärben der Objecte mit dem grössten Theil der bewährten Tinctionsmittel, ebenso Nachbehandlung mit Argentum nitricum.

3. Die Gewebstücke können in Paraffin oder Celloidin eingebettet und im Mikrotom geschnitten werden. Die Schnitte können sowohl in Nelkenöl, wie in Xylol aufgehellt und in Canadabalsam aufbewahrt werden, wo sie sich, so weit die Erfahrungen reichen, nicht im geringsten verändern.

4. Die Fixation bringt gar keine Schwierigkeiten mit sich und erfordert nicht eine besondere Uebung wie die mit Ammoniumpikrat. Die Färbung bleibt bis in die feinsten Details erhalten

und zeichnet sich durch ein tiefes Dunkelblau aus, welches an Intensität das des gewöhnlichen Methylenblaus bei weitem übertrifft.

Mittelst dieser Methode, deren Veröffentlichung für eine spätere Gelegenheit in Aussicht genommen ist, da die Erfahrungen über ihre Anwendbarkeit noch erweitert werden sollen, habe ich von neuem die schon so oft untersuchten Endigungen in der Zunge und dem Gaumen des Frosches studirt, weil sie zur Entscheidung der oben erwähnten Fragen am günstigsten zu sein scheinen.

Zur Untersuchung verwandte ich etwa 30 Exemplare von *Rana esculenta* (Winter- und Sommerexemplare). Die Nerven wurden durch Methylenblauinjection gefärbt und mittels meiner Methode das Gewebe und die Färbung fixirt. Die meisten Präparate wurden nachgefärbt und die Schnitte mit Paraffineinbettung hergestellt. Die Untersuchung geschah in Canadabalsam.

Die Nervenendigungen im Epithel der Endplatten und Sinneshügel.

Auf der Zunge und am Gaumen des Frosches findet sich eine grosse Anzahl spezifischer Sinnesorgane, welche sich im Bau wesentlich vom übrigen Epithel, das ich der Kürze wegen als Deckepithel bezeichnen will, unterscheiden. Sie sind unter sich nur dadurch verschieden, dass die der Zunge flach sind, während die des Gaumens sich deutlich hervorwölben. Aus diesem Grunde behalte ich für die Sinnesorgane der Zunge die alte Bezeichnung „Endplatte“ bei und nenne die des Gaumens „Sinneshügel“.

Diese Organe wurden im Jahre 1857 zuerst von Leydig und Fixen genauer beschrieben und sind nachher noch oft Gegenstand der Untersuchung gewesen. Ich übergehe es, die Resultate mitzutheilen, weil sie Retzius (6) mit ziemlicher Genauigkeit referirt hat, und will nur mit einigen Worten die neuesten Untersuchungen berühren.

Merkel (4) unterscheidet in den Endscheiben drei Arten von Zellen, das sind die Cylinderzellen (Becherzellen Engelmann's (9)), welche die Begrenzung nach der Mundhöhle zu bilden, die Flügelzellen, welche die Cylinderzellen mit ihren lappigen Fortsätzen umfassen, im übrigen aber unter denselben liegen, und die Stäbchenzellen (Cylinderzellen Engelmann's), welche Merkel als die eigentlichen Sinneselemente auffasst. Das Vorkommen einer vierten Zellenart, der Gabelzellen Engel-

mann's bestreitet er. Sie sind aber neuerdings von Fajerstaj n (10) wieder beschrieben und abgebildet worden, und ich selber habe sie sowohl in Zupfpräparaten, wie in Methylenblaupräparaten mit grosser Deutlichkeit gesehen (siehe Fig. 1, Taf. XIII).

Was die Flügelzellen Merkel's anbetrifft, so habe ich mich von ihrer Existenz nicht mit Sicherheit überzeugen können, weil ich sie durch Maceration nie deutlich dargestellt fand. Auch Leydig (11) scheint sie nicht gesehen zu haben, denn er thut ihrer gar keine Erwähnung; dagegen werden sie von Fajerstaj n beschrieben und abgebildet.

In Methylenblaupräparaten habe ich allerdings auch hin und wieder ebenso wie Arnstein (2) und Retzius (6) Zellgebilde gesehen, welche den Flügelzellen ähnlich sahen. Mögen sie nun existiren oder nicht; auf jeden Fall kann ich die von Merkel gegebene Abbildung des Zellmosaiks an der Oberfläche einer Endscheibe nach meinen Erfahrungen nicht als richtig bezeichnen. Er giebt hier die Flügel der Flügelzellen als unterbrochene Linien zwischen den Enden der Cylinderzellen an und zeichnet in den Lücken die Enden der Stäbchenzellen als kleine Kreise. Man kann sich nun an frischen Endscheiben und besonders an Silberpräparaten davon überzeugen, dass die Spalten zwischen den Cylinderzellen von einem ununterbrochenen Kittnetz ausgefüllt sind (siehe Fig. 3, Taf. XIII), in welchem hellere Kreise von zwei verschiedenen Durchmessern liegen. Diese Verhältnisse wurden von Engelmann durchaus richtig erkannt und gezeichnet. Er nimmt die grösseren Kreise für die Enden seiner Cylinderzellen (Merkel's Stäbchenzellen) und die kleinen für die Enden der Gabelzellen, was sie wohl auch zum Theil sind.

In diesen Sinnesorganen der Zunge und des Gaumens, welche aus den geschilderten Zellelementen aufgebaut sind, findet sich nach meinen Präparaten eine grosse Menge verschiedenartiger Nervenendigungen, welche ich nach folgenden Gesichtspunkten unterscheide:

1. Freie Endigungen zwischen den Cylinderzellen, welche die Oberfläche erreichen.
2. Endigungen mit Endplatten an Epithelzellen.

In dieser Gruppe mache ich wieder folgende Unterschiede:

- a) Endigungen mit dreilappigen Endplatten an den Cylinderzellen.

b) Endigungen mit runden Endplatten an Stäbchenzellen, Gabelzellen und tiefen Cylinderzellen (?).

Diese verschiedenen Endigungen kommen von denselben Nerven und es stehen nicht, wie man vielleicht erwarten könnte, die Endigungen je einer Art mit je einem bestimmten markhaltigen Nerven in Verbindung (siehe Fig. 3, Taf. XII und Fig. 4, Taf. XIII).

Die freien Endigungen an der Oberfläche der Endscheiben wurden vor mir schon von Retzius (6) und Niemack (8) gesehen. Die Nervenfaser spaltet sich ziemlich entfernt von der Peripherie vom Hauptnerven ab und tritt meist in senkrechtem Lauf nach oben, um zwischen zwei Cylinderzellen mit einem langgestreckten Endkolben zu endigen. Diese Endanschwellung kann, wie schon Retzius angegeben, die Cylinderzellen etwas überragen (siehe Fig. 2 u. 4, Taf. XIII). Sie finden sich besonders häufig am Rande der Endplatten und Sinnesbügel selten in der Mitte. Dadurch, dass es bei meiner Methode gelingt, die Methylenblaupräparate mit *Argentum nitricum* nachzubehandeln, bin ich im Stande, genau den Ort anzugeben, wo diese Nervenendigungen an die Oberfläche treten (siehe Fig. 3, Taf. XIII). Man sieht die blauen Endknöpfe auf einem solchen Präparat innerhalb der kleinen schon vorher beschriebenen Kreise des Zellmosaiks. Zu diesen Lücken der Kittsubstanz treten also nicht nur, wie Engelmann (9) annahm, die Ausläufer der Gabelzellen, welche bedeutend dünner sind als die der Stäbchenzellen, sondern der grössere Theil derselben ist, so weit sich die Verhältnisse beurtheilen lassen, für die freien Nervenendigungen in Anspruch zu nehmen. Nach Niemack soll nun in „guten Präparaten“ zwischen je zwei Cylinderzellen eine freie Endigung sein; da nun aber gar nicht zwischen je zwei Cylinderzellen ein heller Kreis in der Kittsubstanz sichtbar ist, so glaube ich, die Richtigkeit dieser Beobachtung bezweifeln zu dürfen.

Die zweite Art der Nervenendigung ist die an Zellen mittelst Endplatten. Zwar sind sowohl von Ehrlich (1), wie von Arnstein (2) und Niemack (8) Endigungen an Zellen mittelst „Knöpfen“ gesehen worden. Jedoch wird diese Beobachtung erst mit Sicherheit als richtig erkannt, wenn sie durch eine Reihe von Zupfpräparaten bestätigt werden kann.

Bei meiner Methode der Methylenfixirung gelingt es häufig

sehr gut, die Zellen zu isoliren, besonders bei Nachbehandlung mit Holzessig. Man sieht dann an den losgezupften Zellen meist den zugehörigen blaugefärbten Nervenfaden mit sammt der Endplatte hängen (siehe Fig. 3 u. 4, Taf. XII). Die Endplatten scheinen sehr fest zu haften und schmiegen sich, so weit man mit den stärksten Vergrößerungen sehen kann, ganz dicht an die Zelloberfläche an. Ein Eindringen irgend welcher Theile des Nerven von der Endplatte aus in die Zelle hinein habe ich niemals beobachten können. Auffallend ist es, dass bei den Zellen, welche mit Nervenfasern per contiguitatem in Zusammenhang stehen, der Kern sich mit Alaun-Cochénille dunkler und gleichmässiger färbt als bei anderen Zellen (siehe Fig. 5, Taf. XII). Hiervon machen nur die Cylinderzellen eine Ausnahme, bei denen der Kern sich in der Regel nicht von dem der gewöhnlichen Zellen unterscheidet, sondern wie dieser ein helles, körniges Aussehen zeigt.

Die dreilappigen Endplatten an den Cylinderzellen sind als solche bis jetzt von Niemand erkannt worden. Retzius bildet an der Stelle, wo sie liegen müssen, hin und wieder Anschwellungen des Nerven ab, scheint sie aber immer für gewöhnliche Varicositäten des Nerven gehalten zu haben. Nicht bei allen Präparaten findet man diese Endigungen gut gefärbt und in Hügeln, die sonst eine recht vollkommene Nervenfärbung zeigen, sind sie oft gar nicht zu finden. Wo sie aber auftreten, sieht man oft eine ganze Anzahl nebeneinander. Diese Endplatten zeigen von der Fläche gesehen eine deutlich kleeblattartige, dreilappige Form (Fig. 2 u. 3, Taf. XII). Von der Seite sieht man sie als flache Scheiben, in welche der Nerv mit kurzer kegelförmiger Verbreiterung übergeht. Wenn mehrere an einem Nervenfaden sitzen, so imponiren sie bei schwächerer Vergrößerung nur als Varicositäten und man muss starke Immersionen anwenden, um zu sehen, dass der Nerv nicht direkt in die Platte übergeht und sich auf der andern Seite wieder verjüngt, sondern vielmehr über der Platte fortläuft und nur durch einen kurzen dicken Stiel mit ihr verbunden ist. Der Ansatz der Platten an die Zellen erfolgt in verschiedener Höhe oft oberhalb des Kernes, aber auch häufig dem Kern gegenüber. Niemals aber legen sich diese Platten von unten an die Cylinderzellen an (Taf. XII, Fig. 2, 3 u. 5).

An den Stäbchenzellen, welche Merkel als die einzigen Sinneszellen bezeichnet, setzen sich die Nerven mit runden Endplatten an. In Fig. 1, Taf. XII und Fig. 4, Taf. XIII sind eine ganze Anzahl solcher Endplatten von der Fläche zu sehen, wo man deutlich ihre runde Form wahrnimmt. Von der Seite sieht man sie als Kreisabschnitte, so dass man sie sich also körperlich als Kugelsegmente vorzustellen hat. Sie setzen sich fast immer unterhalb des Kernes an die Stäbchenzellen an, da wo der Zellkörper anfängt sich nach unten hin zu verzüngen (Taf. XII, Fig. 3, 4 u. 5). Nicht selten zeigen die runden Endplatten von der Peripherie zum Pol, an dem der Nerv ansetzt, verlaufende Streifen (Fig. 3, Taf. XII).

In derselben Weise wie an die Stäbchenzellen setzen sich Nerven an die Gabelzellen mit runden Endplatten an (Fig. 1, Taf. XIII).

Die dritte Zellenart, an der Endigungen mit runden Endplatten beobachtet wurden, wird von Fajerstajn abgebildet und von mir in jedem Sinneshügel gefunden. Bei diesen Zellen, welche gleich unter den Cylinderzellen liegen, ist der Kern wie bei diesen meist quer gestellt; im übrigen zeigen sie keine besonderen Merkmale; der Körper nimmt die Form an, wie sie von den umliegenden Zellen bedingt wird. Es ist möglich, dass es Cylinderzellen sind, welche durch Wachstumsverhältnisse in die Tiefe gedrängt sind. Eine Endigung an einer derartigen, isolirten Zelle sieht man in Figur 3 (Taf. XII).

Eine Continuität der Nerven mit den Stäbchenzellen habe ich nicht gesehen. Ich halte es aber für leicht möglich, sie mit schwachen Vergrößerungen an gebläuten Zellen irrthümlicher Weise zu beobachten, wie es Arnstein gethan.

Die gefärbten Zellen sind nach meiner Meinung zur Beurtheilung der Nervenendigung überhaupt nicht oder nur in seltenen Fällen heranzuziehen; Niernack hat grade das Gegentheil gethan und seine Resultate hauptsächlich aus solchen Präparaten abgeleitet, wo zugleich Nerven und Zellen blau gefärbt waren. Da er nun hauptsächlich die Stäbchenzellen blau gefärbt fand und der Meinung ist, dass nur an diesen die Nerven endigen, so hat er die Behauptung aufgestellt, dass um diese Zellen ein Mantel gebreitet sei, der die Vermittlerrolle zwischen Nerv und Zelle übernimmt. Er sieht einen Beweis für diese Ansicht darin, dass sich

das Blau bei den gefärbten Zellen ganz an der Oberfläche befindet. Nach meinen Präparaten und nach Arnstein's und Retzius' Angaben haben nun nicht nur die Stäbchenzellen, sondern auch sämtliche andern Epithelzellen die Eigenschaft, sich hin und wieder in ganz derselben Weise zu färben. Es liegt also gar kein Grund vor, in dem blauen Mantel der Stäbchenzellen, welcher nach meiner Ansicht gar kein Mantel, sondern die gefärbte Zellmembran ist, etwas functionell besonderes zu sehen.

Die Nervenendigungen im Deckepithel.

(Nur beim Gaumen untersucht.)

Das Deckepithel wird nach der Mundhöhle zu von einer Lage grosser Wimperzellen gebildet, welche nur hin und wieder durch die Ausführungsgänge der darunterliegenden Drüsenzellen unterbrochen wird. Zwischen den Wimperzellen und dem Bindegewebe liegen ausser den Drüsenzellen eine Menge in mehreren Schichten angeordneter Epithelzellen, unter denen sich einzelne durch dunkel tingirbaren Kern und spindelförmigen Zellkörper auszeichnen.

Ich erzielte im Deckepithel weit seltener gute Färbung der Nervenendigung als bei den Endplatten, und der Grund dafür liegt wohl darin, dass die Versorgung durch das Blut, welches den Farbstoff mit sich führt, in den Sinneshügeln und Endplatten weit besser ist als am Deckepithel, was leicht an jedem Flächenpräparat zu erkennen ist.

Freie Endigungen, wie sie in den Endplatten zwischen den Cylinderzellen vorkommen, habe ich im Deckepithel nicht gefunden, dagegen drei Arten von Endigungen an Zellen.

1. Endigungen an Drüsenzellen,
2. Endigungen an Wimperzellen,
3. Endigungen an tieferen Epithelzellen mit dunklen Kernen.

An den Drüsenzellen, wie sie in grosser Anzahl im Epithel des Gaumens vorhanden sind (Fig. 4, Taf. XIII, *Dz.*) sieht man nicht grade häufig unterhalb des Kernes einen kleinen blauen Knopf sich anlegen, welcher mit einer Faser in Zusammenhang steht. Diese Fasern konnten aber nie weiter verfolgt werden.

Die Endigungen an Wimperzellen sind höchst interessant.

An den Stellen, wo sie überhaupt gefärbt sind, findet man sie fast an jeder derartigen Zelle.

Die Fasern treten ziemlich senkrecht nach oben, verlaufen sich selten in zwei Aeste spaltend über die Flimmerzellen hin und setzen sich weit über dem Kern mit einer dreilappig, kleeblattförmigen Platte an den Zellkörper an. Von dieser Platte (Fig. 6, Taf. XII u. Fig. 4, Taf. XIII) verläuft ein feinerer Faden noch in peripherer Richtung weiter, um in der Nähe des Ansatzes der Wimperhaare ohne Endanschwellung zu enden.

Die dunkelkernigen Zellen, an denen ebenfalls Nerven und zwar mit runden Endplatten endigen, liegen ziemlich sparsam im Epithel zerstreut. Zwei solche Zellen sind auf Taf. XIII, Fig. 4 (sz.) zu sehen. Ihre Form ist, wie erwähnt, meist spindelförmig und sie liegen bald näher, bald weiter von der Oberfläche entfernt. Die Nerven, welche zu diesen Zellen herantreten, stehen mit denen, welche an den Wimperzellen endigen, augenscheinlich in gar keinem Zusammenhang. Ehe ich aber diese Innervationsverhältnisse auseinander setze, ist es nöthig, einen Blick auf die Vertheilung der Nerven des Gaumens im allgemeinen zu werfen.

Die Vertheilung der Nerven im Gaumen.

Bevor ich zu den Thatsachen übergehe sei bemerkt, dass ich die Varicositäten der marklosen Nervenfasern für Kunstprodukte zu halten geneigt bin. Dafür spricht, dass sie nicht in jedem Fall auftreten, und, wenn sie vorhanden sind, in der Zahl ausserordentlich schwanken. Dann kann ich aber mit Bestimmtheit angeben, dass ich sie im Bauchmark von *Astacus* unter dem Mikroskop habe entstehen sehen. Das Thier war mit Methylenblau injicirt, das Bauchmark auf den Objektträger gebracht und ich sah, wie eine ganze Anzahl anfangs ganz glatter Fasern an einzelnen Stellen aufquollen und nun die charakteristischen Varicositäten zeigten. Indessen habe ich da, wo Varicositäten in meinen Präparaten vorhanden waren, sie auf den Zeichnungen mit angegeben.

Betrachtet man mit Methylenblau behandelte und vortheilhafter Weise mit Alaun-Cochenille nachgefärbte Flächenpräparate des Gaumenüberzugs, so fallen einem schon bei flüchtiger Besichtigung zwei verschiedene Nervennetze auf. Das eine entsteht aus den beiden Hauptnerven, welche im vordern Drittel des Prä-

parates von oben herab treten und sich schnell in eine grosse Anzahl von Zweigen theilen, die wieder unter einander in Verbindung stehen. Diese ziemlich gradlinig verlaufenden Nervenbündel werden leicht als aus markhaltigen Nerven bestehend erkannt.

Aus den stärkeren Stämmen lösen sich einige wenige marklose Nervenfasern ab, welche ein zweites Netz bilden, das in mehreren Schichten angeordnet ist. Die Fasern dieses Netzes bilden wirkliche Anastomosen mit vielfachen, eingestreuten Kernen und verlaufen in stark geschlängelten Linien (Fig. 8, Taf. XII).

Die markhaltigen Nervenfasern versorgen vorzugsweise die Sinnes Hügel und die Untersuchung dieser Verhältnisse ergibt recht interessante Resultate. Es treten in jeden Hügel zwei Nervenfasern ein, welche sich in demselben bäumchenartig, aber in sehr variirender Weise verzweigen und dort die bereits beschriebenen Endigungen eingehen (Fig. 5, Taf. XIII).

Nun wird von Fajerstajn (10) und Niemack (8) im Gegensatz zu Arnstein (2) und Retzius (6) angegeben, dass die durch Theilung der markhaltigen Fasern entstandenen Aeste unter einander Anastomosen eingehen und besonders nach dem Eintritt in's Epithel wirkliche Netze bilden. Diese Beobachtung klingt schon, vom physiologischen Standpunkt aus betrachtet, ausserordentlich unwahrscheinlich, weil dadurch der Vortheil der isolirten Nervenleitung gänzlich annullirt würde.

Die Beurtheilung der Verhältnisse ist nun allerdings besonders in den Endplatten der Zunge, welche sich vor den Sinneshögen des Gaumens durch bedeutenden Nervenreichthum (es treten 6—8 markhaltige Fasern ein) auszeichnen, überaus schwierig und es gelingt nur bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen, die feinen Nervenetze aufzulösen. Ich habe die Frage sowohl an Sagittalschnitten, wie an Flächenschnitten der Zunge und des Gaumens eingehend mit Hülfe der Oelimmersion von Leitz $\frac{1}{16}$ und der apochromaten Immersion von Zeiss (Abstand 1,50 mm) untersucht und glaube mit Bestimmtheit versichern zu können, dass Anastomosen nicht vorkommen, weder zwischen den Aesten eines und desselben Nerven, noch zwischen denen verschiedener Nerven. Wenigstens habe ich in einer grossen Anzahl vorzüglicher Präparate nichts dergleichen entdecken können.

Wenn einmal in einen Hügel mehr als zwei Nerven ein-

treten, was nicht selten geschieht, so gelingt es fast immer beim Verfolgen in proximaler Richtung zu finden, dass diese Mehrzahl durch Theilung aus dem einen Nervenfasern oder aus beiden entstanden ist, dass also thatsächlich doch nur Elemente aus zwei gesonderten Nervenfasern den Hügel versorgen. Verfolgt man nun (und das darf, wenn Irrthümer vermieden werden sollen, nur mittelst Immersion geschehen) eine in einen Hügel eintretende Faser genau in ihrem Verlauf, so findet man, dass sie nicht nur diesen einen Hügel versorgt, sondern ausserdem noch zu drei weiteren Hügeln verläuft und sich in denselben verzweigt. (Man verfolge die blau gezeichnete Faser *b* in Fig. 6, Taf. XIII, welche sich in den Hügeln *III*, *IV*, *V* und *VI* verzweigt.)

Wenn man nun die zweite in einen dieser vier Hügel eintretende Faser, z. B. die schwarz gezeichnete Faser *c*, welche in den Hügel *VI* eintritt, in ihrem Verlauf verfolgt, so sieht man, dass sie sich in keinem der drei andern Hügel verzweigt, aber weiterhin zum Hügel *II* und *XVI* tritt. Ebenso erhalten die Hügel *V*, *IV* und *III*, welche mit dem Hügel *VI* eine gemeinsame Faser hatten, ihre zweite Versorgung aus je einem andern Nerven, welcher seinerseits wieder mit je drei andern Hügeln in Verbindung tritt. Es existirt also immer nur ein Hügel, welcher von denselben beiden Nervenfasern innervirt wird. (Die Erklärung dieser sonderbaren Innervationsverhältnisse findet sich im nächsten Kapitel.)

Uebrigens ist diese Einrichtung nicht immer ganz durchgeführt. So kamen einige wenige Fälle zur Beobachtung, wo mehrere Hügel von denselben beiden Fasern innervirt wurden (Hügel *X*, *XI* und *XII*, Fig. 6).

Bald nach dem Eintritt der markhaltigen Fasern in die Hügel geben sie einen oder auch mehrere, meist stark varicös erscheinende Fasern ab, welche den Hügel wieder verlassen und dicht unter dem Epithel dahinlaufend sich vielfach verzweigen. Diese Zweige füllen den Raum zwischen den Hügeln aus und schieben sich mit denen, welche von den benachbarten Hügeln ausgehen, durcheinander, ohne mit ihnen jemals Anastomosen einzugehen. (Ein Theil dieser Verzweigungen ist auf der rechten Seite der Fig. 5 angegeben.) Es kommt nun nicht selten vor, dass der zweite Nerv eines Hügels nicht vom Hauptplexus herabsteigt, sondern von einem benachbarten Hügel aus diesen varicösen

Zweigen her kommt. (Diese Nerven sind auf Fig. 6 punktirt angegeben.) Die Hauptmasse derselben tritt aber zwischen die Zellen des Deckepithels und begiebt sich hier zu den vorher erwähnten dunkelkernigen Zellen, um an ihnen mit Knöpfen zu enden (Taf. XIII, Fig. 4, Sz.).

Was nun das zweite aus marklosen Nervenfasern bestehende Netz des Gaumenüberzuges anbetrifft, so ist es schon früher an Chlorgoldpräparaten gesehen und auch von Arnstein (2) an Methylenblaupräparaten beobachtet worden. Neuerdings hat Dogiel (12) in der Haut der Genitalorgane des Menschen ein ähnliches Netz genauer beschrieben. Er hat den Zusammenhang mit dem Blutgefässsystem richtig erkannt, wenn er aber glaubt, dass die zum Epithel heraufsteigenden Aeste mit den Fasern, welche aus markhaltigen Nerven stammen, anastomosiren, so constatire ich, dass ich beim Frosch dieser Annahme entsprechende Verhältnisse nicht habe finden können.

Die aus den Hauptnerven sich ablösenden marklosen Fasern (Taf. XII, Fig. 8, F.) gehen bald in Zellen über, deren Kerne sich mit Alaun-Cochenille deutlich roth färben. Von diesen Zellen aus gehen mehrere Fasern zu ähnlichen Zellen, in die sie ohne merkliche Unterbrechung übergehen. Auf diese Weise entsteht ein in mehreren Schichten angeordnetes weitmaschiges Netz. Die tiefstliegenden Zellen desselben berühren schon zum Theil das Epithel und senden in dasselbe Aeste. Ein anderer Theil dieser nervösen Zellen tritt mittelst seiner Fortsätze in directe Verbindung mit einem ähnlichen Netz, welches die Arterien und Venen umspinnt (Taf. XII, Fig. 7).

In Uebereinstimmung mit Dogiel kann ich angeben, dass sich von diesem der Tunica externa aufliegenden Netz Aeste in die Tiefe senken, um zwischen der Ringmuskelschicht und der Tunica externa ein zweites Netz zu bilden. Zwar sieht man hin und wieder blaue Knöpfchen zwischen den Ringmuskeln liegen, ob sie aber mit den Muskelzellen in einem directen Zusammenhang stehen, konnte ich nicht entscheiden.

Von den Aesten dieses kernführenden Nervennetzes, die sich ins Epithel begeben (Taf. XIII, Fig. 4, Gz.), kann ich mit Bestimmtheit sagen, dass sie bis zur Oberfläche des Deckepithels heraufsteigen und hier mit den oben beschriebenen dreilappigen, geschwänzten Platten an den Wimperzellen enden. Vielleicht

geben sie auch noch die Innervirung für die Drüsenzellen (Fig. 4, Dz.) ab; doch will ich das nicht mit Bestimmtheit aussagen. Auf keinen Fall aber treten sie in irgend welche Verbindung mit den varicösen Fäden, welche aus den markhaltigen Fasern stammen.

Theoretische Betrachtungen.

Schon oftmals, zuletzt von Fajerstajn (10), ist die Ansicht geäußert worden, dass die Endscheiben der Froschzunge und des Gaumens keine Geschmacksorgane, sondern wesentlich Tastorgane seien. Ich finde, dass diese Ansicht viel für sich hat. Erstens nimmt der Frosch fast nur stark cuticularisirte Thiere als Nahrung, welche er ganz herunterschluckt, ohne sie zu zerkleinern. Dabei kann er schwerlich einen Geschmack von den Speisen haben. Kleinere Insekten werden sehr schnell verschluckt, so dass sie kaum mehr als eine Sekunde im Maul verbleiben. Ich habe auch nie bei Fröschen oder Kröten, welche ich früher Jahre lang selbst gefüttert habe, beobachten können, dass sie eine andere Auswahl in ihrer Nahrung treffen, als in Bezug auf die Grösse der Bissen. Sie ziehen kleine Thiere grösseren vor, aber nehmen ebenso gern Fliegen, wie Mehlwürmer oder bewegte Fleischstücke. Allerdings verabscheuen sie stinkende Käfer, aber diese werden gar nicht erst ins Maul genommen.

Packt man einen Frosch so, dass man den Zeigefinger in das geöffnete Maul steckt und mit dem Daumen von aussen gedrückt, so beruhigt er sich nach einiger Zeit und hängt schlaff herunter. Wenn man nun ganz verdünnte Essigsäure oder Pikrinsäure nimmt, welche vom Menschen grade noch die eine sauer, die andre bitter geschmeckt werden, und betupft damit die Zunge, so findet gar keine Reaction statt. Man muss schon $\frac{1}{2}\%$ Lösungen anwenden, um eine Reaction hervorzubringen. Etwa 2—3 Sekunden nach Applikation macht das Thier heftige Abwehrbewegungen mit den Vorderbeinen. Diese treten nun aber nicht nur auf, wenn man die Pikrinsäure oder die Essigsäure auf Stellen bringt, an denen Endplatten vorhanden sind, sondern auch dann, wenn sie an andern Orten der Mundschleimhaut, z. B. am Anfang des Oesophagus applicirt werden. Man kann also nicht sagen, dass diese Aeusserungen des Unbehagens, von denen es schwer zu entscheiden ist, ob sie durch wirkliches Schmecken

der Substanzen, oder durch chemischen Reiz beliebiger epithelialer Nervenendigungen hervorgerufen werden, in erkennbarer Beziehung zu den Endplatten stehen. Da nun diese Reactionen erst nach etwa 2—3 Sekunden eintreten, so ist wohl kaum anzunehmen, dass wir es hier mit Schmecken zu thun haben. Die Einrichtung würde für das Thier von gar keiner Bedeutung sein, da, wie schon erwähnt, kleine Bissen oft sehr schnell heruntergeschluckt werden, so schnell, dass das Thier sie erst schmecken würde, nachdem der Bissen schon im Oesophagus eingetreten ist.

Auch die Vertheilung der Endscheiben der Zunge und der Sinneshügel des Gaumens spricht nicht grade zu Gunsten ihrer Schmeckfunction. Auf der Zunge stehen sie nur auf der Oberseite und zwar am dichtesten an den Rändern. Ebenso sind an den Rändern des Gaumens die Lücken zwischen den Hügeln am kleinsten. In der Mitte stehen sie vorne sehr dicht, werden aber bald hinter den Choanen sehr sparsam und hören schon weit vor dem Anfang des längsgefalteten Oesophagus ganz auf, während sie sich am Rande bis zu den Mundwinkeln hinziehen. Diese Art der Vertheilung würde mit einer tastenden Function weit besser zusammen passen. Mit der herausgeschnellten Zunge wird die Nahrung ergriffen, wozu eine sehr feine und gut localisirte Empfindung nöthig ist, da die Beute gewissermaassen in die Zunge eingewickelt wird. Wenn dann die Zunge zurückgezogen ist, so kann ein grösseres Thier, das häufig auch durch Schnappen mit dem Maul ohne Hülfe der Zunge erhascht wird, nicht gleich verschluckt werden, weil es sich noch nicht ganz in der Mundhöhle befindet und, um dies zu beurtheilen und die geeigneten Bewegungen einzuleiten, würden die am Oberkieferrande befindlichen Endscheiben sehr nützlich sein. Wie fein die Tastempfindungen der Zunge sind, erkennt man leicht, wenn man sie an irgend einer Stelle berührt; sofort legen sich wie reflectorisch die umliegenden Theile, wie um ihn festzuhalten, an den berührenden Gegenstand an.

Am allerwenigsten spricht aber für die Geschmacksfunction der Sinneshügel die Art ihrer Innervirung. — Wie ich oben gezeigt habe, sind in der Regel nicht zwei Sinneshügel vorhanden, welche von denselben beiden vier getheilten Nerven versorgt werden. Daraus resultirt, dass bei Erregung eines Hügelns zu gleicher Zeit zwei ganz bestimmte centrale Ganglienzellen erregt werden,

welche bei Reizung keines andern Hügels zu gleicher Zeit functioniren. Es sind also die anatomischen Bedingungen zur genauen Localisation der Empfindung vorhanden.

Derselbe Effekt würde auch erreicht werden, wenn jeder Hügel nur von einem ihm allein zugehörigen Nerven versorgt würde, da sich, wie vorher erwähnt, jedem Hügel gegenüber beide Nerven gleich verhalten. Es ist aber klar, dass durch die Doppelinnervung und Viertheilung der Nervenfasern eine grosse Ersparniss an Nervenfasern und Centralganglienzellen erreicht wird, ohne dadurch die Feinheit der Localisation zu beeinträchtigen, indem wir es hier mit einer einfachen Anwendung der mathematischen Combinationslehre in der Natur zu thun haben.

$C^2(5) = \frac{5 \cdot 4}{2} = 10$ nach der Formel der Anzahl der Combinationen der r ten Klasse aus n -Elementen ohne Wiederholungen:

$$C^r(n) = \frac{n(n-1)(n-2) \dots (n-r+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots r}$$

Da nach dieser Rechnung zwischen fünf Grössen zehn Combinationen zweiter Klasse ohne Wiederholungen möglich sind, so werden in unserm Fall für die 210 von mir im Gaumenüberzug eines Frosches von 15 cm grösster Länge gezählten Sinneshügel nicht 210 Nerven und 210 centrale Ganglienzellen, welche bei einfacher Innervung nöthig wären, gebraucht, sondern nur die Hälfte, nämlich 105 Nerven und 105 Ganglienzellen, was schon eine ganz bedeutende Ersparniss im Haushalt des Froschindividuums ausmacht.

Es wäre nun die Ersparniss an Nervenfasern und Ganglienzellen noch viel grösser, wenn ihre Zahl nur so gross wäre, als nöthig ist, um 210 Combinationen zweiter Klasse ohne Wiederholungen zu geben.

Bezeichnet man die gesuchte Anzahl der Nerven mit x , so erhalten wir die Gleichung:

$$\begin{aligned} \frac{x \cdot (x-1)}{2} &= 210 \\ x^2 - x &= 420 \\ x^2 - x - 420 &= 0 \\ x &= \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 420} \end{aligned}$$

$$x = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1681}{4}}$$

$$x = \frac{1}{2} + \frac{41}{2}$$

$$x = 21.$$

Es wären also zur Innervirung der 210 Sinneshügel nur 21 Nerven und 21 centrale Ganglienzellen nöthig, und es würde trotzdem die Reizung eines Hügels localisirt wahrgenommen werden können. In diesem Falle wäre es aber nothwendig, dass sich jede Nervenfasern in 20 Aeste theilte und dass diese zum Theil die ganze Länge und Breite des Oberkiefers durchliefen. Die sichere Erreichung der Hügel durch die Nervenäste würde durch die Complication überaus erschwert, und was an der Masse der Hauptnerven und der Ganglienzellen erspart bliebe, würde zum grossen Theil bei den Aesten wieder zugesetzt werden. Dagegen beschränkt sich die Ausbreitung eines Nerven bei der thatsächlich in den meisten Fällen nachweisbaren Viertheilung nur auf ein kleines Gebiet und es wird dadurch in Wirklichkeit mehr erspart werden, als es bei der Zwanzigtheilung geschehen würde.

Bei dem allerdings etwas problematischen Versuche, die Fasern der beiden eintretenden Hauptnerven eines Gaumenüberzuges, dessen Sinneshügelzahl etwa 230 betrug, auseinander zu zupfen und zu zählen, ergab sich eine Zahl, welche die zu erwartenden 115 noch lange nicht erreichte. Ich fand nur etwa 70 Fasern. Vielleicht spricht dies dafür, dass sich der einzelne Nerv doch öfter als viermal theilt, was allerdings auch in einzelnen Fällen beobachtet wurde. (Die grüne Faser *i* in Fig. 6, Taf. XIII, welche 7 Hügel innervirt.)

Dass bei der Zunge ähnliche Innervationsverhältnisse bestehen, ist nicht ausgeschlossen; ich konnte mit Bestimmtheit an Schnitten sehen, dass die hohe Anzahl von Nerven, welche in die Endscheiben eintreten, wesentlich aus sehr tiefer Theilung einer geringeren Anzahl hervorgegangen sind und dass ausserdem ein und dieselbe Nervenfasern sich zu mehreren Endscheiben biegt.

Wenn nun meine Erklärung richtig ist, und wir es thatsächlich mit einer Einrichtung zu thun haben, welche zur Localisirung der Empfindung dient, dann ist es nicht gut möglich, in den Sinneshügeln ein Geschmacksorgan zu erblicken, da es nur für

ein Thier von Wichtigkeit sein kann, überhaupt zu schmecken, aber nicht localisirt zu schmecken. Ich glaube also mit Recht die Sinneshügel und, da sie ganz analog gebaut sind, auch die Endplatten als Tastorgane deuten zu dürfen.

Durch die Versuche Goldscheider's (13) ist nun die Weber'sche Theorie der Empfindungskreise, welche den Physiologen so sehr viel Schwierigkeiten bereitet hat, widerlegt und erwiesen worden, dass der Sitz der Tastempfindungen in punktförmiger Lage auf der Haut angeordnet ist. Diese Empfindungspunkte, welche beim Menschen nachweislich durch Reichthum an Tastkörperchen ausgezeichnet sind, unterscheiden sich wieder nach drei verschiedenen Functionen: Druckpunkte, Wärmepunkte und Kältepunkte. Werden zu gleicher Zeit zwei Druckpunkte erregt, so werden zwei gesonderte und localisirte Empfindungen wahrgenommen; an den Stellen zwischen Druckpunkten ist dagegen nur ein pelziges undeutliches Gefühl vorhanden. Die Nähe zweier Druckpunkte, welche noch gesondert wahrgenommen werden, ist an manchen Stellen erstaunlich gross. Die kleinsten gesonderten Druckempfindungen werden in einer Entfernung von 0,1 mm wahrgenommen. Um diese feine Localisation zu erklären, ist es natürlich nöthig, anzunehmen, dass eine wohl isolirte Nervenleitung vom Druckpunkt zum Centralorgan geht, und ich glaube eine solche Leitung für den Gaumen des Frosches erwiesen zu haben. Wir hätten uns also vorzustellen, dass die Sinneshügel allein im Stande sind, genau localisirt zu empfinden, während die Endigungen an den dunkelkernigen Zellen des Deckepithels, da sie nur mit einer centralen Zelle in Verbindung stehen und die zusammengehörigen über ein grosses Gebiet zerstreut sind, nur ein diffuses, mangelhaft localisirtes Gefühl vermitteln.

Die Endigungen an den Flimmerzellen mittelst der dreilappigen, geschwänzten Platten können wir nicht gut für Träger sensibler Empfindungen halten, und es wird eher denkbar sein, dass sie bei dem engen Connex, in dem sie mit den Nerven der Blutgefässe stehen, einer nutritiven oder die Wimperbewegung regulirenden Function vorstehen.

Das wir thatsächlich dem Frosch eine derartige Feinheit der Localisation zutrauen dürfen, wie sie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, mögen einige Zahlen der Entfernungen der Sinneshügel beweisen:

Die Entfernungen sind am Gaumen eines 15 cm langen Frosches gemessen und in Mikra ausgedrückt:

Seitlicher Rand:			Mitte:	
256	192	272	528	218
368	320	224	522	448
320	176	208	560	368
240	240	320	368	560
208	240	272	374	352
416	336	288	560	
432	352	240	218	Summa: $\frac{6428}{13} = 494$
176	256	336	352	
192	352			
320	368	Summa: $\frac{7600}{27} = 281$		
192	192			

Der Frosch wird also am Rande noch Reize in einer Entfernung von 0,28 mm, in der Mitte von 0,49 mm als getrennt empfinden können. Uebertragen wir diese Verhältnisse auf einen Menschen von 150 cm Länge, so würde das bei ihm gesonderte Empfindung in einer Entfernung von 2,8—4,9 mm ergeben, während er in Wirklichkeit noch bei Reizen, welche weit weniger als 1 mm Entfernung haben, an fein fühlenden Stellen gesonderte Empfindungen wahrnimmt. Es steht also auch von dieser Seite her der Auffassung nichts im Wege, dass die Sinneshögel genau localisirte Empfindungen besitzen.

Ob wir es in ihnen nur mit Druckpunkten zu thun haben, oder ob einige von ihnen Wärme- und Kältepunkte sind, lässt sich zur Zeit nicht entscheiden. Im Bau bieten sie keinerlei Verschiedenheiten dar und, wenn nicht immer in jedem Hügel alle Arten von Endigungen gefunden werden, so ist dies wohl nur als auf mangelhafter Färbung beruhend zu erklären. Sonderbar ist es, dass wir in den Hügeln verschiedene Arten von Endigungen finden; diese aber für verschiedene Arten von Empfindungen in Anspruch zu nehmen ist nicht zugänglich, da sie alle mit denselben Nerven in Zusammenhang stehen und sich diese Anschauung nicht im Einklang mit den Resultaten Goldscheider's (13) und Herzen's befinden würde, nach denen nicht nur Druck, Wärme und Kälte immer an ganz verschiedenen Punkten empfunden, sondern auch die Empfindungen dieser Gefühle durch ganz verschiedene Nerven, vielleicht sogar durch verschiedene Bahnen vermittelt werden.

Literaturverzeichnis.

1. Ehrlich: Ueber die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz. Deutsche medicinische Wochenschrift. Bd. 12. 1886.
2. Arnstein: Die Methylenblaufärbung als histologische Methode. Anat. Anz. 2. 1887.
3. Derselbe: Die Nervenendigungen in den Schmeckbechern der Säuger. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 41. 1893.
4. Merkel: Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbelthiere. Rostock 1880.
5. Retzius: Ueber die neuen Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems. Biologische Untersuchungen. Bd. 4. Stockholm 1892.
6. Derselbe: Die Nervenendigungen in dem Geschmacksorgan der Säugethiere und Amphibien. Biol. Unters. Bd. 4.
7. Fusari und Panasci: Sulle terminazioni nervose nella mucosa e nelle ghiandole sierose della lingua dei mammiferi. Atti della R. Accademia delle scienze di Torino. V. 25, Disp. 15a. 1889—1890.
8. Niemack: Der nervöse Apparat in den Endscheiben der Froschzunge. Anatomische Hefte. 1892.
9. Engelmann: Ueber die Endigungen der Geschmacksnerven in der Zunge des Frosches. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 18. 1868.
10. Fajerstajn: Recherches sur les terminaisons des nerfs dans les disques terminaux chez la grenouille. Archives de Zool. exp. et génér. II. Serie. T. 7. 1889.
11. Leydig, Fr.: Zelle und Gewebe. Bonn. 1885.
12. Dogiel: Die Nervenendigungen in der Haut der äusseren Genitalorgane des Menschen. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 41. 1893.
13. Goldscheider: Ueber Wärme-, Kälte- und Druckpunkte. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1885.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XII und XIII.

Alle Präparate stammen von *Rana esculenta* und sind mit einem Zeichenapparat nach Abbé gezeichnet.

Tafel XII.

- Fig. 1. Sinneshügel aus dem Gaumen (Sagittalschnitt, Canadabalsam). Die Nerven sind mit Methylenblau gefärbt, die Kerne mit Alaun-Cochenille. Die beiden nach allen Seiten sich bäumchen-

förmig verzweigenden Nerven, von denen der eine schwarz gezeichnet ist, endigen mit runden Endplatten, ohne Anastomosen mit einander einzugehen. In der Tiefe liegen einige Blutkörperchen. Vergr. Leitz: Homogene Oelimmersion $\frac{1}{16}$, Ocular I. Auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

- Fig. 2. Drei Cylinderzellen aus einem Sinneshügel des Gaumens. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Zwei Endigungen mit dreilappiger Endplatte, von denen die eine von der Seite gesehen wird. Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{12}$, Ocular IV. (Nachgeprüft mit Zeiss Apochromat 1,50 mm, Compensationsocular 8 und 12. Ebenso sind die folgenden Zeichnungen Fig. 3, 4, 5 und 6 nachgeprüft.)
- Fig. 3. Oberer Rand eines Sinneshügels aus einem Sagittalschnitt herausgezupft. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Endigungen mit dreilappiger Platte an vier Cylinderzellen (die eine von der Seite gesehen). Ausserdem Endigung mit runder Platte an einer Stäbchenzelle und einer tiefen Cylinderzelle (?). Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{12}$, Ocular IV.
- Fig. 4. Zwei isolirte Stäbchenzellen mit Endplatte und Nerv aus einem Zupfpräparat. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{16}$, Ocular I.
- Fig. 5. Sagittalschnitt eines Sinneshügels. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Endigung mit runder Endplatte an zwei Stäbchenzellen und mit dreilappiger Endplatte an einer Cylinderzelle. Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{12}$, Ocular III.
- Fig. 6. Endigung mit dreilappiger, geschwänzter Endplatte an Wimperzellen des Gaumens. Sagittalschnitt. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{12}$, Ocular IV.
- Fig. 7. Aeusseres Nervennetz einer kleinen Arterie des Gaumens in Verbindung mit einer Zelle des marklosen Nervennetzes. Flächenpräparat. Methylenblau, Argentum nitricum, Alaun-Cochénille. Vergr. Leitz: Objectiv 7, Ocular I.
- Fig. 8. Markloses Nervennetz aus dem Gaumen. Flächenpräparat. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Zeiss, Apochromat 8 mm, Ocular von Leitz No. III. *F.* aus dem Hauptnerven kommende marklose Faser.

Tafel XIII.

- Fig. 1. Sagittalschnitt aus einem Sinneshügel mit Nerv und Gabelzelle. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{16}$, Ocular I.
- Fig. 2. Aus einem Sagittalschnitt der Zunge. Freie Endigung zwischen zwei Cylinderzellen einer Endscheibe. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Vergr. Leitz: Oelimmersion $\frac{1}{16}$, Ocular I.
- Fig. 3. Zellmosaik eines Sinneshügels aus dem Gaumen. Methylenblau, Argentum nitricum. Man sieht in dem Kittnetz, welches

die Enden der Cylinderzellen umschliesst grössere Kreise (die Enden der Stäbchenzellen) und kleine Kreise, in denen die Enden der Gabelzellen und die freien Nervenendigungen, welche zum Theil blau gefärbt sind, liegen. Vergr. Oelimmersion $\frac{1}{16}$, Ocular I.

- Fig. 4. Schnitt durch einen Sinneshügel und das benachbarte Epithel des Gaumens. Methylenblau, Alaun-Cochénille. Im Hügel sieht man 2 freie Endigungen zwischen Cylinderzellen und verschiedene Endigungen an Stäbchenzellen. Aus dem Hügel heraus läuft der Nervenast *A.* und setzt sich unter Abgabe von Seitenzweigen mit runder Endplatte an eine dunkelker-nige Zelle *Sz.* an. Von der Ganglienzelle *Gz.* verläuft ein Nerv zu den zwei Endigungen an Wimperzellen. *Bl.* = Blutkörperchen, *Dz.* = Drüsenzelle. Vergr. Zeiss, Apochromat 1,50 mm. Ocular von Leitz No. I. Auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.
- Fig. 5. Theil eines Flächenpräparats des Gaumens. Die Nerven sind, um ihre Verfolgung zu ermöglichen, in verschiedenen Farben eingetragen. Die Lage der Hügel und Hauptnerven wurde mit schwacher Vergrößerung gezeichnet; die Verfolgung der Nerven geschah mittelst Oelimmersion $\frac{1}{12}$, Ocular I von Leitz. Im rechten Theil sind die varicösen Nervenäste, welche aus den Hügeln austreten und zum Deckepithel verlaufen, eingetragen.
- Fig. 6. Ein grösseres Stück des Gaumens mit schematisirtem Verlauf der Nerven, welche in verschiedenen Farben angegeben sind, aber nur so weit zusammen gehören, als sie in Continuität gezeichnet sind. Die Hügel sind nur durch Zahlen angegeben, die Buchstaben beziehen sich auf die Nerven und entsprechen denen der vorigen Figur. Die punktirten Nervenfasern verlaufen dicht unter dem Epithel und sind im Präparat varicös. Die Verfolgung geschah mit Oelimmersion $\frac{1}{12}$ und Ocular I von Leitz.
-



