

XX.

Ueber die Kittsubstanz der Epithelien.

(Physiologischer Theil.)

Von Dr. Richard Thoma,

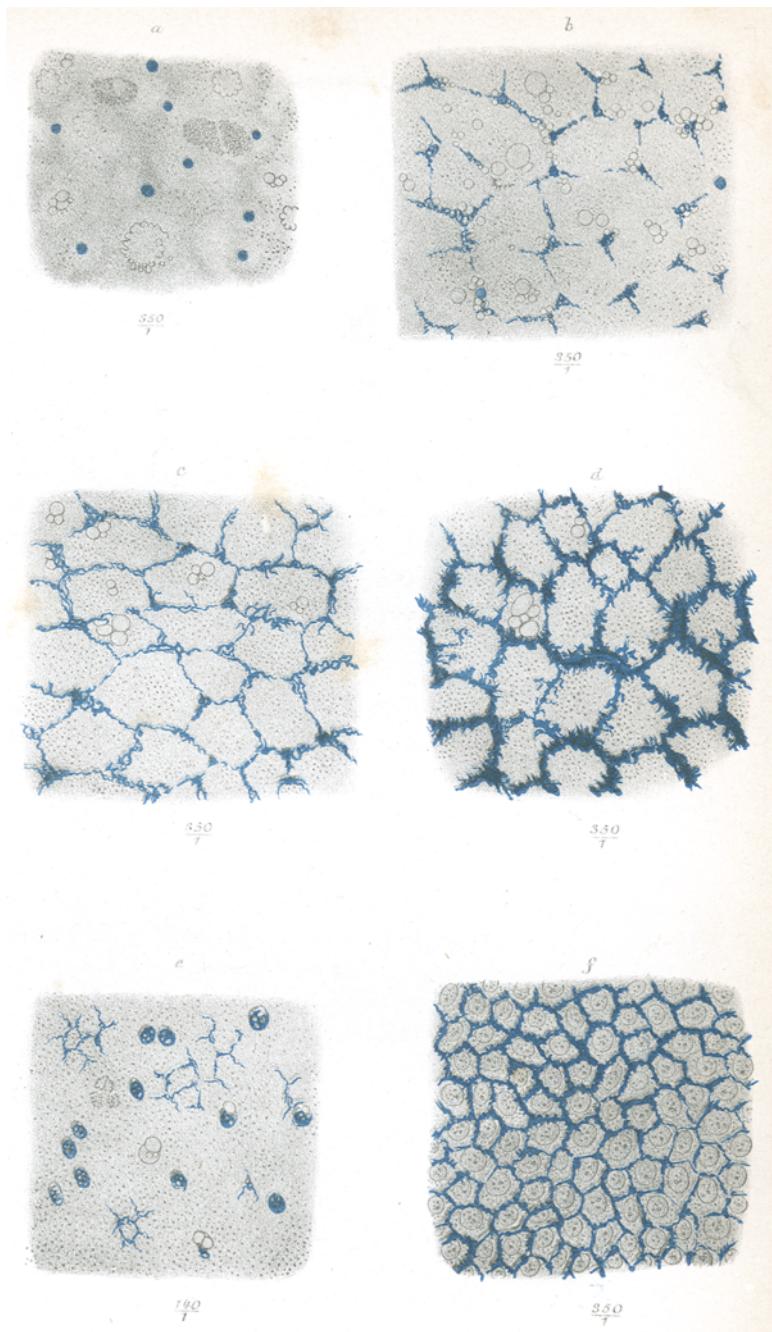
Docente der patholog. Anatomie und Assistenten am patholog. Institute zu Heidelberg.

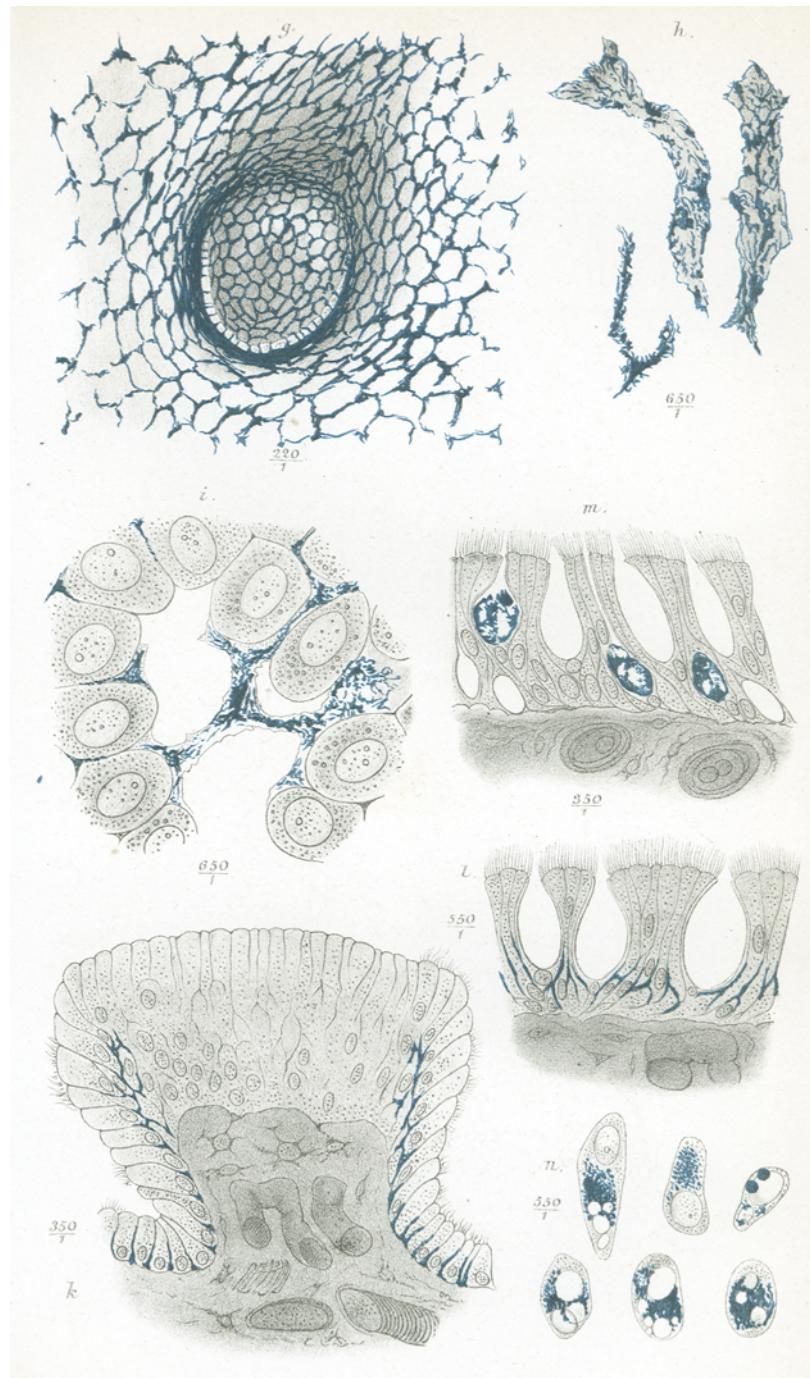
(Hierzu Taf. XI — XII.)

Die Untersuchungen der letztverflossenen Jahrzehnte haben im Bindegewebe ein System von vielfach anastomosirenden Kanälen und den Zusammenhang der letzteren mit den Blut- und Lymphgefässen kennen gelehrt. Soweit unsere Erfahrungen uns ein Urtheil erlauben, müssen diese Spalträume von der höchsten Bedeutung sein für die Vorgänge der Ernährung der Gewebeelemente, indem sie in ausserordentlicher Weise die Vertheilung der Gewebssäfte begünstigen. Im Epithel dagegen glaubte man wesentlich andere Verhältnisse annehmen zu dürfen. Es war zwar, wie es scheint, schon Carter¹⁾ gelungen die Injectionsmasse von den Blutgefässen aus in die Kittsubstanz der Epithelien vorzutreiben, und für die Leber und für eine Reihe von acinösen Drüsen hatten verschiedene Beobachter durch Injection vom Drüsenausführungsgang her ein System von pericellulären Gängen nachgewiesen, allein Carter hatte die Ergebnisse seiner Untersuchungen wesentlich anders gedeutet, und die pericellulären Gänge der Drüsen waren vielmehr in Beziehung gebracht worden zu den Secretionsprozessen als zur Zellernährung, weil es nicht gelungen war Verbindungen der Gänge mit dem Saftkanalsystem des Bindegewebes und den Gefässen nachzuweisen. Erst die vorstehenden Untersuchungen von J. Arnold²⁾ sind im Stande gewesen ausgedehntere Erfahrungen zu liefern und zu zeigen dass ganz allgemein die Kittsubstanz der Epithelien von den Blutgefässen her injieirbar sei. Es ist dadurch nachgewiesen, dass gewisse Theile der Kittsubstanz so weich und nachgiebig sind, dass

¹⁾ Carter, Journal of Anatomy and Physiology. Vol. IV (second series Vol. III.) 1870.

²⁾ J. Arnold, Dieses Archiv Bd. LXIV. S. 203.





sie bei ganz mässigem Druck strömende Flüssigkeiten aus den Saftkanälen des Bindegewebes aufnehmen und zwischen den Zellen weiterführen, während man allerdings, wie mehrfach bei der Injection der pericellularen Gänge der Drüsen geschah, nicht mit voller Sicherheit schliessen kann, dass in der Kittsubstanz des Epithels ein selbständiges Gangsystem sich finde.

Ausgehend von dem soeben besprochenen thatssächlichen Material und der daran geknüpften Schlussfolgerung, wird alsbald die Vermuthung rege, dass die Kittsubstanz der Epithelien neben der allgemein anerkannten Bedeutung für den mechanischen Zusammenhang der Zellen, auch die Aufgabe habe den Verkehr zwischen den Säften des Blutes und des Bindegewebes einerseits und den einzelnen Epithelzellen andererseits zu vermitteln. Die Kittsubstanz der Epithelien würde dadurch zwar weniger in anatomischer als in funktioneller Beziehung einen Vergleich mit den Spalträumen des Bindegewebes zulassen. Die weitere Untersuchung wird, an diesen Vergleich anknüpfend, vorzugsweise zwei Fragen zu beantworten haben, nehmlich ob die Kittsubstanz wirklich diesen Verkehr der Ernährungssäfte vermittelt und zweitens ob dabei mechanische Strömungserscheinungen nachweisbar seien. Für die Existenz solcher mechanischer Strömungen werden die nachstehenden Versuche keinen Anhaltspunkt gewähren, dagegen glaube ich, dass sie beitragen werden zu dem Beweis der nutritiven Leistungen der Kittsubstanz.

Das Studium derartiger gewebsphysiologischer Fragen stösst auf grosse Hindernisse, welche bedingt sind durch die Farblosigkeit und die nahezu gleiche lichtbrechende Kraft der festen und der flüssigen Anteile der Gewebe. Es liegt nahe diese Hindernisse zu umgehen durch Färbung der Gewebsflüssigkeiten und diese Methode scheint in der That den Erwartungen zu entsprechen, wenn man dabei nicht aus dem Auge verliert die chemischen und physikalischen Eigenchaften der färbenden Substanz sowie den Umstand, dass man bei Vornahme der Experimente nicht auf die Wege der Ernährungssäfte überhaupt, sondern höchstens auf die Wege von Substanzen ähnlicher chemischer und physikalischer Beschaffenheit schliessen darf. Ich verwendete zu der Bearbeitung der vorliegenden Frage reines indigschwefelsaures Natron, einen löslichen und diffusiblen Farbstoff und verfolgte den Vorgang seiner Abscheidung in die Kittsubstanz des Epithels. Ausserdem suchte ich, soweit meine Methoden dies

erlaubten, die Bedingungen für seine Abscheidung festzustellen. In obigem Sinne wird man die Resultate meiner Versuche zu deuten und zu verwenden im Stande sein. Es wird sich ergeben, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit die Kittsubstanz der Epithelien den Austausch der löslichen und diffusiblen Stoffe zwischen Bindegewebe und Epithelzellen vermittelt. Damit erhellt denn auch die hohe Bedeutung, welche die Injectionen von J. Arnold vom anatomischen wie vom physiologischen und pathologischen Standpunkte aus betrachtet besitzen.

a. Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons
in die Kittsubstanz der Epithelien.

Die vorliegenden Untersuchungen nahmen ihren Ausgangspunkt von einer Wahrnehmung, welche ich bereits vor einem Jahre machte bei Gelegenheit von Studien über einige pathologische Veränderungen des Epithels. Meine Absicht war zunächst gewesen in der unveränderten Epithelbekleidung der Froschzunge die Kerne der Zellen kennlich zu machen dadurch, dass ich indigschwefelsaures Natron in das Blut infundierte nach der von Chrzonszezewsky und Kühne und neuerdings von Heidenhain¹⁾ für das Studium einiger der grossen Unterleibsdrüsen mit so gutem Erfolg benutzten Methode. Es zeigte sich dabei, dass zwar keine Kernfärbungen zu erzielen waren, dass aber unter bestimmten Verhältnissen der blaue Farbstoff in reichlicher Menge sich in die Kittsubstanz der epithelialen Decken ablagerte. Die Bilder, welche sich daraus ergaben, besassen eine ganz hervortretende Aehnlichkeit mit den von J. Arnold hergestellten pericellularen Injectionen der Epithelien. Die Farbstoffkörnchen gruppirten sich in den Kittleisten zu schmalen, dunkelblauen Linien, welche allmählich zu einem polygonalen Maschenwerk sich vereinigten, indem sie sich gleichzeitig verbreiterten zu ganz massigen blauen Zellcontouren.

Die in Rede stehende Abscheidung von indigschwefelsaurem Natron in die Kittsubstanz des Epithels lässt sich mit grösster Sicherheit und Regelmässigkeit an der unteren, papillenfreien Schleimhaut

¹⁾ Chrzonszezewsky, Zur Anatomie und Physiologie der Leber, z. Th. gemeinschaftl. mit Kühne. Centralbl. d. medic. Wissensch. 1864. No. 38. Heidenhain, Mikroskopische Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Nieren. Schultze's Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. X. 1874.

der Froschzunge erzielen. Am zweckmässigsten macht man die Versuche an mittelgrossen und kleineren Exemplaren von *Rana temporaria*, deren unverletzte Zungen hinreichend dünn sind, um eine mikroskopische Untersuchung des lebenden Organs auch mit stärkeren Objectiven zu gestatten. Man kann jedoch auch in gleicher Weise *Rana esculenta* benutzen, nur ist es in diesem Falle zu empfehlen einen kleinen Abschnitt in der Mitte der papillentragenden Zungenschleimhaut auszuschneiden, um eine grössere Transparenz und schärfere Bilder zu gewinnen. Zunächst setzt man in die Vena abdominalis mediana eine Canüle ein, durch welche man aus einer Bürette bei 15—20 Cm. Wasserdruck jede dritte Minute langsam 0,1 Cem. einer 0,2prozentigen wässerigen Lösung von reinem indigschwefelsaurem Natron infundirt. Sofort nach Beginn der Infusion spannt man die Froschzunge auf einem passenden Objectträger so aus, dass die papillenfreie Schleimhaut nach oben zu liegen kommt und irrigirt letztere mit einem continuirlich fliessenden Strome von 1½prozentiger Chlornatriumlösung. Der Irrigationsstrom war bei meinen Versuchen so abgestuft, dass jede Stunde etwa 150 bis 200 Cem. Kochsalzlösung über das Organ rieselte¹⁾.

Die ersten Wirkungen dieser Eingriffe lassen sich schon nach wenigen Minuten nachweisen. Die gesammten Hautdecken, die sichtbaren Schleimhäute, etwa ausfliessender Urin, der ganze Körper des Versuchstieres lassen alsbald eine zunehmende blaue Verfärbung erkennen, zu welcher späterhin noch ein leichtes Oedem tritt. An der ausgespannten Zunge des Frosches ist die erste hervortretende Veränderung eine starke Erweiterung der Gefässer und eine damit verbundene Beschleunigung des Blutstromes. Wie ich früher²⁾ gezeigt habe, ist dieses eine Folge der Irrigation der Froschzunge mit 1½prozentiger Kochsalzlösung. Die hochgradige Hyperämie der Zunge bedingt weiterhin den verhältnissmässig raschen Eintritt einer diffusen Blaufärbung des Organes. Nur das Epithel erscheint immer noch farblos. Man überzeugt sich davon am optischen Durchschnitt

¹⁾ Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuchsanordnung, sowie der dazu verwendeten Objectträger denke ich demnächst in einem besonderen Aufsatze zu geben.

²⁾ Thoma, Der Einfluss der Concentration des Blutes und der Gewebssäfte auf die Form- und Ortsveränderungen farbloser Blutkörper. Dieses Archiv Bd. LXII. 1874.

des Epithels, wie er an den Rändern der Zunge gewonnen werden kann, ebenso jedoch an wirklichen Durchschnitten nach Härtung des Organes im absolutem Alkohol. Auf der Fläche der lebenden Zunge betrachtet, lässt indessen der Epithelüberzug die Blaufärbung des unterliegenden Bindegewebes durchscheinen, bietet aber sonst annähernd die gewöhnlichen Verhältnisse. Er stellt sich dar als eine homogene, stellenweise feinkörnige Schicht, in welcher ab und zu trübärbige Felder von der Grösse einer einzelnen oder einiger weniger Epithelzellen sich finden und über welcher die lebhaft schlagenden Flimmerhaare erkannt werden können. Erst im Verlaufe von einer Stunde etwa trübt sich das Epithel in kaum merklichem Grade, es treten Contouren einzelner Zellen hervor und an vielen Stellen zerstreut erscheinen kleine, glänzende, farblose Pünktchen, welche das Aussehen von Vacuolen besitzen und im Laufe der Zeit langsam an Zahl und Grösse zunehmen. Während nun durch die langsame Infusion des Indigosarbstoffes Blut und Bindegewebe eine deutlichere blaue Färbung annehmen, beginnt etwa gegen das Ende der zweiten Stunde zuerst an den Rändern der Zunge, gleich darauf auch in der Zungenmitte die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons, und zwar bei vollständig freier Blutcirculation mit einer unerwarteten Raschheit. Schon im Verlaufe einer weiteren halben Stunde sind die Kittleisten der Epithelzellen von sehr reichlichen, etwas körnigen, blauen Abscheidungen durchsetzt.

Bei genauerer Verfolgung der Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons lassen sich in den durchsichtigeren, mittleren Abschnitten der Froschzunge, unmittelbar ehe die dunkelblauen Körnchen in der Kittsubstanz auftreten, im Epithel eine beschränkte Anzahl von blassblauen, rundlichen Gebilden nachweisen. Ihre Vertheilung und allgemeine Erscheinung erhellt am besten aus der Betrachtung der Fig. a der beigegebenen Tafel. Sie sind nicht zu verwechseln mit ähnlichen, aber meist dunkler gefärbten Gebilden, welche zuweilen in den Blutgefassen oder in deren Nachbarschaft getroffen werden. Bezüglich der Lage der in Rede stehenden blauen Punkte lässt sich zunächst wenig aussagen, weil die Contouren der Epithelzellen nicht hervortreten. Erst die weiteren blauen Abscheidungen in die Kittsubstanz belehren darüber, dass diese blassblauen Punkte entweder in der Kittsubstanz oder in den äussersten Theilen der Epithelzellen gelegen sind. Die Bedeutung dieser Gebilde ge-

lang mir nicht mit Sicherheit festzustellen, vielmehr muss ich mich beschränken auf die Annahme, dass dieselben aus einem frei gewordenen eiweissähnlichen Körper bestehen, welcher im Stande ist gelösten Farbstoff an sich zu ziehen und festzuhalten.

Bei fortgesetzter Beobachtung bemerkt man, theils in der Nähe der genannten blauen Punkte, theils an zunächst nicht näher bestimmhbaren Stellen, im Epithel das Auftreten sehr feiner, tief dunkelblauer Körnchen, welche in kurzen Reihen anschliessen und alsbald an Menge so zunehmen, dass eine unvollständige Kittleistenzeichnung hervortritt (vergleiche Fig. b). Man überzeugt sich durch Benutzung der Stellschraube des Mikroskopes, dass dieselbe merklich unter dem Niveau der Cilien des Epithels und deutlich höher als die körnigen Zellen des Zungenbindegewebes liegt. In diese blauen Linien eingelagert erscheint ein Theil der früher genannten farblosen, vacuolenähnlichen Körper, während gleichzeitig nachweisbar wird, dass ein anderer Theil derselben im Protoplasma der Zellen liegt. Im weiteren Verlaufe des Versuches nimmt die Menge des in die Kittsubstanz abgeschiedenen blauen Farbstoffes rasch zu. Zunächst erfolgt dadurch eine Vervollständigung der blauen Zellcontouren, es bildet sich ein ununterbrochenes, blaues Maschenwerk, welches die ganze Zungenoberfläche gleichmässig überdeckt. Weiterhin werden dann die Fäden des blauen Netzes um vieles breiter; ihre Contouren aber werden dabei unregelmässig ausgezackt und bilden sich bald kleine, blaue Verästigungen derselben, welche in die Substanz der Epithelzellen hineinzureichen scheinen (Fig. c und d). Indessen ist diese auffallende Erscheinung nur bedingt durch die schräge, dachziegelförmige Lagerung der Epithelzellen, welche die verästigten, in der Kittsubstanz gelegenen blauen Linien im Profil verschiebt.

Unterbricht man jetzt, nachdem sämmtliche Epithelzellen von blauen Linien umsäumt sind, die Infusion und Irrigation, so dauert zwar die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons noch eine kurze Weile fort, allein im Verlaufe einer Stunde hört dieselbe doch auf, und lässt das Epithel für die nächst weiteren Stunden keine Veränderungen mehr erkennen. Solche stellen sich erst im Verlaufe von 24 bis 48 Stunden ein. Man klappt deshalb die Froschzunge wieder in die Mundhöhle hinein, entfernt sowohl Irrigations- als Infusionscanülen und schliesst die Venenwunde durch eine Ligatur.

Am nächsten Tage bemerkt man eine Verminderung des in den Kittleisten befindlichen blauen Farbstoffes, welche am dritten Tage meistens bis zu einem vollständigen Verschwinden desselben aus der Kittsubstanz führt. Zugleich aber fesseln nun andere, intensiv blau gefärbte Gebilde das Auge. In dem sonst annähernd zu normalen Verhältnissen zurückgekehrten Epithel liegen, zuweilen in ziemlich gleichmässiger Vertheilung, rundliche, körnige, tiefblaue Massen, welche vielfach farblose Kugeln einschliessen (Fig. e). Man erkennt sofort eine hervortretende Aehnlichkeit dieser Gebilde mit Inhaltsportionen von Becherzellen, und die weiteren Untersuchungen werden diese Aehnlichkeit vollständig bewahrheiten. Für die Function und die Bedeutung der Becherzellen lassen sich zwar aus diesem interessanten Befunde keine directen Schlüsse folgern, wenn auch eine Analogie angezogen werden könnte, mit dem von verschiedenen Beobachtern erkannten Vorkommen von röthlichem Farbstoff in den Inhaltsportionen. Vielleicht aber wird diese Färbungsmethode das weitere Studium der Becherzellen fördern, indem sie die continuirliche Beobachtung der letzteren am lebenden Thier wesentlich erleichtern dürfte. Im Laufe der folgenden Tage verschwinden auch diese blaugefärbten Massen im Epithel und allmählich entledigt sich der ganze Körper des Thieres von dem eingeführten indigschwefelsauren Natron.

Durch die gleichen Methoden der Infusion einer 0,2prozentigen Lösung von indigschwefelsaurem Natron und der gleichzeitigen Irrigation mit 1½prozentiger Kochsalzlösung lassen sich auch an einer Reihe von anderen Epithelbekleidungen und in gewissen drüsigen Apparaten die Kittleisten zwischen den Epithelzellen durch Abscheidungen von indigschwefelsaurem Natron färben. So vor Allem auch an der papillentragenden Fläche der Froschzunge. Wie später genauer ausgeführt werden soll, ist die Epithelbekleidung dieser Fläche nicht nur durch Grösse, Form und Anordnung der Zellen, sondern auch durch die Reaction derselben gegenüber den Wirkungen der Kochsalzlösung von dem Epithel der glatten Fläche verschieden. Trotzdem gelingt auch hier in gleicher Weise die Blaufärbung der Kittsubstanz, und erstreckt sich dieselbe sowohl über die Papillen wie über die zwischen diesen gelegene Schleimhautflächen. Nur an den pilzförmigen Papillen, welche bekanntlich auf ihrer freien, scheibenförmigen Ober-

fläche ein eigenartig gebautes, wahrscheinlich mit Nervenfasern in näherer Beziehung stehendes Epithel besitzen, beschränkt sich die Indigoabscheidung häufig auf die Seitenflächen, deren Epithel demjenigen der faltenförmigen Papillen und der übrigen Schleimhautoberfläche näher steht. Doch zeigt sich bei ausgiebigerer Infusion auch an diesem sogenannten Nervenepithel eine unvollständige Blaufärbung der Kittsubstanz. Im Uebrigen verhält sich die Art und Weise des Eintrittes und der Vermehrung der blauen Abscheidungen an der papillentragenden Fläche ganz ebenso wie oben für die papillenfreie geschildert wurde. Nur die blassblauen Punkte, welche vor der Abscheidung der dunkelblauen körnigen Kittleistenzeichnung im Epithel der glatten Zungenfläche nachgewiesen wurden, konnte ich hier ebensowenig, wie an den sogleich zu beschreibenden Epithelbekleidungen der Drüsen, des Gaumens und der äusseren Haut erkennen.

Auf der papillentragenden Schleimhautoberfläche der Froschzunge münden eine grosse Anzahl von kurzschlauchförmigen Drüsen aus, deren Hohlraum mit einer einschichtigen Epithelzellenlage ausgekleidet ist. Bei den beschriebenen Experimenten konnten ohne Schwierigkeit auch an den Kittleisten dieses Drüseneipithels die blauen Abscheidungen verfolgt werden (Fig. g). Sie boten in keiner Beziehung Abweichungen von den gleichen Vorgängen an der freien Fläche der Schleimhäute. Ich betone diesen Punkt besonders, weil hier der einzige Ort ist, wo es mir gelang in der Kittsubstanz des Drüseneipithels die blaue Kittleistenzeichnung leicht und mit Sicherheit herbeizuführen. Weniger deutliche Bilder habe ich allerdings auch in den Drüsen der Schwimmhaut und denjenigen der Membrana nictitans vom Frosche erhalten.

Von anderen Schleimhäuten habe ich bis jetzt erst die Gaumenschleimhaut des Frosches geprüft und zwar mit günstigem Erfolge. Auch hier färbt sich zwischen den Cylinderzellen des Epithels eine engmaschenförmige Kittsubstanzlage und bietet die lospräparierte Schleimhaut ganz ähnliche Flächenbilder, wie sie an der Zunge gewonnen wurden. Nur ist es an diesem Orte nicht möglich den ganzen Vorgang der Abscheidung direct am lebenden Thiere zu beobachten. Weiterhin stehen mir aber noch einige Erfahrungen zu Gebote über die gleichen Vorgänge der Abscheidung des indigenschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz geschichteter Plattenepi-

thelien. Sowohl an der Schwimmhaut und der ganzen äusseren Haut des Frosches, wie an der Membrana nictitans ist man im Stande durch oben beschriebene Methoden der gleichzeitigen Infusion und Irrigation die Kittsubstanz zwischen den Zellen des Rete Malpighi tief dunkelblau zu färben, während dieses bis jetzt nicht erreicht wurde zwischen den Plattenzellen der Epidermis (vgl. Fig. f).

In allen bisher beschriebenen Versuchen erfolgte die Abscheidung des in das Blut infundirten indigschwefelsauren Natrons unter der Einwirkung einer $1\frac{1}{2}$ procentigen Chlornatriumlösung auf das Epithel. Es verdient aber hervorgehoben zu werden, dass die gleichen Abscheidungen auch ohne Irrigation erhalten werden können. In diesem Falle müssen bedeutend grössere Farbstoffmengen dem Blute zugeführt werden, während bei gleichzeitiger Irrigation mit $1\frac{1}{2}$ procentiger Kochsalzlösung relativ geringe Mengen hinreichen. Der zweite Abschnitt vorliegender Mittheilungen wird diese Verhältnisse näher erörtern und bestrebt sein den Einfluss der $1\frac{1}{2}$ procent. Kochsalzlösung auf die Abscheidung des blauen Farbstoffes an der Hand besonderer Versuche genauer darzustellen. Für den Augenblick mag es genügen im Allgemeinen auf denselben hingewiesen zu haben.

Wesentlich an der Hand directer Beobachtung am lebenden Thier konnte im Vorhergehenden die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz und das weitere Schicksal des abgeschiedenen blauen Farbstoffes verfolgt werden. Es erscheint aber wünschenswerth noch die verschiedenen Einzelheiten der Beobachtung durch Untersuchung der Lagerungsverhältnisse des blauen Farbstoffes am todtenden Object zu bestätigen und zu vervollständigen. Indem ich dazu übergehe, verweise ich auf die ausführliche Darstellung, welche in der voranstehenden Mittheilung J. Arnold bezüglich der Structurverhältnisse der in Rede kommenden Epithelien gegeben hat.

Wenn man von der Oberfläche der Zunge oder der Gaumenschleimhaut des Frosches, welche die beschriebene blaue Kittleistenzeichnung trägt, mit einem stumpfen Instrumente einen kleinen Theil der Epithelbedeckung abschabt und ohne weiteren Zusatz, oder in $1\frac{1}{2}$ procentiger Kochsalzlösung oder einer gesättigten Chlor-

kaliumlösung untersucht ¹⁾), so gelingt es vielfach die Epithelzellen sowohl als die Kittsubstanz mehr oder weniger isolirt zur Untersuchung zu bekommen (Fig. h und i). Die losgelösten Kittleisten stellen sich dar als kurze breite Bänder einer homogenen, scheinbar farblosen Masse, welche dicht durchsetzt sind von feinen, zu kleinen Linien gruppirten, dunkelblauen Körnchen. Die Epithelzellen dagegen erscheinen insgesammt farblos und nur selten adhäriren an ihrer Oberfläche feine, dunkelblaue Körnchen, welche wohl Reste der Kittsubstanz darstellen. Kern, Kernkörperchen und Flimmerhaare der Zellen sind deutlich nachweisbar; das Protoplasma derselben ist theils homogen, theils mit feineren und gröberen, glänzenden, anscheinend farblosen Körnchen durchsetzt. Ausserdem finden sich in denselben öfters kleinere und grössere vacuolenähnliche Gebilde, die zum Theil bis in die Nähe der Oberfläche des Protoplasmas zerstreut sind. In den Kittleisten dagegen ist von solchen vacuolenähnlichen Gebilden nichts wahrnehmbar, so dass es wohl wahrscheinlich ist, dass die z. B. in Fig. b in den Kittleisten erscheinenden runden, glänzenden Gebilde tatsächlich in den äusseren Abschnitten des Zellprotoplasmas sich befinden. Desgleichen weisen diese Isolationsversuche nach, dass die früher erwähnten, in Fig. c und d gezeichneten Verästigungen der blauen Linien nicht in die Substanz der Zellen hineinragen, sondern insgesammt in der Kittsubstanz gelegen sind. Zu beachten ist dabei, dass in der ausgespannten Zunge die Epithelzellen fast sämmtlich sehr stark geneigt auf ihrer Unterlage stehen und sich dachziegel förmig decken, wodurch bei der Flächenansicht Theile der blaugefärbten Kittsubstanz unter die Körper der Zellen zu liegen kommen, und mit letzteren in ein Profil gelangen. Von dieser Schräglage der Zellen überzeugt man sich einmal durch Querschnitte, welche man durch das im ausgespannten Zustande erhärtete Organ legt, dann aber auch durch folgenden einfachen Versuch. Ueber die Oberfläche einer lebenden Zunge, welche die blaue Kittleistenzeichnung trägt, lässt man ein paar Tropfen einer $\frac{1}{2}$ prozentigen Lösung von salpetersaurem Silberoxyd fliessen und spült einige Minuten später mit $1\frac{1}{2}$ prozentiger Kochsalzlösung ab. Man erhält dadurch eine

¹⁾ Im Zungenschleim und in $1\frac{1}{2}$ prozentiger Chlornatriumlösung verlieren indessen die Präparate in kurzer Zeit die Farbe.

ganz oberflächlich gelegene schwarze Färbung der Zellcontouren, deren Maschen gegenüber denjenigen der tiefer gelegenen blauen Zeichnung um einen halben bis ganzen Zellendurchmesser verschoben sind.

Die Anfertigung von Querschnitten der in Rede stehenden Schleimhäute ergiebt Präparate, welche die topographischen Verhältnisse der blauen Ablagerungen in der Kittsubstanz noch etwas vollständiger verfolgen lassen. Zu diesem Zwecke härtete ich die Organe in absolutem Alkohol und untersuchte die Schnitte in gesättigten Chlorkaliumlösungen, deren Menstruum entweder Wasser, oder mit der Hälfte Wasser verdünntes Glycerin war. Fig. 1 stellt einen solchen Schnitt dar von der papillenfreien Schleimhaut einer in ungespanntem Zustande erhärteten Zunge. Dieselbe zeigt ein scheinbar mehrschichtiges Epithel, was wohl bedingt ist durch die schräge, unregelmässige Lagerung der Zellen. Zwischen letzteren finden sich die feinen Linien des blauen Farbstoffes und zwar vorzugsweise und am regelmässigsten ausgeprägt etwa im unteren Drittel der Höhe der einzelnen Epithelzellen. Vielfach reichen die blauen Linien auch bis zur Bindegeweboberfläche in die Tiefe, dagegen wird es nicht beobachtet, dass sich der Indigosfarbstoff auf diejenige schmale Fläche der Zelle erstrecke, mit welcher letztere an die bindegewebige Grundlage angeheftet ist. Möglicherweise deutet dieses Verhältniss auf eine innigere Adhärenz der Zellen an die Bindegewebsfläche, sowie auf eine grössere Mächtigkeit der die Seitenfläche der Cylinder verbindenden Substanz, welche dadurch grössere Bedeutung für die Ernährungsvorgänge gewinnen würde. Es wiederholen sich diese Befunde bei den übrigen Schleimhäuten und bei den Drüsen, welche ich untersucht habe, nur reichten bei ihnen die blauen Linien überall bis auf die Bindegeweboberfläche ohne jedoch zwischen die schmalen Basalflächen der Zellen und die entsprechenden Stellen der bindegewebigen Grundlage einzudringen (Fig. k). Auch geschichtete Plattenepithelien wie die äussere Haut des Frosches lassen ganz entsprechende Beziehungen der blaugefärbten Theile der Kittsubstanz zu den Zellen des Rete Malpighi erkennen.

Durch die gleichen Methoden der Untersuchung kann man sich bezüglich der oben beschriebenen Blaufärbung des Becherzelleninhaltes noch genaueren Aufschluss verschaffen. Isolationspräparate,

erhalten durch Abschaben der Zungenoberfläche, zeigen theils mehr oder weniger verstümmelte Zellen, theils blaugefärbte Inhaltsportionen der Becher (Fig. n). Letztere stellen ovale und rundliche Massen feinkörniger oder homogener Substanz dar, in welchen grosse hyaline oder leicht getrübte Kugeln liegen. Zwischen den Kugeln finden sich grössere oder kleinere Mengen eines körnigen Indigoniederschlages, der besonders in der Nähe der Kugeln sich anhäuft. Zuweilen umgibt er letztere so dicht, dass dieselben als rundliche tiefblaue Gebilde erscheinen, welche allerdings vielleicht auch im Innern präcipitirten Indigosfarbstoff enthalten möchten. Einzelne der Inhaltsportionen lassen außerdem den rostrothen Schimmer erkennen, der von verschiedenen Beobachtern als häufige Erscheinung am Becherinhalt beschrieben ist. Derselbe ist bei Anfertigung der Abbildungen nicht berücksichtigt, weil er für das Verständniss entbehrlich erschien. Feine Querschnitte von Zungen, welche in entspanntem Zustande erhärtet wurden, lassen deutlicher noch als es bei den Isolationspräparaten möglich war die Lagerung der Inhaltsportionen in den Zellen erkennen. Die blauen Massen finden sich theils in höherem, theils in tieferem Niveau der Epitheldecke eingeschlossen in typische Becherzellen.

Die vorstehende, erste Hälfte meiner Untersuchungen hat in ausführlicher Weise die Erscheinungen behandelt, welche bei der Ablagerung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz des Epithels beobachtet werden. Es zeigte sich, dass der in gelöster Form in das Blut infundirte Farbstoff in Gestalt feiner, dunkelblauer Körnchen, also in fester Form in der Kittsubstanz des Epithels sich abscheidet. Diese Abscheidung umzieht die Seitenflächen der Epithelzellen, während sie die dem Bindegewebe zugekehrten Flächen derselben frei lässt. Es entsteht dadurch ein bald feineres, bald gröberes blaues Netz, welches die einzelnen epithelialen Elemente in seinen Maschen einschliesst. Die Versuche bringen also zunächst einen weiteren, sicheren Beweis für die Existenz der Kittsubstanz, außerdem aber lassen sie jetzt schon mit Sicherheit erkennen, dass die Kittsubstanz nicht nur der mechanischen Aufgabe der Aneinanderlöthung der Zellen zu genügen hat, sondern dass sie auch für den Verkehr der ernährenden Säfte des Blutes mit den epithelialen Decken von besonderer Bedeutung ist.

b. Die Bedingungen der Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz der Epithelien.

Vergegenwärtigt man sich die Bedingungen, unter welchen bei obigen Versuchen die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz der Epithelien stattfand, so sind es insbesondere zwei, welche zunächst in die Augen fallen. Die erste ist gegeben durch die Art und Weise der Zuführung des Farbstoffes zum Epithel, die zweite bezieht sich auf innere Verhältnisse der Zusammensetzung und des Stoffwechsels der Epithelien, und auf die Veränderungen, welche die Irrigation mit Kochsalzlösung in diesen hervorruft. Das Plasma des Blutes führt das indigschwefelsaure Natron in die einzelnen Organe und giebt es daselbst zunächst ab an die Säfte des Bindegewebes. Diese stellen eine salz- und eiweißhaltige Flüssigkeit dar, welche im Stande ist eine gewisse Menge indigschwefelsauren Natrons in Lösung zu erhalten und dadurch den Farbstoff bis an die Grenzen der Epitheldecken weiterzuführen, wo er in die Säftemassen der letzteren übergeht. Es scheint nun, dass es zum Zustandekommen der Abscheidung in die Kittsubstanz besonders günstig sei, wenn der Farbstoff von dieser Seite, vom Bindegewebe her in das Epithel gelangt. Wenigstens erzielte ich keine solche Abscheidung, wenn ich den Farbstoff auf die freien Flächen der epithelialen Decken wirken liess, obwohl an der schwachen Blaufärbung der Lymphe der betreffenden Organe die Aufnahme von indigschwefelsaurem Natron bewiesen werden konnte. Es erfolgte in solchen Fällen entweder gar keine deutlichere Färbung des Epithels, oder es waren nur einzelne oder mehrere Zellkerne und Zellkörper, welche nachweisbare Mengen des Farbstoffes, und zwar in gelöster Form aufgenommen hatten.

Besonders einfach und instructiv ist in dieser Beziehung der Versuch einen ganzen Frosch auf eine Reihe von Stunden in eine 0,1 bis 0,4 prozentige Lösung des indigschwefelsauren Natrons zu setzen. Es erfolgt dann eine mehr oder weniger hochgradige Blaufärbung des ganzen Thieres, auch der inneren Organe, allein im Epithel der Haut finden sich keine Spuren von blauen Kittleisten. Nur die sämmtlichen Zellkerne und zuweilen auch die Zellkörper der oberen Lagen der Epidermis werden schön blau imbibirt gefunden. An der lebenden Froschzunge versuchte ich ausser wässerigen

Lösungen des Farbstoffes auch gesättigte Lösungen desselben in $\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ prozentiger Chlornatriumsolution, ohne wesentlichen Erfolg. Das Epithel veränderte sich in verschiedener Weise, indessen ohne eine Färbung anzunehmen; nur ganz vereinzelte Zellen liessen eine Blaufärbung der Kerne erkennen. Dabei wurde aber aus den weniger Kochsalz enthaltenden Farbstofflösungen ein Theil des indigschwefelsauren Natrons ausgesäfft, vermutlich durch Vermehrung des Salzgehaltes derselben.

Es folgt aus diesen Färbungsversuchen, dass es für das Zustandekommen der blauen Kittleistenzeichnung durchaus nicht gleichgültig sei, auf welchem Wege das indigschwefelsaure Natron dem Epithel zugeführt werde, und dass wahrscheinlich an der Grenze des Epithels gegen das Bindegewebe zu sich ganz besondere Bedingungen finden. Die folgenden Versuche werden beweisen: erstens, dass die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz abhängig ist von einem gewissen Prozentgehalte des Blutes und der Gewebssäfte an indigschwefelsaurem Natron, zweitens, dass dieser Prozentgehalt grösser oder kleiner ist, je nach dem Salzgehalte des Epithels, und zwar in der Weise, dass mit sinkendem Salzgehalte des Epithels immer grössere Mengen des blauen Farbstoffes im Blute und den Gewebssäften enthalten sein müssen zum Zustandekommen der Abscheidung. Diese Ergebnisse der Versuche führen zu der Vermuthung, dass das Eintreten der blauen Abscheidungen im Epithel zu einer Zeit, in welcher im Blute und im Bindegewebe noch keine Indigoniederschläge sich finden ¹⁾), bedingt sei durch einen höheren Salzgehalt der Epithelien, welcher von dem Augenblicke an den Indigifarbstoff körnig niederschlägt, wo im Bindegewebe der Farbstoffgehalt diejenige Grösse übersteigt, welche auch im Epithel in gelöster Form erhalten werden kann. Wenn dem so ist wird die Abscheidung des Farbstoffes an den Stellen erwartet werden dürfen, wo derselbe zuerst in das Epithel eintritt, und wird demnach die Kittsubstanz als derjenige Antheil des Epithels angesehen werden müssen, der zuerst aus dem Bindegewebe das indigschwefelsaure

¹⁾ Bei stürmischen Infusionen bilden sich begreiflicherweise jederzeit im Herzen und in den Gefässen Niederschläge und Gerinnungen, doch werden solche bei ruhiger gleichmässiger Infusion vollständig vermieden, auch wenn man vielmehr infundirt als zu vorliegenden Versuchen nöthig ist.

Natron aufnimmt. Da fernerhin wohl an keiner Stelle ausserhalb der Zellen der Salzgehalt sich sprungweise ändert, wird die Abscheidung des blauen Farbstoffes in der Kittsubstanz da erfolgen, wo letztere salzreich genug ist um denselben in fester Form niederzuschlagen. Diese Stelle kann sich demnach sowohl in der nächsten Nähe des Bindegewebes finden, als auch, wie im Epithel der glatten Zungenfläche nachgewiesen wurde, in geringer Entfernung von demselben. Freilich ist gegen diese Schlussfolgerung der Einwand möglich, dass die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons durch eine Thätigkeit der Epithelzellen erfolge, allein ehe ich diese Einwendung besspreche, will ich erst die Versuche, auf welche diese Darstellung begründet ist, zur Beurtheilung vorführen.

Die Mengen der bei den früheren Versuchen verwendeten Lösung des Indigfarbstoffes und ihr Verhältniss zur Grösse der Versuchsthiere hatten bei mir die Vermuthung hervorgerufen, es möchte zum Zustandekommen der blauen Abscheidungen in die Kittsubstanz, unter sonst gleichen Bedingungen ein gewisser constanter Procentgehalt des Blutes und der Gewebssäfte an indigschwefelsaurem Natron nothwendig sein. Zur Prüfung dieser Voraussetzung unternahm ich drei Reihen von Versuchen. In der ersten Reihe suchte ich nachzuweisen, dass bei Fröschen von gleicher Art (*R. temporaria*) aber sehr ungleichem Körpergewicht die Ausscheidung des blauen Farbstoffes binnen gleichen Zeiträumen, von Anfang des einzelnen Versuches ab gerechnet, sich einleitet, wenn dem Verhältnisse des Körpergewichtes entsprechende Mengen von indigschwefelsaurem Natron in der Zeiteinheit infundirt werden. Ich benutzte die schon bei früheren Versuchen verwendete 0,2procentige Lösung des Indigfarbstoffes, und bestimmte entsprechend dem oben genannten Verhältnisse zum Körpergewicht, das in der Zeiteinheit zu infundirende

Volumen derselben durch die Gleichung: $I = \frac{G}{220}$, in welcher

I die Anzahl von Cubikcentimetern Farbstofflösung, welche in je 5 Minuten infundirt werden sollte, und G das Gewicht des Frosches, ausgedrückt in Grammen bezeichnet. Die Infusion geschah langsam und regelmässig in kleinen, je einer Minute entsprechenden Mengen aus einer in 0,1 Ccm. getheilten Bürette, welche noch halbe und Drittel der einzelnen Theilungen gut abzuschätzen erlaubte. Gleichzeitig wurde die glatte Zungenschleimhaut mit 1½ procentiger Koch-

salzlösung irrigirt und durch fortgesetzte mikroskopische Beobachtung die Zeit des Eintretens der Kittleistenzeichnung bestimmt. Regelmässig trat dieselbe zuerst an den drei Rändern der Zunge auf, was nur darin seinen Grund zu haben scheint, dass es in den stärker gespannten Zungenrändern zu leichten Circulationsstörungen und deshalb zu rascherer Durchtränkung des Gewebes mit dem blauen Farbstoff kommt. Demgemäss hielt ich mich an die, auch ihrer Durchsichtigkeit wegen, besser geeignete Zungenmitte und suchte den Zeitpunkt festzustellen, in welchem zuerst die in Fig. a gezeichneten hellblauen Punkte und die ersten Spuren der körnigen, dunkelblauen Abscheidungen nachweisbar wurden. Nur zur Controle setzte ich dann die Beobachtung noch kurze Zeit fort um mich zu verlässigen darüber, dass auch in der gewöhnlichen Frist nachher die Kittleistenzeichnung ihre volle Ausdehnung erreichte.

Bei dieser ersten Reihe von Versuchen, welche, wie bemerkt, mit einer 0,2 prozentigen Lösung von indigschwefelsaurem Natron und mit einer 1½ prozentigen Chlornatriumlösung angestellt wurden, betrug die Zeit, bis die ersten Spuren der Kittleisten sichtbar wurden, im arithmetischen Mittel 88 Minuten. Die Einzelwerthe der Zeit schwankten zwischen 69 und 108 Minuten¹⁾). Das Gewicht der Versuchstiere variierte zwischen 36,6 und 63 Gramm. Vergleicht man die Einzelwerthe der Zeit mit ihrem Mittelwerthe, so ergeben sich allerdings nicht unerhebliche Abweichungen, allein in Anbetracht der zahlreichen Fehlerquellen, welche unter anderem auch durch die Nierausscheidungen bedingt sind, durfte man von Anfang an keine wesentlich genaueren Resultate erwarten. Die letzteren gewinnen indessen nicht unerheblich an Beweiskraft durch die Ergebnisse der beiden folgenden Versuchsreihen.

Die zweite Versuchsreihe war in allen Einzelheiten genau in derselben Weise wie die erste eingerichtet, nur wurde die 0,2 prozentige Lösung des Indigfarbstoffes mit einer 0,1 prozentigen ver-

¹⁾ Die einzelnen Zahlenwerthe sind folgende:

	Frosch I.	Frosch II.	Frosch III.	Frosch IV.	Frosch V.
Gewicht des Frosches in Grammen	36,6	63,0	38,4	41,7	48,8
Ccm. Indigflüssigkeit pro 5 Minuten	0,166	0,290	0,175	0,190	0,222
Dauer des Versuches in Minuten	101	108	78	85	69.

tauscht. Da von dieser Lösung in der Zeiteinheit ebensoviel infundirt wurde, wie in der vorhergehenden Versuchsreihe von der 0,2-procentigen, so war die gewünschte Wirkung auch viel später etwa in der doppelten Zeit zu erwarten. Entsprechend dieser längeren Dauer des Versuches wurden aber nicht unbedeutend grössere Mengen Wassers in Gestalt der Farbstofflösung infundirt, so dass die Zeitdauer des Versuches auch durch diesen Umstand noch steigen musste. Demgemäß war vorauszusehen, dass sie etwas mehr als das Doppelte von der Zeitdauer der vorhergenannten Versuche betragen würde, wenn das Blut und die Gewebe den gleichen Procentgehalt an Indigpigment erreichen sollten. Der Erfolg der Versuchsreihe entsprach diesen Voraussetzungen. Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz begann in der Zungenmitte nach einer Versuchsdauer von 191 Minuten im Mittel aus fünf Versuchen. Als extreme Abweichungen von diesem Mittelwerth ergab der längste und der kürzeste Versuch eine Dauer von 227 und 176 Minuten ¹⁾.

Ganz in derselben Weise wurde eine dritte Versuchsreihe mit einer 0,4 procentigen Lösung von indigschwefelsaurem Natron gemacht. Aehnliche Schlussfolgerungen, wie sie soeben bei der zweiten Versuchsreihe gezogen wurden, liessen die ersten Spuren der Kittleisten etwas früher als in der Hälfte der Zeit, welche bei der ersten Versuchsreihe gefunden wurde. Das Resultat der fünf Versuche dieser dritten Reihe schwankte zwischen 38 und 45 Minuten und ergab als Mittelwerth, entsprechend den gemachten Voraussetzungen 41 Minuten ²⁾.

Vergleicht man die mittleren Resultate der drei Versuchsreihen, so zeigt sich, dass die Zeit vom Anfang der Infusionen bis zum

¹⁾ Die Einzelwerthe der zweiten Versuchsreihe betragen:

	Frosch VI.	Frosch VII.	Frosch VIII.	Frosch IX.	Frosch X.
G	36,4	45,0	32,3	32,0	28,5
I	0,166	0,204	0,147	0,146	0,130
Dauer des Versuches					
in Minuten	177	195	176	195	227.

²⁾ Die Einzelwerthe der dritten Versuchsreihe ergeben:

	Frosch XI.	Frosch XII.	Frosch XIII.	Frosch XIV.	Frosch XV.
G	27,8	24,6	30,1	37,0	28,2
I	0,1266	0,122	0,136	0,169	0,128
Dauer des Versuches					
in Minuten	40	40	45	42	38.

Beginn der Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons 41 Minuten betrug bei Anwendung einer 0,4prozentigen Farbstofflösung, 88 Minuten für die 0,2prozentige und 191 Minuten für die 0,1prozentige Lösung. Die am weitesten von diesen Mittelwerthen abweichenden Resultate differiren zwar unter sich nicht unerheblich, allein niemals greifen die Einzelwerthe der einen Reihe in diejenigen einer anderen Reihe über, und die absoluten Grössen der Mittelwerthe liegen so weit von einander ab, dass, wie mir scheint, doch die Voraussetzungen bestätigt sind und der Schluss erlaubt ist, dass in allen den verschiedenen Versuchen die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz des Epithels begonnen habe in der Zeit, in welcher die Versuchsbedingungen einen bestimmten constanten Prozentgehalt des Blutes und der Gewebe an Indigfarbstoff herbeigeführt hatten. Die Abweichungen der einzelnen Versuche von den Mittelwerthen aber dürfen wohl betrachtet werden als bedingt durch Fehlerquellen, deren Berücksichtigung zunächst ausserhalb der Grenzen meiner Versuche liegt.

Die zweite Bedingung für die Abscheidung des Indigfarbstoffes, welche man bei vorliegenden Versuchen zu variiren im Stande ist, besteht in der Wirkung der über die Zunge fliessenden Kochsalzlösung. Die bisher verwendete $1\frac{1}{2}$ pCt. Chlornatrium enthaltende Lösung hat, wie schon oben bemerkt, einen auffallenden localen Einfluss auf die Gefässe. Sie bedingt eine Erweiterung der letzteren und zwar vorzugsweise ihrer arteriellen Zweige, wodurch in allen irrigirten Gefässbezirken eine starke Beschleunigung des Blutstromes hervorgerufen wird. Unzweifelhaft begünstigen diese Wirkungen der Kochsalzlösung den Verkehr zwischen dem Blute, dem Bindegewebe und dem Epithel und erleichtern und beschleunigen den Uebertritt des indigschwefelsauren Natrons in die Gewebe. Allein damit hat noch nicht die körnige Abscheidung des gelösten Indigpigmentes ihre Erklärung gefunden. Diese letztere dürfte, wie mir scheint, gesucht werden müssen in dem Einfluss der Kochsalzlösung auf den Wasser- und Salzgehalt des Epithels. Es ergiebt sich das bei der Wiederholung der letzbeschriebenen Versuchsreihen mit wasserreicheren Chlornatriumlösungen, und findet seinen Ausdruck in einer bedeutenden Zunahme der Versuchsdauer und einem viel grösseren Verbrauch von Farbstofflösung.

Bei Anwendung einer 1 procentigen Kochsalzlösung zur Irrigation und einer 0,2 prozentigen Farbstofflösung zur Infusion erhebt sich die Versuchsdauer auf 140 bis 170 Minuten, also beinahe auf das Doppelte der unter gleichen Verhältnissen für die 1½ prozentige Kochsalzlösung gefundenen Zeit von 88 Minuten. Mit einer ¾ prozentigen Chlornatriumlösung gelingt es nur schwer und nach noch länger dauernden Infusionen die Abscheidung zu erzielen. Mit ½ prozentigen Salzlösungen war ich das überhaupt nicht mehr im Stande. Wohl aber kann man auf einer Zunge, in deren Epithel durch 1½ prozentige Chlornatriumlösung die blaue Kittleistenzeichnung erzeugt ist, letztere, trotz fortgesetzter Infusion von Indigpigment in das Blut, wieder ganz oder theilweise zum Verschwinden bringen durch Irrigation mit ½ prozentiger Chlornatriumlösung. Dass diese Wirkung nicht auf einer Zerstörung des Epithels beruht, folgt aus dem Umstände, dass nachträglich die blaue Zeichnung wieder erscheint, wenn man wieder mit 1½ prozentiger Lösung irrigirt.

Es folgt aus diesen Versuchen, dass die Grenze, bis zu welcher das Blut und die Gewebssäfte mit indigschwefelsaurem Natron gesättigt sein müssen, damit die Abscheidung desselben im Epithel erfolge, steigt, wenn der Gehalt der Irrigationsflüssigkeit an Chlornatrium sinkt, und umgekehrt. Nebstdem hat sich erwiesen, dass Salzlösungen von allzugeingem Gehalte wohl überhaupt nicht mehr befähigt sind die Abscheidung einzuleiten, weil nicht unbeschränkte Mengen von Farbstofflösung in das Blut infundirt werden können. Wenn weiterhin mitzutheilende Versuche im Stande sind nachzuweisen, dass die verschiedenen Kochsalzlösungen als solche direct auf das Epithel wirken und in einen Stoffaustausch mit demselben treten, so wird die Annahme berechtigt erscheinen, dass dieser Einfluss der Kochsalzlösung bei unseren Versuchen in einer dem Gehalte der Irrigationsflüssigkeit an Chlornatrium entsprechenden Vermehrung oder Verminderung des Salzgehaltes der Epithelien bestehe. Damit wäre denn auch die Behauptung begründet, dass die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz des Epithels erst erfolge bei einem bestimmten, nicht unbedeutenden Gehalte des Blutes und der Gewebe an diesem Farbstoff, und dass zweitens die Grösse dieses zur Abscheidung hinreichenden Farbstoffgehaltes in der Weise von dem Salz- und Wassergehalte des Epithels

abhängig sei, dass sie mit der Abnahme des Salzgehaltes der Epithelien um ein beträchtliches steige, und umgekehrt. Diese Ergebnisse finden, wie wir zu Anfang dieses Abschnittes gesehen haben, eine einfache Erklärung in der Anschauung, welche den Vorgang der Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz des Epithels abhängig macht von dem höheren Salzgehalte des letzteren gegenüber den Säften des Bindegewebes. Es erfolgt die Abscheidung von dem Augenblicke an, in welchem der Indigpigmentgehalt des Bindegewebssastes so gross wird, dass er nach dem Uebertritt in das Epithel von diesem salzreicherem Gewebe nicht mehr in Lösung erhalten werden kann. Es ist somit die Abscheidung des Indigpigmentes bedingt durch das Verhältniss zweier Factoren, erstens des Salz- und Wassergehaltes des Epithels und zweitens des Gehaltes des Blutes und der Gewebe an Indigfarbstoff. Durch diese Auffassung der Thatsachen wird auch verständlich, wie die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons erfolgen kann ohne das Hülftsmittel der Irrigation. Es muss in diesem Falle der Farbstoffgehalt des Blutes und der Gewebssäfte sich richten nach dem Salzgehalte des nicht irrigirten Epithels, der wohl überall geringer ist, als er sich in Folge der Irrigation mit 1½ procentiger Chlornatriumlösung gestaltet. Dem entsprechend wird nur eine sehr reichliche Infusion von Indigfarbstoff in ganz unveränderten Epithelbekleidungen die blauen Abscheidungen in die Kittsubstanz hervorrufen.

Es bleibt mir nach dem Vorgetragenen noch übrig den Nachweis zu führen, dass in den Epithelzellen, bei Irrigation mit den verschiedenen Kochsalzlösungen, Vorgänge sich abspielen, welche auf ein Steigen und Fallen ihres Wasser- und Salzgehaltes bezogen werden müssen. Zu diesem Zwecke stellte ich besondere Versuche an, welche den Einfluss der Irrigationsflüssigkeit auf die Epithelzellen gesondert zur Anschauung bringen sollten.

Zuerst begann ich mit der Prüfung des Einflusses einer $\frac{3}{4}$ procentigen Kochsalzlösung auf die glatte Zungenschleimhaut, weil diese Concentration das Epithel der letzteren verhältnissmässig nur wenig verändert. Wie schon früher berichtet wurde, erscheint das Epithel der glatten Zungenschleimhaut am lebenden Thier, ehe noch irgend welche äussere Einwirkungen sich geltend gemacht haben, als eine homogene, mattglänzende Fläche, in welcher ab und zu Gruppen

größerer Granula und einzelne hyaline, glänzende Kugeln erscheinen. Die Irrigation mit einer $\frac{3}{4}$ prozentigen Chlornatriumlösung pflegt nun auf der so beschaffenen Epithelfläche eine grosse Menge ovaler Felder, deren Grösse derjenigen einer einzelnen Epithelzelle entspricht, sichtbar zu machen, und dabei das ganze Bild in kaum merklichem Grade zu trüben. Wenn man diese ovalen Felder am lebenden Tbier näher untersucht, so erkennt man sie als Endflächen von Epithelzellen, welche von einander getrennt sind durch viel kleinere Feldchen, durch Epithelendflächen von viel geringerem Durchmesser. Vergleicht man sie nach der Versilberung am lebenden Thier mit Epithelien, welche ebenso versilbert wurden ehe eine Irrigation stattfand, so zeigt sich meistens, dass die grossen Felder, welche jetzt von polygonalen Linien begrenzt erscheinen um ein geringes zugenommen haben zum Nachtheil der kleineren. Zuweilen aber tritt diese Veränderung weniger hervor, und dem entsprechend lässt die Irrigation mit $\frac{3}{4}$ prozentiger Kochsalzlösung nicht immer und überall die ovalen Felder in der homogenen Epitheldecke erkennen. An einzelnen Stellen werden ausserdem manchmal noch anderweitige Veränderungen wahrnehmbar, welche aber keineswegs als constante Befunde gedeutet werden können und auch den ganzen Habitus der Epitheldecke nur wenig beeinflussen. Die in Rede stehende Concentration der Irrigationsflüssigkeit übt also, nach dem Mitgetheilten, immerhin noch eine nachweisbare Wirkung auf die Epithelzellen aus, doch scheint sie mir diejenige zu sein, welche in der in Rede stehenden Epitheldecke die geringsten Veränderungen hervorruft. Demgemäss würde es keine einfache Kochsalzlösung geben, welche sich vollständig indifferent gegen das Epithel und seine Zellen verhielte. Es kann dies nicht Wunder nehmen, da ja in den Epithelien ausser Kochsalz noch viele andere krystalloide und colloide Körper enthalten sind.

Bei Anwendung einer $\frac{1}{2}$ prozentigen Kochsalzlösung als Irrigationsflüssigkeit treten sehr auffallende Veränderungen der Epithelzellen ein, welche sich so vielfach combiniren und durchkreuzen, dass das Bild der ganzen Zungenoberfläche ein auffallend vielgestaltiges wird. Doch sind es hauptsächlich zwei Erscheinungen, welche immer wiederkehren und als die wesentlichsten betrachtet werden dürfen. Die eine ist eine Volumensvergrösserung der Zellen. Die grossen, ovalen, fast strassenpflasterähnlich erscheinenden

Zellen, welche auch hier während der ersten Minuten hervortreten und die zwischen ihnen liegenden kleineren, weniger scharf begrenzten Zellen ändern Form, Volumen und Durchsichtigkeit in einer Weise, welche nur als Folge der Aufquellung der einen und der Compression der anderen zu deuten ist. Dabei werden vielfach die anschwellenden ovalen Zellen ganz durchsichtig, so dass ihre Kerne und Kernkörperchen deutlich hervortreten. Die andere allgemein verbreitete Veränderung wird bedingt durch das Erscheinen von ovalen und rundlichen, glänzenden vacuolenähnlichen Gebilden in grosser Zahl und fast in allen Zellen. Beide genannte Erscheinungen müssen wohl gedeutet werden als Folge der Wasseraufnahme seitens der Epithelzellen, die zweite wohl auch noch zum Theil als Folge der Veränderung der Bedingungen, welche die Eiweiss- und eiweissähnlichen Körper der Zellen in Verbindung erhalten.

Aehnliche Resultate erzielt man durch Anwendung von destillirtem Wasser als Irrigationsflüssigkeit. Nur treten in diesem Falle die gesammten Erscheinungen rascher ein und erreichen einen bedeutend höheren Grad. Besonders verquellen sehr rasch die zwischen den oben genannten ovalen Zellen gelegenen Elemente. Sie blähen sich auf, werden durchsichtig, ihre Contouren und Kerne treten scharf hervor, während ein anderer Theil der Zellen, vorwiegend die ovalen, an Volum abzunehmen scheinen, d. h. comprimirt werden. Die letzteren erscheinen dabei durch zahlreiche feine Körnchen und kleine vacuolenähnliche Kugeln, deren Zahl und Grösse rasch wächst, stärker getrübt. Nachträglich ereignet es sich dann noch zuweilen, dass diese vorher zusammengedrückten Zellen wieder an Volumen zunehmen und also nun auch ihrerseits Quellungserscheinungen darbieten. Wenn diese Veränderungen bis zu einer gewissen Höhe gediehen sind, beginnen einzelne Zellen sich abzulösen und allmählich folgen die übrigen Zellen nach, ohne dass man übrigens bei diesem Zerfall des Epithels noch besonders hervortretende Erscheinungen bemerken könnte.

Sehr verschieden von diesen Veränderungen, welche in Folge einer Wasseraufnahme seitens der Epithelzellen eintreten, sind diejenigen, welche unter der Einwirkung einer $1\frac{1}{2}$ prozentigen Chlornatriumlösung beobachtet werden, und welche ihrerseits auf einen Wasserverlust und eine Salzaufnahme zu beziehen sind. Es treten

hier keine deutlichen Volumensveränderungen der Zellen ein. Dagegen trüben sich die Zellen in geringem Grade, und indem manche ihre Zellcontouren deutlicher hervortreten lassen, erscheinen an zahlreichen Stellen Gruppen kleiner vacuolenähnlicher Gebilde, welche im Verlaufe einiger Stunden an Zahl und Grösse bald mehr bald weniger rasch zunehmen. Es sind dieses dieselben Gebilde, von denen bei der Beschreibung der ersten Versuche Erwähnung gethan wurde. Nach Ablauf mehrerer Stunden beobachtet man außerdem noch da und dort kleine Einrisse in der Epitheldecke, welche jedoch zu keinem ausgedehnteren Abfall der Zellen führen.

Die Vergleichung der Ergebnisse der soeben mitgetheilten Versuche zeigt, dass jeder Concentrationsstufe der Irrigationsflüssigkeit bestimmte Veränderungen im Epithel entsprechen. Am unbedeutendsten sind die letzteren bei Anwendung der $\frac{3}{4}$ prozentigen Chlornatriumlösung; sie führen zu Quellungerscheinungen bei Verwendung von wasserreicher Flüssigkeiten; sie bestehen vorzugsweise in der Abscheidung vacuolenähnlicher, wahrscheinlich eiweissartiger Tropfen, wenn kochsalzreichere Flüssigkeiten das Epithel bespülen. Es können diese Resultate wohl nicht in anderer Weise erklärt werden, als durch die Annahme eines wechselseitigen Stoffaustausches zwischen Epithel und Irrigationsflüssigkeit, welcher unter Anderem auch den Salzgehalt der epithelialen Decke in Uebereinstimmung zu bringen bestrebt ist mit dem Salzgehalt der zur Irrigation verwendeten Flüssigkeit.

Für andere Epithelbekleidungen lässt sich in gleicher Weise ein solcher Einfluss der dieselben bespülenden Kochsalzlösungen nachweisen. Nur sind die Veränderungen, welche die Epithelzellen dabei erleiden nach Umständen verschieden. So bewirkt reines Wasser zum Beispiel an der Epithellage der papillentragenden Schleimhaut der Froschzunge nur geringe Veränderungen, leichte Trübung, Vacuolenbildung und Aufquellung bei ganz vereinzelten Zellen, während mit dem steigenden Salzgehalt der Irrigationsflüssigkeit die Einwirkung deutlicher hervortritt. Für $\frac{3}{4}$ prozentige Kochsalzlösungen findet sich schon ausgeprägtere Trübung und Vacuolenbildung. Chlornatriumlösung von $1\frac{1}{2}$ pCt. blättert den einen Theil der Zellen stark auf und macht sie so durchsichtig, dass Kerne und Contouren scharf hervortreten, während der übrige Theil der Zellen sich in hohem Grade trübt und mit zahlreichen vacuolen-

ähnlichen Gebilden füllt. Es sind dieses Veränderungen, welche einige Ähnlichkeit besitzen mit denjenigen, welche das Epithel der glatten Zungenschleimhaut erleidet bei der Irrigation mit destillirtem Wasser. Man kann daraus schliessen, dass allerdings die Irrigationsmethode auf den Wasser- und Salzgehalt des Epithels einzuwirken im Stande ist, dass aber die durch dieselbe in den Zellen hervorgebrachten Veränderungen sich verschieden gestalten, je nach dem Bau der Epitheldecke und den chemischen und physikalischen Eigenschaften, der verschiedenen colloiden und krystalloiden Körper, welche in den Epithelzellen verschiedener Schleimhäute enthalten sind.

Ehe ich nun übergehe zu einer kurzen zusammenfassenden Besprechung der mitgetheilten Versuche und ihrer Ergebnisse, muss ich noch auf eine stillschweigende Prämisse zurückkehren, auf welche die ganze Untersuchung begründet ist. Ich habe in Obigem ohne Weiteres die Annahme gemacht, dass der in der Kittsubstanz sich abscheidende blaue Farbstoff dasselbe indigschwefelsaure Natron sei, welches in das Blut infundirt wurde. Leider kann ich diese Annahme nicht vollständig nachweisen. Allein das ganze Verhalten des Indigfarbstoffes in der Kittsubstanz lässt nichts erkennen, was der obigen Annahme widersprechen würde, und die physikalischen Eigenschaften der abgeschiedenen blauen Substanz stimmen, so weit sie untersucht wurden, vollständig mit denen des indigschwefelsauren Natrons überein. Insbesondere sind es die Farbe und die Löslichkeitsverhältnisse, welche denen des indigschwefelsauren Natron entsprechen. Wasser und wasserreiche Lösungen von Chlorkalium und Chlornatrium lösen die blauen Abscheidungen auf, während gesättigte Lösungen dieser Chloride, sowie absoluter Alkohol nichts von ihnen aufnehmen. Da aber gerade die Löslichkeitsverhältnisse des in Rede stehenden blauen Farbstoffes obigen Experimentaluntersuchungen zum Angriffspunkte gedient haben, so wird, wie ich hoffe, die Beweisfähigkeit der Versuche keinen Schaden leiden, selbst wenn, was mir sehr wenig wahrscheinlich dünkt, spätere Untersuchungen nachweisen sollten, dass es ein anderes indigschwefelsaures Salz von ähnlichen Löslichkeitsverhältnissen ist, welches in der Kittsubstanz sich niederschlägt.

Die vorstehenden Untersuchungen haben nachgewiesen, dass unter gewissen Bedingungen indigschwefelsaures Natron, welches in

das Blut des Frosches infundirt wird, in der Kittsubstanz der Epithelbekleidungen der äusseren Haut, verschiedener Schleimhäute und einiger Drüsen in fester Form, in Gestalt dunkelblauer Körnchen abgeschieden wird, welche sich zu einer blauen, netzförmigen Zeichnung um die einzelnen Zellen gruppiren. Die experimentelle Prüfung dieser Bedingungen ergab, dass die Abscheidung beginne bei einem gewissen, nicht unbedeutendem Gehalte des Blutes und der Gewebssäfte an indigschwefelsaurem Natron, und dass dieser Gehalt seinerseits bestimmt werde von dem Salz- und Wassergehalte der Epithelien. Mit sinkendem Salzgehalt der letzteren wurde die Infusion von immer grösseren Mengen indigschwefelsauren Natrons nothwendig zur Erzielung der Abscheidung, und umgekehrt.

Berücksichtigt man die Löslichkeitsverhältnisse des indigschwefelsauren Natrons in Kochsalzlösungen verschiedenen Gehaltes, so erhält man eine einfache Erklärung für diese Ergebnisse der Versuche. Eine mit diesem Indigfarbstoff gesättigte $1\frac{1}{2}$ procentige Chlor-natriumlösung stellt eine *blassblau* gefärbte Flüssigkeit dar, welche in Schichten, deren Dicke derjenigen der Kittleisten entspricht, nahezu farblos erscheint, während eine $\frac{1}{2}$ procentige Chlor-natriumlösung, welche gleichfalls mit dem in Rede stehenden Farbstoff gesättigt ist, dunkelblau also wesentlich reicher an Farbstoff ist und auch noch in dünnsten Schichten eine deutliche blaue Färbung erkennen lässt. Wenn nun durch die Versuchsanordnung allmählich der Gehalt der wasserreichen Bindegewebssäfte an indigschwefelsaurem Natron steigt und gleichzeitig in einem gewissen Verhältniss mit ihm der Indigpigmentgehalt der Kittsubstanz des Epithels, so wird, je nach dem mehr oder weniger hohen Salzgehalt der letzteren, früher oder später eine Abscheidung des blauen Farbstoffes in der Kittsubstanz erfolgen. Es geschieht dieses früher, wenn durch Irrigation mit $1\frac{1}{2}$ prozentiger Kochsalzlösung der Salzgehalt des Epithels erhöht ist, es wird dasselbe erst viel später erfolgen wenn das Epithel sehr wasserreich ist. Die weitere Erklärung des Vorganges hängt nun davon ab, welche Anschauungen man gewinnt bezüglich des Weges, den der Indigfarbstoff nimmt um in die Kittsubstanz zu gelangen. Hier liegen zwei Möglichkeiten vor: entweder gelangt der Farbstoff aus dem Bindegewebe direct in die Kittsubstanz und verbreitet sich in derselben weiter, bis zu der Stelle, wo er durch ihren Salzgehalt zur körnigen Abscheidung gezwungen wird, oder

die grosse Menge des indigschwefelsauren Natrons tritt zunächst in gelöster Form ein in die tiefste Zellenlage des Epithels, und wird von dieser an die Kittsubstanz abgegeben, um nun gleichfalls durch den Salzgehalt der letzteren in fester Form ausgeschieden zu werden.

Gegen die zweite Erklärungsweise des in Rede stehenden Vorganges sprechen verschiedene gewichtige Gründe. Dieselbe würde den Uebergang des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz abhängig machen von einer Thätigkeit der Zelle, und zwar würde sie denselben unter die Secretionsvorgänge einreihen. Versucht man nun von diesem Standpunkte aus die Resultate obiger Experimentaluntersuchung zu deuten, so gelangt man zu der Annahme eines Secretionsvorganges, welcher erst bei einem sehr hohen, der Sättigung nahen Procentgehalte des Blutes und der Gewebssäfte an der zu secernirenden Substanz eine solche Grösse erreicht, dass er die zu der körnigen Abscheidung in die Kittsubstanz nothwendigen Mengen Farbstoff liefert. Mit anderen Worten die Zelle würde in die Kittsubstanz eine Farbstofflösung secerniren, welche annähernd den Farbstoffgehalt des der Zelle zugeführten Bindegewebssafes besäße. Diese Folgerung führt nahezu zu dem Beweise, dass überhaupt kein Secretionsvorgang vorliege. Zu der Beurtheilung derselben will ich hinweisen auf einen wirklichen Secretionsvorgang und zwar auf die von Heidenhain¹⁾ jüngst beschriebene Ausscheidung des indigschwefelsauren Natrons durch die Nieren. Hier beginnt die Secretion bei dem geringsten Gehalte des Blutes an dem Indigfarbstoff und liefert eine Flüssigkeit, deren Farbstoffgehalt weit-hin denjenigen des Blutes übertrifft. Die histologische Untersuchung der denselben secernirenden Nierenepithelien weist fernerhin eine verschiedene hochgradige Blaufärbung der Zellen und Zellenkerne nach, welche niemals bei der hier beschriebenen Abscheidung des Farbstoffes in die Kittsubstanzen beobachtet wurde.

Noch andere Gründe sprechen gleichfalls gegen die Annahme, dass die Zellen des Epithels den Indigfarbstoff in die Kittsubstanz ausscheiden. Es ist nicht ersichtlich, warum die Zellen keinen Farbstoff in die Kittsubstanz secerniren, wenn ihnen derselbe, wie oben versucht wurde, von der freien Fläche her in Gestalt einer mit indigschwefelsaurem Natron gesättigten, passend gewählten Chlor-

¹⁾ Max Schultze, Archiv f. mikr. Anat. Bd. X.

natriumlösung zugeführt wird. Die andere zuerst genannte Erklärungsweise dagegen lässt für dieses Ausbleiben der Reaction, wie unten gezeigt werden wird, eine befriedigende Begründung finden. Weiterhin lässt sich die Thatsache, dass das indigschwefelsaure Natron ausschliesslich in den tiefsten Abschnitten der Kittsubstanz in körniger Form erscheint mit der gemachten Voraussetzung nicht erklären, wenn man nicht der oberen und der tieferen, dem Bindegewebe näher liegenden Hälften jeder einzelnen Zelle verschiedene Fähigkeiten zuspricht. Die oberen, mindestens bei Irrigation mit 1½ prozentiger Kochsalzlösung salzreicheren Theile der Kittsubstanz müssten zuerst den Farbstoff körnig ausscheiden, wenn die Zelle an ihrer ganzen Seitenfläche gleichmässig secernirt.

Gegenüber den Schwierigkeiten, welche die soeben ausgesprochene Erklärungsweise bietet, lässt die Annahme, dass der Indigfarbstoff vom Bindegewebe aus direct in die Kittsubstanz übergehe, den ganzen Vorgang der Abscheidung in der einfachsten Weise deuten. Das indigschwefelsaure Natron scheidet sich an derjenigen Stelle aus, an welcher es zuerst in die Epitheldecke eintritt, und zwar ausschliesslich in Folge des Umstandes, dass die salzreichere Kittsubstanz weniger Indigfarbstoff in Lösung zu halten vermag als der Bindegewebssaft. Damit steht in bester Uebereinstimmung die experimentell nachgewiesene Abhängigkeit der Abscheidung von dem Salzgehalte des Epithels einerseits und dem Farbstoffgehalte des Blutes und der Gewebssäfte andererseits. Es erklären sich in einfacher Weise die Beziehungen, welche zwischen diesen beiden Factoren bestehen und insbesondere auch warum erst bei einem sehr hohen Farbstoffgehalte des Blutes und der Gewebe die frühesten Spuren der blauen Linien in der Kittsubstanz erscheinen. Der Umstand, dass immerhin der Salzgehalt des Epithels denjenigen des Bindegewebes nur um ein Geringes übertrifft, giebt den Grund ab, weswegen die Abscheidung des Indigfarbstoffes erst erfolgt, wenn der Bindegewebssaft nahezu gesättigt ist mit indigschwefelsaurem Natron. Der ganze Vorgang der Abscheidung mit oder ohne das Hülsmittel der Irrigation reducirt sich auf einen Stoffaustausch zwischen dem farbstoffhaltigen Bindegewebe und dem salzreichen Epithel, welcher den Farbstoff an derjenigen Stelle, an welcher er in das Epithel eintritt, der Bedingungen der Lösung beraubt und zu einer körnigen Abscheidung zwingt.

An der Hand der oben genannten Versuche, den Farbstoff dem Epithel von seiner freien Fläche aus zuzuführen, lässt sich diese Anschauung nicht widerlegen. Ist der Farbstoff enthalten in einer Kochsalzlösung von höherem Salzgehalte als dem Salzgehalte des Epithels entspricht, so kann selbstverständlich im Epithel keine Abscheidung erfolgen. Wird das indigschwefelsaure Natron aber in einer wasserreicherem Chlornatriumlösung zugeführt, so scheidet er sich, wie früher mitgetheilt, in der That ab aber ausserhalb des Epithels in die freie Flüssigkeit. Aus letzterem Verhalten, und aus der gleichzeitig gemachten Beobachtung, dass doch unter diesen Verhältnissen geringe Farbstoffmengen das Epithel durchdringen und in die Lymphe gelangen, wird man nur schliessen dürfen, dass denjenigen Theilen der Kittsubstanz, welche der freien Fläche zunächst liegen, jedenfalls nur in sehr geringem Grade die Fähigkeit zukommt den Farbstoff in die Tiefe zu leiten, während die tiefen Theile der Kittsubstanz leichter einen derartigen Transport vermittelnd und weit mehr in das Bindegewebe abzuführen im Stande sind, als ihnen von den höheren Theilen zugeführt wird.

Das Endergebniss der gesammten Untersuchung zeigt, dass die tiefen Theile der Kittsubstanz des Cylinderzellenepithels verschiedener Schleimhäute und einiger Drüsen, sowie die Kittsubstanz des Rete Malpighi der äusseren Haut vom Frosch in hervorragender Weise befähigt sind indigschwefelsaures Natron, einen löslichen und diffundirteren Körper aus dem Bindegewebe aufzunehmen und zwischen den Zellen des Epithels weiter zu verbreiten. Mit einer gewissen Reserve würde man, wie schon in der Einleitung berührt wurde, dieses Ergebniss auch für solche löslichen und diffundirbaren Körper verallgemeinern dürfen, welche zu dem eigentlichen Stoffwechsel der Zelle gehören. Die Kittsubstanz des Epithels hätte demnach nicht nur die Aufgabe die einzelnen Zellen unter sich und mit dem Bindegewebe zu verlöthen, sondern sie würde ausserdem noch, und zwar insbesondere ihre tiefen Schichten, den Weg darstellen, auf welchem lösliche und diffundirbare Stoffe zwischen dem Bindegewebe und den einzelnen Zellen des Epithels verkehren.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI—XII.

- Fig. a. Blaue Punkte in der Kittsubstanz des Epithels der papillenfreien Zungenschleimhaut vom Frosch, unmittelbar vorausgehend der körnigen Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons. Die Färbung der Punkte ist in Natur bedeutend blasser. Am lebenden Thier. Vergr. 350.
- Fig. b. Beginn der Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in die Kittsubstanz des Epithels. Papillenfreie Zungenschleimhaut des lebenden Frosches. Vergr. 350.
- Fig. c und d. Weitere Ausbildung der blauen Zeichnung in der Kittsubstanz. Ebenda am lebenden Thier. Vergr. 350. (Siehe Text.)
- Fig. e. Blaue gefärbte Inhaltsportionen von Becherzellen. Ebenda, 36 Stunden später. Am lebenden Thier. Vergr. 140.
- Fig. f. Abscheidung von indigschwefelsaurem Natron in die Kittsubstanz des Rete Malpighi der Froschschwimmhaut. Am lebenden Thier. Vergr. 350.
- Fig. g. Eingang und Grund einer Drüse der papillenträgenden Schleimhaut der Froschzunge nach Abscheidung von indigschwefelsaurem Natron in die Kittsubstanz des Epithels. Am lebenden Thier. Vergr. 220.
- Fig. h und i. Isolierte Kittleisten, abgeschiedenes indigschwefelsaures Natron enthaltend. In gesättigter Chlorkaliumlösung liegend. Vergr. 650.
- Fig. k. Querschnitt einer in Alkohol gehärteten Froschzunge. Pilzförmige Papille nach Abscheidung von indigschwefelsaurem Natron in die Kittsubstanz des Epithels. In gesättigter Chlorkalium-Glycerinlösung liegend. Vergr. 350.
- Fig. l. Querschnitt einer in Alkohol erhärteten Froschzunge. Epithel der glatten Fläche mit Indigifarbstoffabscheidung. In Chlorkalium-Glycerinlösung. Vergr. 550.
- Fig. m. Dieselbe Schleimhaut mit blau gefärbten Inhaltsportionen von Becherzellen. 36 Stunden nach Beginn des Versuches. In Chlorkalium-Glycerinlösung. Vergr. 550.
- Fig. n. Bruchstücke von Cylinderzellen und Inhaltsportionen von Becherzellen den Indigifarbstoff enthaltend. Glatte Zungenschleimhaut vom Frosch. In gesättigter wässriger Chlorkaliumlösung. Vergr. 550.