Beiträge zur Physiologie der Nieren.

Von

v. Wittich.

Hierzu Taf. IVa.

Heidenhain's Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Nieren veranlassen mich eine Reihe von Beobachtungen nachträglich zu veröffentlichen, die ich vor einer Reihe von Jahren an Kaninchen und Katzen, angeregt durch die Arbeiten Chrzonzewski's, zu machen Gelegenheit fand, und welche sich an ältere von mir im Jahre 1856 über die Nieren der Vögel gemachte Angaben anschliessen sollten. Die letzteren hatten die directe Bethheiligung der Nierenzellen der gewundenen Harnkanälchen an der Ausscheidung der wesentlichen Bestandtheile des breiigen Vogelharns unzweifelhaft erwiesen, sie hatten aber auch gezeigt, dass, wie es Heidenhain jetzt auch für die Säugethiernieren bestätigt, nie alle Abschnitte der Niere gleichzeitig functioniren, man die Drüsenzellen gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Organs in den verschiedensten Stadien der Erfüllung mit harnsauren Salzen findet, während andre noch vollständig frei von denselben sind; dass die die Glomeruli umgebende Kapsel sich dagegen gar nicht an der Ausscheidung der Harnbestandtheile zu betheiligen scheine. Auch letztere Angabe bestätigt Heidenhain für die Ausscheidung des indigoschwefelsauren Natron, wenn auch aus seinen Beobachtungen nicht mit der Evidenz wie aus meinen hervorgeht, dass den Zellen der Kapseln nicht die gleiche Bedeutung für die normalen Bestandtheile des Harns zukomme, wie den Zellen der Tubuli contorti.

Nach der Veröffentlichung der Arbeiten Chrzonzewski's schien mir in der Ausscheidung des Carmins ein ebenso sichtbares Beobachtungsobject gefunden zu sein, um auch bei Säugethieren den Antheil der verschiedenen Drüsentheile an der Ausscheidung verfolgen zu können, wie es die festen Harnbestandtheile des Vogelharns gaben. Die Resultate meiner in Folge dessen angestellten Versuche wollten mir jedoch in einem Punkte mit früheren Beobachtungen nicht recht stimmen, gaben mir aber nichts desto weniger That-sachen, die neben den von Heidenhain veröffentlichten wohl geeignet sein dürften, einen tieferen Blick in die Vorgänge der Harnsecretion zu thun. Ich stehe daher nicht an meine jetzt schon alten, aber immer noch nicht veralteten Beobachtungen nachträglich zu ver-öffentlichen, zumal sich aus ihnen ergibt, dass die von Heidenhain gefundenen Thatsachen nicht für alle in den Harn übergehenden Substanzen gültig zu sein scheinen, und als Heidenhain selbst die von mir in Anwendung gebrachte Methode als unzuverlässig aufgab, während sie mir ganz vortreffliche Präparate verschaffte.

Kaninchen wie Katzen ertragen die Injection von Carminammoniak nach meinen Erfahrungen ganz vortrefflich, wenn man die Lösung in den Verhältnissen darstellt, d. h. wenn man die Menge des Carmin zum Ammoniak genau so nimmt, wie sie Chrzonzewski angab, eine etwas stärkere Verdünnung schadet durchaus nicht. Ich erinnere mich keines Todesfalles nach der Injection, auch habe ich nie, ganz gleichgültig ob ich die herausgenommene Niere in reinem oder angesäuertem Alkohol (natürlich in kleinere Stücke geschnitten) erhärtete, eine so starke postmortale Imbibition der Gewebstheile beobachtet, dass sie irgendwie störend auf die Beobachtung wirken können, ja die zuweilen beobachteten postmortalen Imbibitionen sind gerade für das Verständniss ungemein lehrreich.

Spritzt man einem Kaninchen 5 Ccm. der Lösung in die Vena jugularis und lässt etwa 15 Minuten bis zum Tode vergehen, so findet man nicht nur die freigelegten Uretheren, sondern meistens auch die Blase bereits mit roth gefärbtem Secret erfüllt. Die Thiere entleeren auch in dieser Zeit während des Lebens bei Druck auf die Blase meistens einen ganz unzweifelhaft gefärbten Harn. Die mikroskopische Untersuchung der in saurem Alkohol erhärteten Präparate ergab mir in meinen älteren Versuchen (von denen mir noch heute damals gefertigte Schnitte vorliegen) folgendes: Die Oberfläche der Glomeruli ist fast ausnahmslos diffus geröthet, und

einzelne körnige Ausscheidungen unregelmässiger Form lagern auf ihnen, von einer intensiveren Färbung der Kerne der Gefässknäuel oder der sie bedeckenden Zellenschicht ist nichts vorhanden. Zwischen den Glomeruli und ihrer Kapsel befindet sich ein ungefärbter Raum, die Epithelien der letzteren sind nirgend imbibirt.

Es hat seine grosse Schwierigkeit, um zu einer vollen klaren Einsicht darüber zu kommen, ob die Carminfärbung der Glomeruli nur von ihrem Inhalte, oder ob sie von gefärbten Massen auf ihrer Oberfläche herrührt. Bilder, wie sie Chrzonzewski (Virchow's Arch. Bd. 31, Taf. IX Fig. 6) giebt, in welchen die rothen Massen ganz unabhängig von den Glomeruli der innern Fläche der Kapsel aufliegen, sind mir nie zur Beobachtung gekommen. Die Schwierigkeit der Entscheidung steigert sich, wie mich neuere Versuche belehrten, noch dadurch, dass die Gefässwindungen der Glomeruli ihren Inhalt nachweislich viel fester halten, als alle andern Gefässe. Lässt man ein Kaninchen unmittelbar nach der Injection verbluten, so findet man nicht selten allein in den Gefässknäueln die injicirte Masse, während alle übrigen Gefässe fast vollständig leer sind. Allein in solchen Fällen lässt sich der rothe Inhalt genau in den einzelnen Schlingen verfolgen, deren einzelne stark, andere schwächer, noch andere gar nicht gefüllt sind, während in späteren Stadien der Secretion die ganze Oberfläche des Glomerulus diffus geröthet erscheint. An eine postmortale Imbibition ist hier wohl kaum zu denken, da keineswegs, wie das sonst hierbei der Fall zu sein pflegt, die Kerne der Gefässe gefärbt sind. In seltenen Fällen erstreckt sich auch die diffuse Röthung etwas über die Contouren der Glomeruli, die Kapsel erscheint dann wenigstens theilweise erfüllt. Vor Allem aber sind die oft zu beobachtenden körnigen Carminausscheidungen, die mir entschieden auf der Oberfläche der Glomeruli zu liegen scheinen, welche dafür sprechen, dass auch jene diffuse Färbung aussen aufliegt. Zu vollkommener Gewissheit über das Verhältniss der rothen Färbung zu den Windungen der Glomeruli bin ich erst in neuester Zeit bei einem Kaninchen gekommen, dem ich nach einander Carminammoniak und indigoschwefelsaures Natron in das Blut injicirte und die Nierengefässe vor dem Herausnehmen mit concentrirter Lösung von Chlorkalium nach Heidenhain's Vorschlag ausspritzte. In überraschend klarer Weise zeigte sich hier, dass auch die ihres farbigen und blutigen Inhalts beraubten Glomeruli diffus geröthet waren, dass aber nie die Kerne der

Gefässwandung vorwiegend geröthet erschienen, wie es bei einer postmortalen Imbibition stattfinden würde.

Die Lumina der gewundenen Harnkanälchen sind fast durchweg mit carminhaltigen Massen erfüllt, zuweilen nur in Form einer das Lumen scharf begränzenden, auf den Drüsenzellen lagernden Schicht, während letztere selbst vollständig farblos erscheinen, zuweilen ist das ganze Lumen mit blassröthlicher homogener Masse erfüllt, die sich nur mit feiner körniger Punktirung gegen die Zellen abgrenzt. Hier und da findet man aber auch vollkommen farblose Kanälchen. Die soeben erwähnte feinkörnige Auflagerung findet sich übrigens auch in Nieren, die in säurefreiem Alkohol erhärtet wurden, kann also nicht wohl einer postmortalen Fällung durch Säure ihre Entstehung verdanken, sie schiebt übrigens oft unregelmässig strahlenförmige feine körnige Ausläufer zwischen die einzelnen Zellkörper, ohne dass letztere selbst irgend etwas von dem Farbstoff aufnehmen. Es scheint mir nicht undenkbar, dass jene feinen Ausläufer den Zwischenräumen der von Heidenhain beschriebenen Stäbchen folgen.

Die Sammelröhren sind meistens stark mit Carmin gefüllt, der als ein feinkörniger Niederschlag auf den dieselben auskleidenden Zellen lagert, zum Theil aber auch bereits als compactere Massen auftritt. Die gerade verlaufenden Kanälchen der Farrein'schen Pyramiden zeigen in dieser Anfangszeit der Secretion nur sehr vereinzelt eine Erfüllung mit Carmin, auch ihre Zellen sind farblos, die Mehrzahl der Kanäle selbst leer.

So weit gingen meine älteren Beobachtungen. Es ergab sich aus ihnen, dass die Ausscheidung des Carmins, wie es bereits Chrzonzewski beschrieb, ziemlich gleichmässig in den Kapseln der Glomeruli beginnt, und von hier aus die ausgeschiedenen Massen ohne directe Betheiligung der Drüsenzellen in die Tubuli contorti, von ihnen in die Tubuli recti vorrücken, während nach meinen früheren Beobachtungen es doch zum Wenigsten äusserst wahrscheinlich war, dass, wie die harnsauren Salze, so auch die übrigen wesentlichen Harnbestandtheile bei Säugethieren zunächst in die Drüsenzellen der Tubuli contorti angehäuft und von ihnen ausgeschieden wurden. Es schien mir nicht unwahrscheinlich, dass, wie das bereits von Bowman angegeben wurde, die Glomeruli hauptsächlich das Harnwasser lieferten, welches unter obwaltenden Umständen den leicht diffusibeln Farbstoff mit sich nahm, während die eigentlichen

physiologischen Ausscheidungsstoffe, zu welchen man den künstlich ins Blut gebrachten Farbstoff nicht wohl zählen kann, erst eine Betheiligung des Protoplasmas der Drüsenzellen erforderten. In dieser Deutung, welche ich der Differenz meiner früheren Beobachtungen zu geben versuchte, machten mich Heidenhain's Beobachtungen schwankend, und meinen eigenen Präparaten misstrauend, wiederholte ich meine Versuche an Kaninchen und Tauben, allein im Wesentlichen mit gleichen Resultaten, wie sie mir die älteren gegeben hatten. Was zunächst die Menge der von mir injicirten Massen betrifft, so habe ich fast in allen Fällen nur 5—7 Ccm. hierzu verbraucht, weil ich mich überzeugte, dass sie ausreichen, um die Hautdecken der Thiere fast momentan intensiv zu färben.

Um aber die Schnelligkeit, mit welcher die Ausscheidung des Farbstoffes selbst bei nur geringer Menge desselben erfolgt, kennen zu lernen, wurde ein durch Urari vergiftetes Kaninchen unter künstlicher Respiration erhalten, und ihm durch einen Schnitt in der Linea alba die Bauchhöhle eröffnet, die Baueingeweide vorsichtig nach rechts herübergelagert, so dass der linke Urether bequem beobachtet werden konnte, während die von einem Assistenten hohl gehaltenen Bauchdecken ein Betrockenen der Baueingeweide verhinderten. Nach dieser Vorbereitung injicirte ich in die rechte Vena jugularis sehr langsam 5 Ccm. Carminlösung, während ich gleichzeitig stets den Urether im Auge behielt und nach einem Secundenzähler die Zeit bis zum Eintreten rothen Harns in den Urether bestimmte. Fast momentan röthete sich die Wandung des letzteren durch Erfüllung der in ihm verlaufenden Gefässe, nach Verlauf aber von 40 bis 50 Secunden trat die erste Flüssigkeitswelle aus dem Nierenbecken in den Urether und schob eine deutlich rothgefärbte Säule von einigen Millimetern vor sich her.

Tauben scheinen die Injection von Carminlösung viel schwerer zu ertragen; schon nach Einführung von kaum 3 Ccm. der Lösung wurden mir dieselben meistens asphyctisch und starben. Sie erholen sich aber, wie ich bald einsah, von ihrer Asphyxie, wenn man schnell durch Einblasen von Luft durch den Schnabel wenige Minuten hindurch künstliche Respiration einleitet, aber auch dann erscheinen die Thiere anfangs noch wie in trunkenem Zustande, in welchem sie sich schwer auf den Füßen halten, den Kopf leicht vornüber sinken lassen, ihn plötzlich wieder erheben und eine grosse Neigung zeigen sich hinzukauern. Bevor ich diesen relativ doch günstigen

Effect der künstlichen Athmung kannte, starb mir eine Taube während der Einspritzung, bei Eröffnung des Abdomens erwiesen sich aber beide Uretheren bereits gefüllt mit roth gefärbtem breiigen Harn, während die mikroskopische Untersuchung der Niere im Wesentlichen denselben, wenn auch nicht so eclatanten Zustand zeigte, wie die Nieren in späterer Zeit nach der Einspritzung. Letztere wurde in dem vorliegenden Falle allerdings sehr langsam ausgeführt, dauerte aber doch kaum eine volle Minute; also auch hier diffundirte der Farbstoff bereits innerhalb der ersten Minute in die Harnkanälchen.

Um ferner die Zeit kennen zu lernen, welche die dem Thierkörper einverleibte Farbmasse braucht um vollständig auszuschcheiden, habe ich Kaninchen, denen 5 Ccm. Carminlösung injicirt waren, so lange beobachtet, bis ihre Hautdecken und der von ihnen entleerte Harn wieder normale Färbung zeigten. Die injicirte Lösung enthielt annähernd wohl 0,5 Grm. Carmin. Am vierten Tage nach der Einspritzung waren die Hautdecken kaum noch gefärbt, während der Harn noch intensiv roth die Blase verliess, und zwar nicht wie in den ersten 24 Stunden körnig, sondern in Form einer rothen Lösung. Erst am siebenten Tage war der Harn von normaler gelber Färbung, und erwies sich auch spectroscopisch frei von Carmin, während der Harn des sechsten Tages, obwohl nur blassroth, den Absorptionsstreifen des Carminammoniaks zeigte. Eiweiss enthielt der Harn nachweislich weder am ersten noch an den folgenden Tagen. Indigolösung scheint den Thierkörper viel früher zu verlassen; bei einem Kaninchen, dem ich ungefähr 8 Ccm. einer intensiv blauen Lösung von indigoschwefelsaurem Natron in die Vena jugularis injicirte, waren bereits nach 24 Stunden Ohren und Hautdecken vollkommen farblos, der entleerte Harn aber noch blau. Leider starb das Thier nach Verlauf dieser Zeit ganz plötzlich (an einer Trombose der Hirngefässe), so dass ich das Verschwinden des Indigo im Harn nicht verfolgen konnte, allein die mikroskopische Untersuchung der Nieren ergab nur noch Blaufärbung der Tubuli recti, während die gewundenen Kanälchen vollkommen frei von Indigo sich erwiesen.

Was nun den Zustand der Nieren nach der Injection betrifft, so richtet sich derselbe wesentlich nach der Länge der Zeit, welche zwischen letzterer und der Tödtung des Thieres verfloss. Schon unmittelbar nach der Einspritzung findet man zahlreiche, aber

durchaus nicht alle Harnkanälchen in der Ausscheidung begriffen, während nur ganz vereinzelte gerade verlaufenden Kanälchen der Pyramiden roth gefüllt sind. Je länger man mit der Tödtung des Thieres wartet, desto mehr verbreitet sich der Ausscheidungsprocess über die ganze Corticalschicht des Organs, desto zahlreicher füllen sich die Sammelröhren und die Tubuli recti, bis schliesslich fast sämtliche Kanälchen, gewundene wie gestreckte, gleichmässig roth erfüllt scheinen.

Wie bei Kaninchen, ebenso gestalten sich die Vorgänge in den Nieren von Tauben nach Einspritzung der Carminlösung ins Blut. Hier wie bei jenen lehrt aber die mikroskopische Untersuchung feiner Schitte, 1. dass die Harnkanälchen, besonders bei Beginn der Secretion, nie synchronisch an letzterer sich theilnehmen, 2. dass die rothe Masse stets im Lumen der gewundenen wie geraden Harnkanälchen ganz in der Weise liegt, wie ich es als Ergebniss meiner älteren Beobachtungen bereits oben beschrieb, immer waren die Drüsenzellen farblos, und wenn auch die früher erwähnte feinkörnig-strahlig nach aussen gehende Auflagerung den Zellen scheinbar eine diffuse Röthung gab, so beschränkte sich letztere doch stets auf die dem Lumen zugewendete Schicht, nie waren die eigentlichen Zellkörper, ihre Kerne, gefärbt, wie bei Einspritzung von indigoschwefelsaurem Natron nach Heidenhain's Angaben (die ich aus eigener Anschauung nur bestätigen kann).

In der Mehrzahl der Fälle fand sich auch, oft vereinzelt, zuweilen allgemein, jene diffuse Röthung der Glomeruli, und selbst in Fällen, wo eine offenbare postmortale Imbibition die Wandungen grösserer Gefässe, die Kerne benachbarter Capillaren intensiv gefärbt hatte, war eine gleiche Färbung der Kerne der Glomeruli nicht zu beobachten.

Ich glaube nun nicht, dass das Ansammeln des ausgeschiedenen Carmins in den Höhlungen der gewundenen Kanälchen, das Farblosbleiben der Protoplasmen derselben eine postmortale Erscheinung, bedingt durch die geringe Tinctionsfähigkeit der letzteren, sei. Feine Schnitte in Alkohol erhärteter Nieren, in Carminammoniak gelegt, imbibiren letzteres so ungemein schnell und energisch, dass die Präparate meist gleichmässig roth und nur die Kerne etwas intensiver gefärbt erscheinen. Vielmehr scheint es, als ob das Carmin mit dem Transsudat aus den Glomerulis tritt und von hier aus in die Tubuli contorti gelangt, auf der gewiss zähen Oberfläche ihrer

Zellen haftet, und wohl gar durch die schon von Chrzonzewski betonte saure Beschaffenheit des Nierenparenchyms hier bereits aus seiner Lösung gefällt wird. Um jedoch eine genaue Einsicht in die Art der Gewebefärbung von den Blutgefässen aus zu gewinnen, habe ich folgenden Versuch angestellt.

Einem todten Kaninchen wurde in die Aorta thoracica dicht über dem Zwerchfell eine Canüle eingebunden, letztere durch Cautchoukschlauch mit einem durch einen Hahn verschliessbaren Trichter in Verbindung gesetzt und dieser mit einer concentrirten ammoniakalischen Lösung von Carmin gefüllt. Der Trichter wurde mit Hülfe einer Klemme etwa 400 Mm. über der Canüle festgestellt, so dass nach Eröffnung des Hahns die gefärbte Flüssigkeit annähernd unter einem Drucke von 29 Mm. Quecksilber in die Gefässe der Baucheingeweide strömte. Die letzteren füllten sich äusserst langsam, und nachdem etwa nach Verlauf einer halben Stunde 50 Ccm. abgeflossen waren, wurden die Nierengefässe, wie die Uretheren unterbunden, die Nieren selbst in mit Essigsäure angesäuerten Alkohol geworfen. Die mikroskopische Untersuchung erwies die Uretheren leer, dagegen eine sehr vollständige Injection der Blutgefässe, besonders der Glomeruli, die Kerne jener wie dieser intensiv roth, die Zellen der Tubuli contorti grossentheils diffus geröthet, ihre Kerne nur hier und da stärker gefärbt, nur in ganz vereinzelter Fällen erwiesen sich die Lumina der Harnkanälchen mit blassrother Masse erfüllt. Das Gesamtbild aber war ein durchaus wesentlich anderes, wie nach Einspritzung des Carmins in die Vene lebender Thiere.

Von ganz besonderem Interesse war es mir, bei Tauben das Verhältniss der eigentlichen physiologischen Harnbestandtheile zu der Ausscheidung des Farbstoffes kennen zu lernen. Bevor ich jedoch hierauf eingehe, muss ich wenige Worte über die Herstellung der hierzu erforderlichen mikroskopischen Präparate sagen.

Um das Verhalten des Farbstoffs zu den Drüsenzellen, seine von diesen unabhängige Anhäufung im Lumen klar zu machen, hat es sich mir am meisten bewährt, feine Schnitte der in Alkohol erhärteten Niere in Creosot quellen zu lassen und nach Entfernung des überschüssigen Creosots in eine Auflösung von Canadabalsam in Chloroform zu legen. Die durch das Creosot bewirkte meistens allzu energische Aufhellung der Präparate wird durch die letztere Lösung etwas gemildert, die Contouren wieder schärfer. Man ist bei diesem Verfahren, welches sich schon durch seine ungemeine

Schnelligkeit, wie dadurch empfiehlt, dass die Gewebe nicht so schrumpfen, wie bei andern Aufhellungsmitteln, gegen jede postmortale Imbibition der Schnitte gesichert, wie ich sie oft bei Einlagerung der Schnitte in Essigsäure und Glycerin eintreten sah. Dieselbe Methode eignet sich aber nicht, um in Vogelnieren die Erfüllung der Drüsenzellen mit feinkörnigen Harnbestandtheilen zu beobachten. Letztere kennzeichnen sich am besten an in verdünnter Essigsäure gequollenen Schnitten durch ihre geringere Durchsichtigkeit bei durchfallendem, durch ihren Silberglanz bei auffallendem Lichte. Bei letzterer Untersuchung erkennt man am leichtesten die in der Secretion begriffenen Drüsenzellen, die wie ein weissglänzender breiter Ring das offene dunkle Lumen umstehen, während die nicht secernirenden Zellen, oder vielmehr die von Harnbestandtheilen freien kein Licht reflectiren; es lässt sich also auf einer Schnittfläche sehr wohl übersehen, wie viel der Kanälchen in der Secretion begriffen sind. In den gerade verlaufenden Sammelröhren füllt der grobkörnige breiige Harn allein das Lumen aus und erscheint bei durchfallendem Lichte dunkel, fast schwarz, bei auffallendem silberglänzend. Beides, Dunkelheit im durchfallenden, Silberglanz bei auffallendem Lichte, rühren von den meist kantigen Partikelchen her, die eben sehr viel Licht reflectiren, wenig durchlassen. Durchtränkt man aber ein solches Präparat mit Creosot und Canadabalsam, so hebt man dadurch den optischen Effect der einzelnen Partikelchen auf, dasselbe erscheint schnell, fast gleichmässig durchsichtig. Es empfiehlt sich daher die Untersuchung der Präparate in Essigsäure und Glycerin, zumal eine etwa eintretende postmortale Imbibition als solche sehr wohl durch andere Creosotpräparate von derselben Niere controlirt werden kann.

Die Durchmusterung solcher Präparate ergibt nun ausnahmslos: Ansammlung des Carmins im Lumen der Kanälchen, während die ersten Anhäufungen der Harnbestandtheile in den Drüsenzellen erfolgt. In den mit breiigem Harn erfüllten geraden Kanälchen wechselt oft streckenweis jener mit zusammengeballtem Carmin.

Es kam nun bei der entschiedenen Differenz in dem Verhalten des indigосchwefelsauren Natron und dem des Carmins zur Niere darauf an, den Versuch zu machen, gleichzeitig oder bald hinter einander beide Farbstoffe ein und demselben Thiere zu injiciren. Ich habe nur einen Versuch der Art gemacht, diesen aber mit dem glücklichsten Erfolge.

Einem curarisirten Kaninchen wurden während künstlicher Respiration in die rechte Vena jugularis 5 Ccm. Carminammoniak injicirt und nach Verlauf von 15 Minuten, während welcher Zeit sich die Blase mit roth gefärbtem Harn bereits füllt, in die linke Vena jugularis ebenso viel einer concentrirten Auflösung von indigосchwefelsaurem Natron eingespritzt. Die Respiration wurde noch eine halbe Stunde lang unterhalten, alsdann eingestellt und das Thier so ganz getödtet. Vorher wurden ihm noch etwa 5 Ccm. Blut aus der eröffneten Jugularis entleert und dasselbe zur Gerinnung aufgestellt. Von der Aorta abdominalis aus wurde hierauf so lange gesättigte Lösung von Chlorkalium in die Nierenarterien injicirt, bis die aus der Vene abfließende Flüssigkeit farblos war, die Nieren alsdann, in kleine Stücke zerschnitten, in Alkohol erhärtet. Makroskopisch beschränkte sich die blaue Farbe fast nur auf die Corticalschicht, während die Pyramiden intensiv roth gefärbt waren; doch waren auch in jener ganz umfangreiche Flecken intensiv roth, ihre Umgebung gleich intensiv blau. Uretheren und Blase enthielten auch keinen Indigo ¹⁾.

Die mikroskopische Untersuchung feiner von der erhärteten Niere gefertigter Schnitte zeigte im Ganzen eine äusserst spärliche Erfüllung der gewundenen Harnkanälchen mit Carmin, nur in jenen erwähnten rothen Flecken der Corticalschicht prävalirte dieselbe, wo sie sich aber nachweisen liess, da füllte dasselbe in früher beschriebener Form, d. h. bald feinkörnig, bald gelöst das Lumen aus, während die Zellen absolut frei von demselben waren. Die Glomeruli und hier auch der freie Raum der Kapsel waren trotz der Ausspritzung der Nierenarterie mit Chlorkalium meistens gleichmässig geröthet — während nie eine Blaufärbung gefunden wurde. Das Indigo füllte zum Theil in Form zusammengeballter Krystalle,

1) Ich habe in späteren Versuchen mit indigосchwefelsaurem Natron die Benutzung des schon von Chrzonzewski empfohlenen Chlorkaliums, um jenes zu fällen, aufgegeben, und mich einer concentrirten Lösung von Chlorkalcium bedient. Dasselbe fällt wie jenes das Indigo und bietet den Vortheil, dass es sich mit Alkohol mischt, während derselbe das Chlorkalium füllt, die Nierenschnitte daher sich bei ihrer Erhärtung durch und durch mit kleinen, die Durchsichtigkeit sehr beeinträchtigenden Krystallen bedecken. Da übrigens das indigосchwefelsaure Natron allein schon durch absoluten Alkohol gefällt wird, so ist selbst die vorhergehende Ausspritzung mit oder die Bettung in Chlorkalciumlösung durchaus überflüssig.

oft gemischt mit Carmin, die Höhlungen der Kanäle aus, zum Theil fand es sich als feinkörnige, meist blassblaue Substanz in den Zellen der gewundenen Kanälchen, und umstand so oft als ein blauer Kranz den intensiv roth gefärbten Inhalt. Die Kerne der Zellen meistens intensiv blau, ganz wie es Heidenhain beschreibt und abbildet.

Während also die Resultate dieses Versuches im Wesentlichen die Angaben Heidenhain's nur bestätigen, stellt sich die Verschiedenheit der Carminausscheidung noch deutlicher heraus. Weder hier noch in andern Fällen bei alleiniger Carmineinspritzung habe ich je Bilder von einer so intensiven Färbung der Zellen und ihrer Kerne zu Gesicht bekommen, wie nach Injection von Indigo, nur habe ich weder in dem so eben beschriebenen Falle, noch in andern, in denen ich allein das Indigosalz den Thieren einverleibte, eine Blaufärbung der Glomeruli gesehen, während sie nach Carmin fast ausnahmslos roth erscheinen.

Die letztere Thatsache brachte mich auf den Verdacht, dass möglicherweise das Indigosalz entweder sehr schnell im Blute bereits reducirt werde, oder aus seiner Lösung an irgend einer Stelle des Organismus ausgefällt werde, während gleiche Veränderungen mit dem Carminammoniak nicht vorgehen, das somit in den Windungen der Glomeruli haftende carminhaltige Serum noch post mortem transsudire. Um hierüber ins Klare zu kommen, richtete ich meine Aufmerksamkeit auf die Beschaffenheit des Blutes nach der Injection. Nach Einverleibung von Carminammoniak büst das Blut wenige Minuten nachher noch seine Gerinnungsfähigkeit ganz ein. Selbst nach 24stündigem Stehen hatte sich in einem Falle kein Blutkuchen gebildet, das über den gesenkten Blutkörperchen stehende Serum war intensiv carminroth gefärbt. Blut, welches 2—3 Stunden nach der Einspritzung dem verblutenden Thiere entnommen wurde, gerann sehr langsam und bildete noch nach 24 Stunden eine wenig steife Gallerte, über welcher sich kein Tropfen Serum gesammelt hatte, erst nachdem die Gallerte von den Gefässwandungen gelockert ward, sammelte sich ein wenig intensiv carminroth gefärbtes Serum. Nach hintereinander folgender Injection von Carmin und Indigo zeigte sich die Gerinnungsfähigkeit ebenso geschwächt, wie nach reiner Carmineinspritzung, das spärlich gesammelte Serum zeigte spectroscopisch Indigo und Carmin in Lösung. Auch nach alleiniger Einspritzung von Indigolösung schien die Gerinnung des Blutes verzögert, das sich sammelnde Serum aber war intensiv blau gefärbt, entfärbte

sich aber, von dem Blutkuchen abgegossen, nach etwa 24 Stunden, so dass nur noch die oberflächlichste mit der Luft in Berührung stehende Schicht blau gefärbt blieb. War somit erwiesen, dass bei einfacher Indigoeinspritzung letzterer im Serum gelöst blieb, so ergab sich doch eine postmortale Reduction desselben, allein der Umstand, dass diese immer erst einige Stunden nach dem Stehen des abgegossenen Serums eintrat, während das frisch sich ansammelnde Serum jene Reduction noch nicht zeigte, lässt es mir sehr wahrscheinlich erscheinen, dass wir es mit Folgeerscheinungen der Zersetzung des Serums zu thun haben. Frisches Blutserum, mit wenig indigoschwefelsaurem Natron gefärbt, reducirt den Indigo gleichfalls erst in etwa 24 Stunden. Schüttelt man übrigens das entfärbte Serum mit Luft, so bläut es sich von Neuem, um sich auch wieder nach Verlauf einiger Zeit zu entfärben, und selbst nach fünftägigem Stehen liess sich dieser Wechsel der Farbe immer von Neuem hervorrufen.

Nach alledem glaube ich, dass man das Fehlen der blauen Farbe in den Glomeruli nicht wohl auf eine stattgehabte Reduction des Indigo oder auf ein Verschwinden desselben im Serum durch Ausfällung zurückführen kann, um so weniger, als die nachfolgende Ausspritzung der Nierengefässe mit concentrirtem Chlorkalium eher ein Fixiren des Indigos in den Gefässwindungen, als sein Verschwinden bewirken musste. Die diffuse Röthung aber selbst nach Ausspritzen der Nierengefässe halte ich demnach für den Ausdruck eines physiologischen Vorganges, bedingt durch eine gleichmässige Durchtränkung der den Glomerulus bekleidenden Epithelzellen und durch theilweise Ansammlung des Transsudats in der Kapsel. Um zu der Einsicht zu kommen, dass man es nicht mit einer postmortalen Imbibition zu thun habe, vergleiche man nur die Präparate mit künstlich post mortem gewonnenen Imbibitionspräparaten. In letzteren sind vorwiegend die Kerne der Gefässwandungen intensiv, die Wandungen selbst fast gar nicht gefärbt, während in jenen der ganze Glomerulus diffus roth, keine Kerne besonders markirt sind.

Es lässt sich jedoch nicht leugnen, dass die ganze Versuchsmethode innerhalb des Organismus durch die plötzliche Belastung des Blutes mit den eingespritzten Farbstoffen und durch die in jenem dadurch bewirkte Veränderungen unzweifelhaft Verhältnisse erzeugt, die nicht als vollständig normale aufgefasst werden können, die Thiere sich vielmehr trotzdem, dass sie den Eingriff sehr wohl

überleben und durch Ausscheidung der fremdartigen Substanzen ganz zur Norm wieder zurückkehren, in einem pathologischen Zustand befinden. Es kam mir daher darauf an, die Zustände der Nieren kennen zu lernen bei indirecter Zuführung der Farbstoffe. Schon Chrzonzewski hat Versuche über die Ausscheidung des Carminammoniak nach Einspritzung in den Magen, per anum oder in den Peritonealsack gemacht, und nach ihnen Carmininjection der Harnkanälchen bekommen. Genauerer über einen etwaigen graduellen Unterschied dieser Versuche von denen bei directer Einspritzung giebt er jedoch nicht an.

Aus meinen in dieser Richtung angestellten Versuchen kann ich zunächst angeben, dass auch die Injection einer ammoniakalischen Carminlösung, so wie des indigoschwefelsauren Natrons durch die Trachea in die Lungen von Kaninchen, sehr wohl ertragen wird. Herr Berthold, der im vergangenen Sommer bei mir über die pathologischen Veränderungen des Lungengewebes nach Einführung fremder Substanzen Beobachtungen anstellte, hat einzelnen Thieren bis zu 10 Ccm. der Carminlösung, allerdings äusserst langsam, tropfenweis in die Lungen fliessen lassen, ohne dass die Thiere etwas anderes als in der ersten Stunde ein starkes rasselndes Athmen zeigten, das sehr bald vollkommen verschwand. Gleichzeitig zeigte sich, dass die Thiere bereits nach 15 Minuten, aber auch noch nach 24 Stunden, bei Druck auf die Blase einen intensiv rothen Harn entleerten.

Ich habe nun bei Kaninchen und Tauben theils Einspritzungen in den Oesophagus (resp. Kropf), theils in die Lungen (Kaninchen) gemacht, die Thiere sitzen lassen bis sie roth harnten, sie so nach Verlauf etlicher Stunden getödtet und die Nieren in angesäuertem Alkohol erhärtet. Die Versuche gaben mir bei Einführung des Carmins in den Magen nicht die Constanz, die ich nach der Angabe früherer Beobachter erwartete; zuweilen harnten die Thiere bereits nach $\frac{1}{4}$ —1 Stunde roth, oft selbst nach 3 Stunden nicht; in einem Falle, in welchem ich einem kräftigen Kaninchen ca. 10 Ccm. per os eingefüllt hatte, stellten sich sehr bald diarrhoeische Entleerungen ein, und nur vorübergehend, am dritten Tage, entleerte dasselbe einen äusserst blassrothen Harn. Am vierten Tage starb das Thier, der Harn in der Blase war durchaus frei von Carmin, die Untersuchung der Nieren ergab durchaus negative Resultate. Ich weiss mir die Inconstanz der Erfolge dieses Verfahrens vorläufig nur durch die

Annahme zu erklären, dass die saure Beschaffenheit des Magensaftes die Lösung des Carmins aufhob. Magen- und Darmcontenta waren denn auch in solchen Fällen, wenn sie früh genug untersucht wurden, bevor das Carmin den Darm mit den Faeces verlassen hatte, auffallend stark roth gefärbt. In allen Fällen aber, in welchen Ausscheidung des Carmins durch die Nieren erfolgte, war der mikroskopische Befund durchaus derselbe, und im Wesentlichen auch derselbe wie nach Injection direct ins Blut.

Gewöhnlich waren die Nieren, trotz der Erfüllung der Uretheren (bei Kaninchen auch der Blase) mit carminhaltigem Harn, nur äusserst blass roth gefleckt, die mikroskopische Untersuchung wies aber die unzweifelhafte Erfüllung einer, wenn auch nicht grossen Zahl der gerade verlaufenden Kanälchen mit zusammengeballten Carminmassen, ebenso die zwar spärliche Ansammlung sehr blass roth gefärbter Massen im Lumen vereinzelter gewundener Kanälchen nach, eine Färbung der Drüsenzellen habe ich nie beobachtet, ebenso wenig aber auch eine deutliche Färbung der Glomeruli wahrgenommen. Abgesehen von letzterer Thatsache erscheint der Unterschied des Befundes von dem nach directer Einspritzung ins Blut nur ein quantitativer. Das von einer resorbirenden Fläche erst aufgenommene Carmin gelangt muthmasslich doch zunächst in die Lymphgefässe, von hier mit verhältnissmässig geringer Geschwindigkeit ins Blut. Bei Einspritzung in den Darmtractus kommt auch wohl ein Theil gar nicht zur Aufsaugung, sondern verlässt mit den Fäcalsmassen den Darm, das Carmin tritt also in sehr viel diluirterem Zustande schon mit dem Blute in die Niere ein, bietet der letzteren demnach viel weniger Material zur Ausscheidung, während bei der directen Einspritzung ins Blut die Massen fast unmittelbar der ausscheidenden Oberfläche zugeführt werden. Bedenkt man ferner, dass meistens doch mit der Einspritzung von 5 Ccm. eine nicht zu unterschätzende Blutdrucksteigerung einhergeht, zumal in den bei weitem meisten Fällen die ganze Operation ziemlich unblutig verläuft, ein Präventivaderlass von mir nie gemacht wurde, so lässt sich eine gesteigerte Function der Niere hieraus allein, und eine massigere Ausscheidung des Carmins, eine allgemeinere Betheiligung des Parenchyms gar wohl erklären.

Was das Farblosbleiben der Glomeruli betrifft, so glaube ich, erklärt sich dasselbe ebenfalls aus der geringeren Masse des ausgeschiedenen Farbstoffs. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich

ein nur äusserst wenig gefärbtes Transsudat in den Kapseln der Glomeruli ansammelt, dass dasselbe bei langsamem Passiren der Tubuli contorti nicht nur eine Concentrirung, sondern auch eine theilweise Ausfällung des gelösten Farbstoffs erfährt, und dass beides zum Sichtbarwerden des letzteren in den Höhlungen der Kanäle beiträgt, während seine diluirte Beschaffenheit in den Kapseln ihn unkenntlich macht. Eins aber geben die Versuche mit voller Klarheit, die Ungleichzeitigkeit, in welcher sich die einzelnen Abschnitte der Niere an der Ausscheidung betheiligen, jenes schon früher von mir behauptete ungleichzeitige Functioniren der gewundenen Harnkanälchen.

Die indirecte Einführung des Indigos durch Einspritzung per anum oder durch den Kropf bei Tauben hat mir weniger gute Resultate gegeben. Stets trat nach 1 — 2 Stunden Entleerung blau gefärbten Harns ein, immer aber waren die Nieren fast gar nicht oder nur sehr wenig blau gefärbt und bürsteten ihre Farbe, obwohl ihre Gefässe mit Chlorcalciumlösung ausgespritzt wurden, nach 24-stündigem Liegen in Alkohol fast vollständig ein. Die mikroskopische Untersuchung wies nur äusserst spärliche Erfüllung der Harnkanälchen mit Indigo nach, eine Ansammlung desselben in den Zellen liess sich nie beobachten. Auch hier ist es wohl denkbar, dass der Indigo in so geringen Mengen in den Zellen vorhanden, in dünner Schicht daher nicht mehr erkennbar war.

Sehr viel sicherere Resultate erhielt ich an Kaninchen bei Einführung des Indigos in die Trachea, auch erfolgt hier die Ausscheidung durch den Harn augenscheinlich viel früher als nach Aufnahme durch die Darmschleimhaut. Ein Kaninchen, dem ich durch eine rechtwinklig gebogene, in die Trachea gebundene Glasröhre äusserst langsam tropfenweis eine starke Indigolösung einbrachte (es erhielt so während einer Stunde 13 Ccm.), entleerte bereits nach 20 Minuten bei Druck auf die Blase einen stark blau gefärbten Harn. 15 Minuten nach Beendigung (also $1\frac{1}{4}$ Stunde nach Beginn) der Einspritzung wurde das Thier durch Erstickung getödtet, die Nieren, welche entschieden blau fleckig waren, herausgenommen und in kleine Stücke geschnitten, zwei Stunden lang in concentrirte Lösung von Chlorcalcium gelegt und alsdann in absolutem Alkohol erhärtet. Feine Schnitte zeigten eine im Ganzen spärliche Erfüllung der gewundenen Harnkanälchen, eine stärkere der gestreckten und deren Anfänge in den Ferrein'schen Pyramiden. Meistens fand sich der

Indigo auch in dem Lumen der gewundenen Kanälchen, während deren Drüsenzellen kaum blassblau gefärbt schienen, ihre Kerne nie jene intensive Färbung zeigten, wie sie Heidenhain abbildet, und wie ich sie selbst nach Einspritzung des Farbstoffs ins Blut beobachtete. Eine Thatsache, die ich bei diesen Nieren zu beobachten Gelegenheit fand, macht es mir jedoch zweifelhaft, ob jene intensive Färbung der Kerne nicht doch eine postmortale Erscheinung sei. Sehr oft sah ich nämlich auch die Kerne der gerade verlaufenden Kanälchen intensiv gefärbt, während kaum daran zu denken ist, dass auch ihre Zellen sich an der Ausscheidung betheiligen. Diese postmortale Imbibition ist trotz der Behandlung der Niere mit concentrirter Chlorkaliumlösung sehr wohl denkbar. Fügt man zu einer Lösung von indigoschwefelsaurem Natron wenige Tropfen der Chlorkaliumlösung, so verursacht diese einen ziemlich voluminösen Niederschlag, allein die Flüssigkeit wird nicht vollständig dadurch entfärbt, ein Theil des Indigosalzes bleibt noch gelöst, um erst bei Mehrzusatz von Chlorkalium vollständig ausgefällt zu werden. Legt man nun noch so dünne Scheiben der Indigo enthaltenden Niere in Chlorkalium, so bedarf es doch immer erst einer gewissen Zeit, bis letzteres auch in die tieferen Schichten diffundirt, während welcher aber die abgestorbenen Protoplasmen ihre volle Imbibitionsfähigkeit für Farbstoffe geltend machen können. Schon bei der Untersuchung von Nieren solcher Thiere, welchen Indigo direct in das Blut injicirt worden, war es mir aufgefallen, dass nur die gewundenen Harnkanälchen bestimmter Schichten eine so intensive Blaufärbung ihrer Protoplasmen und Kerne zeigten, wie sie Heidenhain beschrieb und abbildete. Macht man Flächenschnitte parallel der Nierenkapseln, so sind es meistens die nicht ganz oberflächlichen, in denen jene zu Tage tritt, während in den dicht unter der Kapsel gelegenen meistens nur inselförmig die Lumina der sogenannten Schaltstücke mit krystallinischem Indigo erfüllt, die benachbarten gewundenen Kanälchen aber fast vollständig farblos sind. Sollte nicht auch hier trotz der Anwendung des Chlorkaliums jene Blaufärbung ein postmortales Phänomen sein? Sicherlich durchtränkt das Chlorkalium zunächst die oberflächlichen Schichten, die tiefern um so langsamer, als diese durch ihre Gewebsflüssigkeit einen neuen Concentrationsgrad der Kaliumlösung bedingt. Spaltet man die Niere, bevor man sie in letztere legt, der Länge oder Quere nach, und fertigt dann Schnitte von den oberflächlichsten der Einwirkung jenes direct ausgesetzten

Lagen, so fehlt oft die Blaufärbung der Zellen und ihrer Kerne, während sie in den tieferen Schichten wieder deutlich wird. Ich glaube nicht, dass ich in meinen Versuchen solche Stadien von unzureichender Einführung des Indigosalzes ins Blut vor Augen hatte, wie sie Heidenhain erwähnt, da die Nieren in fast allen Fällen durchaus gleichmässig gefärbt waren, die Lumina der gewundenen Kanälchen auch meistens Indigo führten, also jedenfalls in lebhafter Secretion begriffen waren.

Noch einiger Allgemeinerscheinungen bei directer wie indirecter Einführung von Farbstoffen möchte ich hier Erwähnung thun. Zunächst des Verhaltens der Leber. Ich habe oft Indigoeinspritzungen ins Blut gemacht (bei Kaninchen und Tauben), ohne auch nur eine Andeutung von Blaufärbung der Leber zu finden, während die Nieren von Indigo strotzten; in andern Fällen, bei Tauben, war die Leber intensiv gefärbt, während die Nieren viel weniger sich an der Ausscheidung beteiligten. In fast allen Fällen, in denen ich den Indigo durch die Lungen dem Körper einverleibte, fehlte jede Spur der Ausscheidung durch die Leber, während die Nieren sich ungemein schnell und energisch an derselben beteiligten. Nach Einbringung des Farbstoffs durch den Magen oder per rectum blieb die Ausscheidung durch die Nieren meistens, jedoch nicht immer, aus, während eine Ausscheidung durch die Leber nie erfolgte. Am sichersten und auch noch in anderer Beziehung interessant war der Erfolg nach Einspritzung ins Peritoneum. Während ich nämlich nach indirecter Einführung nie eine Färbung der Haut wie der Conjunctiva beobachtete, erfolgt dieselbe nach Einspritzung ins Peritoneum bei Tauben meistens ungemein schnell. Schon nach Verlauf einer halben Stunde, deutlicher noch nach einer Stunde, erscheinen die Thiere fast so intensiv gefärbt, wie nach unmittelbarer Injection ins Blut. Bei Kaninchen, denen ich wohl 20 Ccm. Indigolösung in den Peritonealsack injicirte, färbten sich die Hautdecken nie. Aber auch hier ist die Betheiligung der Organe eine verschiedene; zuweilen führen die Nieren nur wenig Indigo, während die Leber intensiv gefärbt ist. Fängt man das Blut solcher Thiere, denen Indigo in die Trachea oder ins Peritoneum injicirt wurde, auf, so sammelt sich über dem Blutkuchen stets ein mehr oder weniger blaugrünes, also indigohaltiges Serum. Von dem Peritoneum ist es hinlänglich erwiesen, dass dasselbe einen Lymphsack bildet; es darf uns daher kaum überraschen, dass seine Erfüllung mit

Indigo fast ebenso wirkt, wie die directe Einspritzung ins Blut. Auffallend aber bleibt es immer, dass die Einspritzung ins Peritoneum bei Kaninchen nicht den gleichen Erfolg hat. Bei Tauben trat derselbe schon nach Einspritzung von 5 Ccm. ein, während Kaninchen selbst nach Injection von 20—25 Ccm. wohl sehr schnell (meistens schon nach 15 Minuten) einen ungemein intensiv blauen Harn entleerten, selbst aber keine Färbung der Hautdecken zeigten. Weniger sicher ist das Verhältniss der Lungen zu den Lymphbahnen. Im Jahre 1870 hat, soviel ich weiss, Sikorski zuerst in einer vorläufigen Mittheilung in dem Centralblatt für die med. Wissenschaften pag. 818 die Ansicht ausgesprochen, dass die Lungenalveolen direct mit den Lymphgefässen communiciren. Eine ausführlichere Angabe über seine Untersuchungen, wie er sie in Aussicht stellte, habe ich nicht zu Gesichte bekommen. Später hat 1872 Buhl in seinen Briefen über Lungenentzündung u. s. w. dieselbe Ansicht aufgenommen und sie pathologisch verwerthet. Nach meinen eigenen Erfahrungen scheint manches für die Richtigkeit derselben zu sprechen. Zunächst ist es auffallend, dass wenn man Kaninchen gefärbte Lösungen in die Trachea einspritzt (sie vertragen dieselbe recht gut und in nicht unerheblichen Mengen), die Ausscheidung des Farbstoffs ungemein schnell erfolgt, und dass, wenn man die Thiere 1—2 Stunden darauf tödtet, die Lungen oft ganz unverhältnissmässig wenig von letzterem enthalten. Tödtet man die Thiere durch Erstickung vor Eröffnung des Thorax (Zubinden der Trachea), entfernt die Lungen in diesem luftgefüllten Zustand vorsichtig und legt sie, mit einem angehängten Gewicht beschwert, in absoluten Alkohol, so sind sie meistens nach 24 Stunden fest genug, um feine Schnitte von ihnen fertigen zu lassen. In diesen überzeugt man sich nur leicht, dass bei weitem der geringere Theil als feste Partikel in den Lungenalveolen liegen, dass ihre Epithelzellen vollkommen ungefärbt sind, dass die Hauptmasse des Farbstoffs ein äusserst unregelmässiges Netz in dem interstitiellen Gewebe bildet, zuweilen gestaltet sich jenes sogar, so besonders in dem die grösseren Blutgefässe begleitenden Bindegewebe zu einer ziemlichen Regelmässigkeit. Bisher ist es mir jedoch nie geglückt, auch die ausserhalb der Lunge im Thorax verlaufenden Lymphgefässe deutlich gefärbt zu finden. Ich kann die in dieser Richtung von mir angestellten Untersuchungen noch nicht als abgeschlossen ansehen, manches aber, wie aus dem Gesagten ersichtlich, spricht sehr für die Richtigkeit der von Sikorski

gemachten Angabe. Sind wir aber berechtigt, die Lungenalveolen gleich dem Peritoneum als Erweiterungen oder Anfänge der Lymphbahnen zu betrachten, dann erklärt sich der nachweislich unveränderte Uebergang des Indigo ins Blut, seine sichere und schnelle Ausscheidung durch die Nieren gar wohl.

Nach Allem, was ich über die Ausscheidung der direct oder indirect eingebrachten Farbstoffe mittheilte, ergibt sich, dass das Carminammoniak sich niemals, das indigoschwefelsaure Natron bei Einspritzung ins Blut stets bei indirecter Einführung wenigstens spurweis in den Drüsenzellen nachweisen lässt. Sind wir aber hieraus wohl berechtigt den Schluss zu ziehen, dass sich diese an der Ausscheidung des Carmins gar nicht betheiligen? Der Entdecker der Imbibitionsmethode, Gerlach, hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass an lebenden Zellen das Carmin gar nicht haftet, und dass selbst in den abgestorbenen sich zunächst die Zellkerne, später erst die Zellenmasse färbt, und doch muss der Farbstoff erst letztere passiren, um jene zu treffen; es bleibt daher immer wohl denkbar, dass auch während des Lebens das Carmin die Drüsenzellen durchsetzt, in ihnen aber nicht die für seine Fixirung günstigen Bedingungen vorfindet. Anders allerdings müsste sich dann das Protoplasma dem Indigo gegenüber verhalten, auch im Leben müsste jenes die Bedingungen enthalten, diesen länger festzuhalten.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel IVa.

- a, a, Längsverlaufende gewundene Harnkanälchen in verschiedenen Stadien der Füllung.
 - b, b, b, Querschnitte gewundener Harnkanälchen in verschiedenen Stadien der Füllung.
 - c Malpighi'sches Gefässkneuel mit Kapsel.
 - d Gefülltes gestrecktes Harnkanälchen.
 - e Querschnitt eines gewundenen Harnkanälchens nach gleichzeitiger (oder schnell folgender) Einspritzung von Carmin und Indigo ins Blut.
-

Fig. 12.

Fig. 11.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 8.

Fig. 7.

Fig. 6.