

# Ueber die Erweiterung von Arterien in Folge einer Nervenirregung.

Von

**Dr. Christ. Lovén.**

Mit einer Tafel.

---

## **I. Veränderungen im Herzschlag und Blutdruck, welche eintreten während der Reizung eines sensiblen Nerven, der mit dem Hirn und dem Rückenmark in Verbindung steht.**

Jede schmerzhaftc Reizung eines sensiblen Nerven ruft am gesunden Thiere so zahlreiche Erscheinungen hervor, welche sämmtlich den Blutstrom zu verändern vermögen, dass es unmöglich sein würde, auf diese Weise die nächste Beziehung zwischen der Reizung und der Blutstromsänderung zu erforschen. Die Möglichkeit, letzterem Ziele sich zu nähern, ist erst eröffnet, seit uns das Curare zur Seite steht. Wesentlich mit seiner Hilfe habe ich die folgenden Versuche über das obengenannte Thema und zwar im physiologischen Laboratorium zu Leipzig angestellt.

Die Erscheinungsreihe, die man nach Reizung sensibler Nerven an vergifteten Thieren beobachtete, besteht in Änderungen des Herzschlags, des Durchmessers der kleinen Arterien und des Blutdrucks. Da eine Änderung des Herzschlags und des Blutdrucks schon an und für sich Bedingungen mit sich bringen, welche den Durchmesser der Arterien zu beeinflussen vermögen, so muss offenbar zuerst untersucht werden, wie und unter welchen Umständen Herzschlag und Blutdruck sich ändern, bevor man darauf eingehen kann, welche unmittelbare Beziehungen zwischen der sensiblen Reizung und der Änderung des Gefässdurchmessers bestehe.

Soweit mir bekannt, hat bisher nur *v. Bezold* Versuche darüber angestellt, wie sich Herzschlag und Blutdruck nach einer

sensiblen Reizung gestalten. So wichtig die Erfahrungen sind, die dieser ausgezeichnete Physiologe gesammelt hat, so sind sie doch, weil von andern Gesichtspuncten aus unternommen, für meine Zwecke nicht ausreichend gewesen, so dass ich mich genöthigt sah, sie in einigen Puncten zu ergänzen. Ich werde nun zuerst in kurzen Umrissen die Erfahrungen mittheilen, welche *v. Bezold* gewonnen hat. Seine Beobachtungsthierc waren mit wenigen Ausnahmen durch Curare vergiftet und die Stämme der Vagi und Sympathici am Halse durchschnitten. Ausserdem wurden noch in verschiedenen Versuchsreihen mehrfache Veränderungen am Hirn und Rückenmark angebracht, die im Wesentlichen darin bestanden, dass entweder ein Schnitt unterhalb der medulla oblongata oder ein solcher oberhalb des genannten Hirnthcils ausgeführt wurde oder endlich, dass das Hirn und Rückenmark unberührt blieben. Die Reizung ward entweder auf sensible Rückenmarksnerven oder auf den centralen Vagusstumpf angewendet.

a) Hirn und Rückenmark unversehrt; Reizung des plexus brachialis oder ischiadicus. Die Zahl der Herzschläge wird grösser, der Blutdruck beginnt unmittelbar nach der Reizung zu steigen.

b) Das Mark unter- oder oberhalb der medulla oblongata durchschnitten; Reizung sensibler Rückenmarksnerven. Druck und Herzschlag bleiben unverändert.

c) Die medulla oblongata durch einen Schnitt vom übrigen Gehirn getrennt; Reizung des centralen Vagusstumpfes, ein- oder zweiseitig. Der Blutdruck sinkt unmittelbar nach Beginn der Reizung, die Zahl der Herzschläge mindert sich; nach Beendigung des Reizes erreicht der Druck die Höhe nicht wieder, die er vor derselben besessen.

d) Hirn und Rückenmark unversehrt; Reizung der centralen Vagusstümpfe. Bei dieser Art, den Versuch anzustellen, trat mit dem Beginn der Reizung entweder sogleich ein Sinken oder aber ein Steigen des Blutdrucks ein. In einer Anzahl von Fällen verharrte während der ganzen Reizungsdauer der Blutdruck auf seinem erhöhten oder erniedrigten Werthe. In einer andern Anzahl wechselte dagegen das Sinken und Steigen des Drucks unter und über den Normalwerth mit einander ab. War der Blutdruck gestiegen, so hatte sich auch die Zahl der Herzschläge vermehrt.

Diese Thatsachen lassen es ungewiss, ob das Ansteigen des Blutdrucks von einer Erhöhung der Herzthätigkeit oder einer Vermehrung der Widerstände in der Strombahn bedingt sei. Um hierüber soweit wie thunlich Aufklärung zu erhalten, entschloss ich mich, die Versuche dahin abzuändern, dass ich im Gegensatz zu *v. Bezold* den Vagus unverletzt liess. Ausserdem richtete ich auch noch meine Aufmerksamkeit auf das Verhalten einiger kleinen Arterienstämmchen des Ohrs und des Hinter-schenkels. An dem letztern Gliede pflegte ich die arteria saphena bloss zu legen, welche bekanntlich durch ihre Reizbarkeit ausgezeichnet ist. Beobachtete ich die Ohrgefässe, so reizte ich auch den centralen Stumpf des nerv. auricularis posterior; hatte ich dagegen die art. saphena blossgelegt, so tetanisirte ich den centralen Stumpf des nerv. dorsalis pedis. Die Erfolge, welche ich an drei Thieren erhalten habe, sind in der nachstehenden Tabelle mitgetheilt. Dieser Tabelle ist eine Beobachtungsreihe von einem vierten Thiere beigefügt, an welchem die nervi vagi nachträglich durchschnitten wurden.

Beobachtungen am Schenkel					Beobachtungen am Ohr		
Nr.	Mittel- druck in a. carotis	Pulszahl in der Zeit- einheit	Durch- messer der art. sa- phena		Mittel- druck	Pulszahl	Durch- messer der art. auri- cularis
I.	mm				mm		
4	Vor d. Vergift. mit Curare	86	—		2. Vor d. Rei- zung	63	400
	Vergiftg ohne Reizung	89	400		Unmittelbar nach Beginn der Reizung	107	57.0
	Reizung d. n. dors. ped.	126 u. 144	49	verringert	Später whrd Reizung	127	31.5
	Reizung d. n. dors. ped.	101	52.5	vergrössert	Später whrd Reizung	84	52
							Vermin- dert
Die Verlangsamung der Pulse und das Ansteigen des Drucks tritt auch nach mechanischer Reizung des n. auricul. ein. In allen Fällen verlangsamt sich der Puls erst nachdem der Druck schon bedeutend gestiegen.							
II.							
4	Vor d. Vergift. Vergiftg (noch nicht voll- kommen)	84	400		3. Vor d. Rzg. Während der Reizung	101	100
	Rzg. d. n. dors. pedis	95	79		Nach d. Rei- zung	109	45.5
	Später	145	51	vermindert		99	75.0
							Nicht beobachtet

## Beobachtungen am Schenkel

## Beobachtungen am Ohr

Nr.		Mittel- druck	Pulszahl in der Zeit einheit	Durch- messer d. art. sa- phena		Mittel- druck	Pulszahl	Durch- messer d. art. auri- cularis
		mm				mm		
2	Vor der Rei- zung	95	100		4. Vor der Rei- zung	106		Wenig ver- mindert
	Reiz. i. Beginn	119	65		Reizung	134	—	Vergröss.
	Reizg. später	110	69	Vermind. Vergröss.	Reizung	106	—	
III.								
1	Vor Vergft. Vergift. wäh- rend Reizg.	102	100		3. Vor Reizg.	100	—	
		137	61	Unveränd.	Währ. Reizg.	131	—	Unveränd.
2	Ohne Reizg.	95	100		4. Vor Reizg.	95	—	
	Bei Reizung	135 (Max.)	80	Unveränd. Betr. ver- grössert	Währ. Reizg. Später	112 103	— —	Unveränd. Ver- grössert
	Später	97	90		Später	133	—	Nicht beobachtet
IV.								
1	Vor d. Vergft. Nach Vergftg. Reizung d. n. dors. ped.	116 145 190	100 107 76					
	Vagi durchschnitten							
2	Vor d. Reizg.	122	100					
	Während der Reizung	147 u. 131	80					
3	Vor d. Reizg.	129	100					
	Während der Reizung	152	103					
4	Vor d. Reizg. Im Beginn	173 181	100 95					
	Später	163	60	geringe				
	Später	175	90	Vergrösse- rung				
	Später	175	85					

Stellt man die tabellarische Mittheilung in Worten zusammen, so sagt sie aus:

1) Der Blutdruck des unvergifteten Thieres ist in der Regel niedriger, als der des vergifteten; die Zahl der Herzschläge kann dabei am vergifteten Thiere kleiner oder grösser sein, als am unvergifteten. Ich erinnere hierbei an die bekannte Erfahrung dass in Folge der Vergiftung mit Curare die kleinen Arterien merklich enger werden.

2) Nach Reizung des nerv. auricularis sowohl als des nerv. dorsalis pedis mindert sich ausnahmslos die Zahl der Herzschläge beträchtlich und trotzdem steigt der Blutdruck sehr bedeutend empor. Die Curve des Drucks zeigte dabei die Eigenthümlichkeit, dass meist aus ihr die periodischen Hebungen und Senkungen verschwunden waren, welche vor und nach der Reizung durch die künstlichen Respirationsbewegungen veranlasst werden. Alle diese Eigenschaften beweisen, dass das Steigen des Drucks keineswegs einer vermehrten Herzthätigkeit, sondern vielmehr einer Hemmung des Abflusses zugeschrieben werden muss. Mit dieser Aussage stimmen nun auch die Erfahrungen überein, welche sich im fünften Stabe der Tabelle niedergelegt finden. Wenn nämlich trotz verlangsamten Herzschlags der Blutdruck beträchtlich gestiegen war, so hatten sich auch die sichtbaren Arterienstämmchen bis zum Verschwinden ihrer Lichtung verengert. Wenn dagegen der Blutdruck während der Reizung sank, so erweiterten sich die Arterien.

Allerdings sank der Blutdruck in den sechs Beobachtungen, in denen sich nach der vorliegenden Tabelle die beobachteten Arterien erweiterten, nicht unter den Werth vor der Reizung, sondern er fiel günstigsten Falls nur auf diejenige Höhe herab, welche er vor der Reizung eingenommen hatte. Da eine Erweiterung der Arterien nothwendigerweise von einer Verminderung der Widerstände begleitet sein muss, so hätte man erwarten sollen, dass der Blutdruck unter seinen Normalwerth herabgestiegen wäre. Um dieses Ausbleiben des erwarteten Erfolgs erklärlich zu finden, bleiben zwei Auswege offen. Entweder die Herzkraft ist gemehrt. Gegen diese Annahme sprechen ausnahmslos die Zahlen der Tabelle, denn sie zeigen, dass auch bei der eingetretenen Arterienerweiterung die Zahl der Herzschläge geringer als vor der Reizung war. Man ist deshalb wie mir scheint auf den zweiten, noch übrigbleibenden Erklärungsgrund angewiesen. Dieser würde die Annahme verlangen, dass die Erweiterung sich nicht auf sämtliche Arterien sondern nur auf die wenigen erstreckt habe, welche gerade beobachtet wurden und vielleicht noch auf einige andere, während in allen übrigen noch eine mehr oder weniger bedeutende Verengerung zurückgeblieben sei. Ich bin um so mehr geneigt, dieser Hypothese Gehör zu geben, weil, wie meine später mitzutheilenden Beobachtungen lehren, die erweiternde Wirkung eines sensiblen



Nerven sich in der Regel nicht über den peripherischen Verbreitungsbezirk des betreffenden Nerven hinaus erstreckt und in der That hatte ich ja die Arterie beobachtet, deren zugehörigen Nerven ich reizte. Übrigens versteht es sich von selbst, dass zur Aufhellung des wahren Sachverhaltes noch weitere Versuche wünschenswerth sind.

3) Die Minderung der Herzschläge, die nach Reizung eines sensiblen Nerven beobachtet wird, kommt vorzugsweise durch reflectorische Erregung des nervus vagus zu Stande, da nach Durchschneidung dieses Nerven die Zahl der Herzschläge während der Reizung entweder gar nicht oder nur unbeträchtlich sinkt. Sie kann sogar, wie *v. Bezold* gezeigt hat, unter diesen Umständen beträchtlich anwachsen. Woher die nach entgegengesetzter Richtung gehende Veränderung des Herzschlages rührt, muss bis auf Weiteres unentschieden bleiben.

Aus den Thatsachen, die ich bis dahin mittheilte, geht nun jedenfalls hervor, dass die Erweiterung der Blutgefäße, welche nach der Reizung eines sensiblen Nerven auftritt, nicht durch den erhöhten Blutdruck veranlasst sein kann, sondern dass umgekehrt die Verengerung der Arterien die vorzüglichste Ursache der Blutdrucksteigerung abgebe. Sollen sich, so müssen wir darum weiter schliessen, die Arterien eines Gefässgebietes erweitern, dann muss vorgängig der Tonus ihrer Nerven herabgestimmt sein. Dies wird unbestritten für alle die Fälle gelten, in welchen sich eine Erweiterung einfindet, ohne dass zugleich eine Steigerung des Blutdrucks über seinen normalen Werth beobachtet wurde. Combiniren sich eine Verminderung des Tonus einzelner Gefässabschnitte und einer Erhöhung des Blutdrucks, so wird begreiflicherweise eine sehr beträchtliche Erweiterung aller Gefäße des Bezirks zu Stande kommen, zu welchem die Arterien mit erschlaffter Wandung gehören. Diesen Umstände scheint es, wie ich schon jetzt bemerke, zuzuschreiben zu sein, dass die Reizung sensibler Nerven sehr häufig eine viel intensivere Röthung ihres Verbreitungsbezirks bewirkte, als sie vermöge einer Durchschneidung der entsprechenden Fasern des Sympathicus entsteht.

## II. Über die Arterienenerweiterung durch Erregung der nervi auriculares posterior und anterior.

Da es der Literatur an einer genauen Beschreibung der Nerven fehlt, welche sich am äusseren Ohr des Kaninchens vertheilen, so sei es mir erlaubt, zuerst einige anatomische Thatsachen einzuschalten.

Das äussere Ohr des Kaninchens empfängt Äste vom ersten Halsganglion des Sympathicus, von zwei Rückenmarksnerven (auricularis anterior und posterior) und von vier Gehirnnerven: facialis, trigeminus, vagus und glossopharyngeus.

Die sympathischen Nerven entspringen bekanntlich vom inneren Rand des ersten Halsganglions und verlaufen in enger Verbindung mit den Arterien, die sich am Ohr verzweigen.

Der vordere Ohrnerv, vom plexus cervicalis, hauptsächlich aber von den vorderen Ästen der zweiten und dritten Cervicalnerven entspringend, tritt am hinteren Rande des Kopfnickers hervor und verläuft nur von Haut und Hautmuskeln bedeckt nach vorn und aufwärts gegen das äussere Ohr. Er nimmt einige Fasern vom nervus cervicalis superficialis auf, sendet einige Zweiglein zur Haut der Parotisgegend und theilt sich zuletzt in zwei Äste, einer wendet sich nach vorn um sich an der vorderen Seite des hinteren dünnen Randes des Ohrlöffels zu verzweigen; der andere bleibt ziemlich in der Mitte der hinteren Fläche, wo er sich bis an die Spitze des Löffels ausbreitet.

Der hintere Ohrnerv entsteht vom hinteren Aste des zweiten Cervicalnerven, geht, nachdem er zwischen den tiefen Nackenmuskeln einige Muskeläste abgegeben nach aussen und vorwärts von ein Paar dünnen Muskelschichten bedeckt zu der oberen Seite der Ohrwurzel, und durch einen knorpeligen Fortsatz desselben an und entlang dem vorderen stumpfen Rande des Ohrs.

Nervus facialis giebt zu den Muskeln des äusseren Ohres eine sehr grosse Anzahl von Ästen ab, zum Theil schon bevor der Hauptstamm der Nerven den Fallopischen Kanal verlassen hat, zum Theil aber erst vor dem knorpeligen Gehörgang.

Ramus auriculo-temporalis des Trigeminus tritt am hinteren Rande des aufsteigenden Unterkieferastes aus der Tiefe hervor und theilt sich sogleich in drei Hauptzweige,

von welchen einer nach aussen und unten zieht um sich mit dem Facialis zu verbinden, einer in der Schläfengegend sich verbreitet und der dritte in zwei oder drei lange, dünne Fäden sich auflöst, die bis zum Ausschnitt am unteren Rande der Ohröffnung verfolgt werden können.

Der Arnoldische Nerv (*ramus auricularis vagi*) ist beim Kaninchen verhältnissmässig nicht unbedeutend. Er entsteht hoch oben im *foramen lacerum* aus zwei Wurzeln — deren eine aus einem Ganglion des Vagus, die andere vom Glossopharyngeus sich ablöst; dann tritt er durch einen eigenen knöchernen Gang in der oberen-hinteren Wand der Paukenhöhle zum Falloppischen Kanal, wo er sich theils mit dem *nervus facialis* verbindet, theils aber schräg über ihn fortgeht, um durch den Knochen an der oberen Fläche des knorpeligen Gehörganges herauszutreten; hier legt er sich eine Strecke lang an den Knorpel an, durchbohrt schliesslich denselben und löst sich auf der concaven Fläche der Ohrmuschel in seine Endzweige auf. Siehe Fig. 4 und 2.

---

Um die Veränderungen, welche im Durchmesser der Auriculargefässe eintreten, bequem beobachten zu können und um jede Störung des Blutstroms zu vermeiden, welche durch Lagenveränderungen des Ohrs bedingt werden könnten, gab ich dem Kopfe und Ohre eine fixirte Stellung, die während der ganzen Versuchsdauer unverrückt erhalten werden konnte. Hierzu bediente ich mich einer Schraubenzange, welche im Leipziger Laboratorium zu ähnlichen Zwecken verwendet wird. Ich halte es für unnöthig, dieses einfache Instrument zu beschreiben; dem Verständniss ist genügt, wenn ich sage, dass der Kopf des aufgebundenen Thieres durch eine Kornzange, welche die Wangen umgreift, erhoben wird und dass eine Pincette die Spitze des Ohrlöffels fasst und ausgebreitet emporhält, ohne einen Druck auf die Wurzel und den Körper des Löffels auszuüben. Nachdem Kopf und Ohr auf diese Weise fixirt waren, wurden der Reihe nach beide *nervi auriculares* aufgesucht und jeder doppelt und fest unterbunden und endlich zwischen den Ligaturen durchschnitten. Das periphere und centrale Ende der durchschnittenen Nerven konnte nun durch Luft isolirt und mittelst des gewöhnlichen Schlittenapparats bequem gereizt werden. Ich muss auf das Dringendste zurathen, bei ähnlichen Versuchen



jedes Mal beide Nerven auf ihre etwaigen Leistungen zu prüfen, da ich gefunden habe, dass die im Folgenden aufgezählten Erscheinungen nicht gleich deutlich durch jeden von beiden Nerven hervorgerufen werden können, sondern dass bald dieser, bald jener Nerv vorzugsweise wirksam ist.

Durch die Versuche von *Snellen* ward bekanntlich zuerst festgesetzt, dass eine schmerzhaft Reizung der centralen Stümpfe der genannten Nerven zunächst eine Verengung und dann eine Erweiterung der Arterien des Löffels bedingt. Dieser Erscheinungsreihe begegnet man unzweifelhaft in den meisten Fällen, in welchen man ein gesundes, lebenskräftiges Thier zum Versuche verwendet. Die Bahn, durch welche die Verengung sowohl, als die Erweiterung vermittelt wird, geht durch den nervus auricularis zum verlängerten Mark und von da durch den Halsstamm des Sympathicus zu den Ohrgefässen. Der Beweis hierfür liegt bekanntermassen darin, dass nach Durchschneidung des sympathischen Halsstammes die Reizung des sensiblen Nervenstumpfs das ohnediess schon rothe Ohr nicht noch merklich höher färbt.

Bevor ich auf die Data eingehe, die mir die Wiederholung der Versuche von *Snellen* ergaben, will ich noch bemerken, dass ich auch die Angaben von *M. Schiff* bestätigen kann, welcher behauptet, dass in den spinalen Auricularästen Fasern enthalten seien, die in einer unmittelbaren Beziehung zu den Circularmuskeln der Arterien stehen. In der Regel rief die Durchschneidung des einen oder andern Auricularastes eine dauernde Erweiterung eines Arterienstückes auf dem Ohr der operirten Seite hervor. Sie erstreckte sich gewöhnlich nur auf den Theil der Arterie, welcher in der Nähe der Spitze verläuft. Diese Erweiterung konnte durch eine Reizung des peripherischen Stumpfes in ihr Gegentheil umgesetzt werden und namentlich auch dann noch, wenn der Halsstamm des Sympathicus vorher durchschnitten war. Bei dieser letztern Modification des Versuchs blieb die Arterie während ihres Verlaufes durch den grössten Theil des Ohres erweitert, während sich dieselbe an der Spitze und den Seitentheilen des Ohres verengerte. Meistens setzte sich der verengerte von dem erweiterten Theile ganz scharf ab.

Ich kehre nun zu den Erfahrungen zurück, welche mir die Reizung des centralen Nervenstumpfs geliefert hat. Wenn ich ein kräftiges un-vergiftetes Thier dem Versuche unterwarf, so

bemerkte ich in den meisten Fällen, dass nach Beginn der Reizung sich die arteria auricularis verengte. Dies geschah um so sicherer und rascher, je lebhafter das Thier durch Schreien und Gliederbewegungen seinen Schmerz äusserte. Die Verengung der Arterie hielt zwar eine ungleiche, aber immer nur eine sehr kurze Zeit hindurch an und machte dann, und zwar noch während des bestehenden Reizes, einer Erweiterung Platz. Diese letztere begann jedesmal zuerst am Stämmchen der arteria auricularis und schritt von da in rascher Folge zu den immer kleineren Zweigen fort. Erst nachdem dies geschehen, füllten sich die Venen, so dass nun der Löffel eine tief rothe Farbe darbot.

Das nächste Interesse, welches sich an die vorliegenden Versuche knüpft, scheint mir in der Entscheidung der Frage zu bestehen, ob die Erweiterung nur in Folge der vorausgegangenen Verengung eintrete, mit einem Worte, ob die Erweiterung eine Folge der Ermüdung sei, in welche der Sympathicus durch die zuerst vorhandene Anstrengung gerathen war. Verhielten sich die Abhängigkeitsverhältnisse in der Weise, so würde man erwarten müssen, dass nach Zeit und Stärke eine Proportion zwischen der Verengung und der Erweiterung bestünde. Dies ist nun aber, wenn man eine grössere Zahl von Experimenten ausführt, keineswegs der Fall. Zuweilen wird allerdings die nachfolgende Erweiterung um so beträchtlicher, je ausgesprochener vorher die Verengung war. In zahlreichen andern Fällen folgt aber auf eine kaum merkliche Verengung eine sehr umfängliche Erweiterung. Einmal sogar traf es sich an einem unvergifteten Thiere, dass unmittelbar nach Beginn der Reizung ohne jede Spur einer vorausgegangenen Verengung eine sehr mächtige Erweiterung eintrat. Diese Erscheinung wiederholte sich an diesem Thiere so oft, als noch die Reizbarkeit des sensiblen Nerven den Versuch zuliess.

Wie diese Ergebnisse unvereinbar mit der Annahme sind, dass die Erweiterung der Gefässe von einer Ermüdung der sympathischen Fasern nach vorausgegangener Anstrengung bedingt sei, so scheint es mir auch mit einer andern Thatsache der Fall zu sein. Reizt man den blossgelegten Halsstamm des nerv. sympathicus, so dass hierdurch ebenso lange und noch länger eine Verschlussung der Arterien erzeugt wird, wie sie auch die Erregung des sensiblen Stumpfs hervorruft, so bemerkt man nach Entfernung des Reizes zwar zuweilen eine geringe Erweiterung

der Ohrgefäße: niemals aber sah ich diese auch nur annähernd so mächtig werden, wie nach der Reizung des nerv. auricularis. Daraus geht hervor, dass die sympathischen Fasern keineswegs so leicht zu ermüden sind.

Um meinen Versuchen eine grössere Reinheit zu geben, insbesondere um den Blutstrom von den heftigen Bewegungen der Glieder und des Brustkorbs unabhängig zu machen, verliess ich die Beobachtung des unvergifteten Thieres und wendete mich zum Gebrauche des Curare. Indem ich dies that, begünstigte mich im Beginn meiner Beobachtungen mit vergifteten Thieren das Glück insofern als ich auf eine grössere Zahl von Thieren traf, bei denen eine Reizung der sensiblen Nerven an verschiedenen Stellen des Körpers jedesmal sogleich eine Erweiterung der Gefäße hervorrief, die oft weit beträchtlicher war, als diejenige, welche einer Durchschneidung der betreffenden sympathischen Stämme nachfolgt. Diese Beobachtungen sprachen aus diesem, noch mehr aber aus einem andern Grunde gegen die Annahme, welche die Erweiterung in Folge der Ermüdung eintreten lässt. Meistentheils folgte jetzt auf die Erweiterung eine Verengung und zwar entweder noch während der Reizung oder unmittelbar nach Beendigung derselben; diese Verengung war in einigen Fällen beträchtlicher, als sie vor der Reizung gewesen. Als Erläuterung des Thatbestandes mag folgende mit Zeitbestimmungen versehene Beobachtung dienen.

Versuchs- nummer.	Nerv.	Stärke und Dauer der Reizung.	Eintritt d. Erweite- rung nach Beginn d. Reizung.	Eintritt d. Verenge- rung nach Beginn d. Reizung.
1	N. auricul. ant.	mässig stark, 15 Sec.	5 Sec.	35 Sec.
2	- - -	- - 22 -	6 -	40 -
3	- - -	- - 17 -	6 -	28 -
4	- - -	- - 12 -	5 -	22 -
5	- - -	sehr stark, 5 -	5 -	15 -
6	- - post.	schwach, 17 -	4 -	16 -
7	- - -	stärker, 15 -	5 -	30 -

Die Erweiterung, welche nach Reizung der sensiblen Ohrnerven einer Seite auftrat, blieb in einigen durchaus nur auf das Ohr der operirten Seite beschränkt. In mehreren andern Fällen dehnte sie sich auch auf das Ohr der nicht operirten Seite aus. Hier war jedoch die Röthung um ein sehr Merkliches schwächer;

auch fing sie um 2—4 Secunden später an und schlug mit Ausnahme eines einzigen Falles früher in Verengerung um, als auf der operirten.

Hätte ich meine Versuche nicht über eine sehr grosse Reihe von Kaninchen ausgedehnt, so würde ich durch diesen glücklichen Anfang bestimmt worden sein, es als eine Eigenthümlichkeit curarisirter Thiere zu betrachten, dass bei ihnen die Reizung sensibler Stümpfe sogleich eine Erweiterung der Gefässe bedingte. Die Fortsetzung meiner Beobachtungen belehrte mich jedoch vom Gegentheil, indem ich später wiederholt auf Thiere traf, welche sich so verhielten, wie es in der Regel bei unvergifteten der Fall ist. Immerhin aber begünstigt die Curarevergiftung den Eintritt der primitiven Röthung.

### III. Erweiterung der arteria saphena durch Reizung des nervus dorsalis pedis.

Von der bekannten Erfahrung ausgehend, dass schmerzhafte Eingriffe auf die Haut des Menschen für gewöhnlich eine Röthung derselben hervorrufen, war vorauszusehen, dass die am Ohre beobachtete Erscheinung auch noch an andern Orten des Kaninchenkörpers aufzufinden sei. Bei der Wahl der zu prüfenden Stellen war zu berücksichtigen, dass keine Nervenstämmen tetanisirt werden durften, in denen zugleich mit den sensiblen auch die sympathischen Fasern der Arterien verliefen, an welchen man die Erweiterung sehen wollte. Da die sympathischen Zweige meist schon den Arterienstämmchen höherer Ordnung zugeordnet werden und sich mit diesen weiter verästeln, so eignet sich am Kaninchen zu einem Versuche sehr gut die arteria saphena, welche ihren sympathischen Zweig aus dem plexus cruralis insbesondere aber mit dem nervus saphenus empfängt. Die Abhängigkeit der Arterienmuskeln von dem genannten Nerv lässt sich leicht darthun; durchschneidet man den nerv. saphenus so erweitert sich die gleichnamige Arterie plötzlich, reizt man dagegen den peripherischen Stumpf des Nerven so verengt sich das Gefäss. Nun verzweigt sich aber die art. saphena in der Regel bis zum Fusse herab, sodass zu den in ihrem Verbreitungsraum liegenden sensiblen Nerven u. A. auch der nerv. dors. pedis gehört.

Aber nicht allein durch dieses Verhalten sondern auch durch Ursprung und Verlauf ist sie für die Beobachtung günstig.

Sie entspringt aus der Schenkelpulsader, bevor diese die Adductoren durchbohrt, und verläuft als ein sehr feiner rother Faden an der innern Seite des Unterschenkels. Obwohl sie beim curarisirten Thiere meist sehr zusammengezogen ist, so lässt sie sich doch darum immer leicht auffinden, weil sie auf beiden Seiten von je einer Vene einer vorderen grösseren einer hinteren kleineren begleitet wird. Ich verfehle nicht, darauf aufmerksam zu machen, dass mir zwei Fälle vorgekommen sind, in denen die Arterie statt bis zum Fussgelenk herabzulaufen, in demjenigen ihrer Zweige endigte, welchen sie an der Innenseite des Kniegelenks in das rete patellare abgiebt. Beim Blosslegen der Arterie muss man begreiflich dafür sorgen, den nervus saphenus nicht zu verletzen, welcher die Arterie begleitet.

Meine Versuchsreihe mit Reizung am centralen Ende des nervus dorsalis pedis begann ich zufällig mit denselben Thieren, welche die Reizung des Auricularis unmittelbar durch eine Erweiterung beantwortet hatten. Gerade so, wie die arteria auricularis verhielt sich nun auch die arteria saphena. Ganz wie vorher am Ohr trat nun 4—6 Secunden nach der Application des Reizes in dem nur eben sichtbaren Gefäss plötzlich eine ganz ausserordentliche Erweiterung ein, die sich rasch zum Maximum steigerte und einige Secunden nach Entfernung der Electroden wieder vollständig verschwand. Die Arterie erweiterte sich nicht nur, sondern fing an kräftig zu pulsiren, was besonders schön hervortrat, wenn man das Bein etwas im Kniegelenke gebogen hielt, indem nun das Gefäss durch jede hereinstürzende Blutwelle mächtig gehoben und geschlängelt wurde; die Erscheinung konnte bei demselben Thiere lange Zeit wiederholt erzeugt werden. Bei mehrern in derselben Weise später vorgenommenen Versuchen erhielt ich fast ausnahmslos dasselbe Resultat und kann noch hinzufügen, dass auch die Reizung des nervus tibialis unterhalb des inneren Fussknöchels zum Ziele führt. — In ein Paar Fällen trat die Erweiterung zwar ein aber sie war nur von sehr kurzer Dauer und verschwand sogar wieder noch während der Reizung. Dasselbe habe ich auch bemerkt in solchen Fällen, wo die Erscheinung zwar im Anfang sich völlig ausgebildet zeigte, wo aber entweder der gebrauchte Reiz sehr kräftig gewesen oder der Versuch zu lange fortgesetzt worden war. Diese Unregelmässigkeiten sind also aller Wahrscheinlichkeit nach, so wie in diesen Fällen der Er-



schöpfung so in jenen einer zufälligen Schwäche der Erregbarkeit des Nerven zuzuschreiben.

Es entsteht hier ganz natürlich die Frage, bis wohin erstreckt sich diese Erweiterung? Ist sie auf die eine Arterie beschränkt oder nimmt vielleicht eine grössere Zahl der arteriellen Gefässe des Gliedes daran Theil. Um diese Frage zu beantworten, beobachtete ich in drei Versuchen während der Reizung des nerv. dorsalis pedis, theils die in ihrem ganzen Verlaufe von der Schenkelbeuge bis zum Durchtritt durch die Adductoren blossgelegte arteria femoralis, theils auch einige der von ihr abgegebenen Muskeläste. Was die letzteren betrifft, so haben schon *Ludwig* und *Thiry* erwähnt, dass die Muskelarterien im Allgemeinen sehr rasch ihre Erregbarkeit einbüßen; auch hier konnten in der vorliegenden Beziehung keine deutlichen Resultate ermittelt werden. Es ist wohl auch möglich, dass diese Gefässe schon durch die für ihre Blosslegung nothwendige Präparation in einen Zustand geschwächter Reizbarkeit oder gar Lähmung versetzt werden, so dass man von ihnen keine Aufschlüsse über die Wirkungen peripherischer Reize erwarten kann. Wenn ich mir also nicht zutraue, ganz entschieden zu behaupten, dass die Muskelarterien sich unter den fraglichen Umständen gar nicht erweitern, so ist doch wenigstens so viel gewiss, dass die etwa eingetretene Erweiterung bei der Entfernung des Reizes nicht nachliess, sondern dass die Gefässe unverändert in demselben Zustande während der ganzen Dauer des Versuches verharrten. Ungefähr dasselbe kann auch vom Hauptstamm der arter. femoralis gesagt werden. Sie schien zwar im Anfang des Versuches sich ein wenig zu erweitern, veränderte aber nachher ihren Durchmesser nicht. Es war dann ganz deutlich zu sehen, wie die oben geschilderten Veränderungen eigentlich nur dem genannten Hautast zukommen, indem sie stets von demjenigen Orte ihren Anfang nahmen, wo die Hautarterie von der cruralis sich abzweigt und, was noch merkwürdiger scheint, während im Aste die Pulsationen so gewaltig auftraten, waren sie in der grossen Arterie sehr unbedeutend und wurden bei der Reizung gar nicht verstärkt.

Das scheinbare Paradoxon, dass ein so kleiner Zweig der arteria cruralis pulsirte, während der Hauptstamm dieses kaum merklich that, erklärt sich leicht aus der ungleichen Steifigkeit der Wandung und gerade dieser Unterschied in der Pulsation

beweist, dass sich die Erschlaffung nur auf die Wandung der arteria saphena erstreckt hatte.

Als ich im weitern Verlauf meiner Beobachtungen auf curarisirte Kaninchen stieß, bei denen die Reizung am Ohrnerven eine primäre Verengerung ergab, fand ich, dass die Erregung des nerv. dorsalis pedis bei demselben Kaninchen auch hier eine primäre Verengung erzielte und dass bei den Thieren, bei welchen eine Reizung des n. auricularis das eine Mal Erweiterung, das andre Mal Verengerung der Ohrgefäße hervorrief, sich die Reizung des n. dorsalis pedis mit Rücksicht auf die arteria saphena gerade so verhielt. Doch auch diese Übereinstimmung besteht nicht ausnahmslos. Ich habe auch ein Thier beobachtet, dessen Ohrarterie sich primär erweiterte, während die saphena abwechselnd weiter und enger wurde.

Ausser an den genannten Körpertheilen habe ich noch eine Reihe von Versuchen an andern angestellt. Im Ganzen sind dieselben jedoch wenig zahlreich gewesen. Nirgends bekam ich dabei gleich auf den ersten Schlag so ausgeprägte Erscheinungen, wie sie das Ohr und die Haut des Unterschenkels bieten.

So habe ich in zwei Versuchen die sensiblen Antlitznerven (infraorbitalis, supraorbitalis und mentalis) gereizt und dabei die blossgelegte arteria maxillaris externa beobachtet. Im Anfang des Versuches gelang es durch Reizung des infraorbitalis eine mit dem Reiz vorübergehende Erweiterung und vermehrte Pulsation des Gefässes herbeizuführen, aber die Erscheinung konnte an demselben Thiere nur ein Paar Mal erzeugt werden. In derselben Weise verhielt sich auch die Arterie des Vorderarmes bei Reizung der Hautnerven desselben; dagegen konnte keine Erweiterung der arteria mammaria externa durch Reizung des zu den Milchdrüsen neben der Arterie hinziehenden Nerven bewirkt werden.

Einige Male habe ich auch curarisirte Hunde ähnlichen Versuchen unterworfen, aber diese Thiere für den vorliegenden Zweck nicht geeignet gefunden. Wenn ich den sensiblen Nerven reizte, so sah ich alsbald eine Erweiterung der Arterien eintreten; wenn aber die Reizung geschlossen wurde, so kehrte der verengte Zustand nicht wieder zurück, selbst wenn man viele Minuten hindurch die Reizung aussetzte. Bei der geringen Zahl von Versuchen, die ich angestellt habe, kann ich nicht ver-

bürgen, ob dies eine allgemeine Eigenschaft des Hundes ist oder nur eine individuelle.

#### IV. Bemerkungen zu den vorstehenden Versuchen.

Die Reizung der sensiblen Nerven ruft also jedesmal Veränderungen im Herzschlag und zwar meist Verlangsamung der Schlagfolge und ausserdem Erweiterungen oder Verengerungen der Arterienlumina hervor. Nach den Erfahrungen aller Beobachter kann kein Zweifel darüber sein, dass die genannten Erscheinungen, welche die Muskeln der Kreislaufsorgane darbieten, auf reflectorischem Wege zu Stande kommen. Nach meinen Beobachtungen ist es ferner keinem Zweifel unterworfen, dass die Erschlaffung der arteriellen Musculatur unabhängig von einer vorausgegangenen stärkern Verkürzung derselben eintreten kann. Den gangbaren physiologischen Anschauungen nach wird man also sagen müssen, der sensible Reiz sei vermögend auf reflectorischem Wege eben sowohl den Tonus der Gefässnerven zu erhöhen, als auch ihn herabzusetzen. Bis jetzt sind wir noch nicht dahin gelangt, vorauszusagen, wann der sensible Reiz contractionsvermehrend und wann er hemmend einwirken werde. Aus meinen Versuchen scheint nur so viel hervorzugehen, dass die Erweiterung sich viel örtlicher einstellt, als die Verengung. Wo man auch reizen mochte, immer kam eine Erhöhung des Blutdrucks zu Stande, die, weil sie bei unverletztem Vagus mit einer Verlangsamung der Herzschläge einherging, nur von einer Erhöhung des Widerstandes im Strombett abhängig sein konnte. Die Erweiterung erstreckte sich dagegen ausnahmslos nur auf diejenigen Arterien, welche in dem Revier des gereizten Nerven oder mindestens in dessen Nachbarschaft verliefen. Auf diesen Punkt habe ich wiederholt meine Aufmerksamkeit gerichtet. Schon oben bemerkte ich, dass eine Reizung des n. auricularis der einen Seite gewöhnlich nur die Arterien des gleichnamigen Ohrs erweiterte. Gar zu selten waren jedoch die Fälle nicht, in denen sich auch das Ohr der entgegengesetzten Seite röthete. Unter mehreren Versuchen habe ich auch einmal gesehen, dass eine Reizung des nervus infraorbitalis das Ohr lebhaft röthete. Bei demselben Thiere brachte, wenn auch schwach, aber doch deutlich ausgesprochen, eine Reizung am centralen Stumpfe des plexus brachialis eine Erschlaffung der

Auriculararterien hervor. Niemals habe ich dagegen gesehen, dass sich zum Ohr hin die erweiternde Wirkung des plexus lumbalis oder sacralis erstreckt hätte.

Unter dieser Voraussetzung lässt sich nicht verkennen, dass die ganze Reihe der Erscheinungen, welche sich nach Reizung eines sensiblen Nerven abspinnt, den Charakter jener Art von Zweckmässigkeit trägt, der uns an allen reflectorischen Vorgängen so überraschend entgegentritt. In weitaus der Mehrzahl der Fälle wird es für einen gereizten Ort von günstigen Folgen sein, wenn durch ihn ein breiter und rascher Blutstrom dringt. Nur hierdurch können die Schäden beträchtlicher Temperaturunterschiede, der Compression u. s. w. ausgeglichen werden. Ein auf diese Weise örtlich veränderter Blutstrom muss entstehen, wenn an dem gereizten Orte die kleinen Arterien erweitert sind, während sie an allen übrigen verengert werden. Einem übermässigen Anwachsen des Drucks wird vorgebeugt, wenn sich zu dieser Zeit die Schlagfolge des Herzens verlangsamt.

Der Ort der nervösen Centraltheile, an dem die Übertragung der Reflexe stattfindet, scheint nicht im Rückenmark, sondern in der medulla oblongata zu liegen. Hierfür sprechen mindestens die Versuche *v. Bezolds*, welcher nach Reizung sensibler Nerven keine Steigerung des Blutdrucks mehr wahrnahm, wenn er einen sensiblen Rückenmarksnerven nach Durchschneidung des Halsmarks reizte. Mit dieser Lagerung des reflectorischen Herdes der Gefässnerven stimmt vielleicht auch die Ausnahmstellung überein, welche die Gefässnerven in anderer Beziehung darbieten. *Van Deen* hat zuerst gezeigt, dass durch die Reizung eines Rückenmarksquerschnittes die unterhalb desselben austretenden Nerven niemals erregt werden können. Hiervon machen nun bekanntlich die Gefässnerven in ausgesprochenster Weise eine Ausnahme, ein Umstand, der vielleicht mit einer besonderen Lagerungsart der Gefässnerven innerhalb des Marks zusammenhängt.

Aus den Versuchen *v. Bezolds* könnte man nun weiter zu schliessen geneigt sein, dass die Reflexe, welche eine Hemmung des Tonus erzielen, im verlängerten Mark ausgelöst werden; dass diejenigen aber, welche eine Erhöhung des Tonus bedingen, erst im grossen Gehirn auftreten; vorausgesetzt nämlich, dass man die in seinen Versuchen beobachtete Steigerung des Blutdruckes von einer Gefässcontractur, das beobachtete Sinken

jenes Drucks aber von einer Erschlaffung der Gefässmuskeln ableiten wollte. Über diesen Punct müssen jedoch erst weitere Versuche entscheiden, welche den jeweiligen Zustand der Gefässe ins Auge fassen.

Sucht man in den innern Zusammenhang der Erscheinungen noch tiefer einzudringen, so findet man sich alsbald von einer grössern Anzahl unentscheidbarer Alternativen umgeben. Der Umstand, dass durch die Reizung desselben Nervenstammes das eine Mal Erweiterung, das andre Mal Verengerung der Gefässlichtung eintritt, könnte bedingt sein ebensowohl durch verschiedene Faserarten, die in den sensiblen oder motorischen Stämmen enthalten wären oder auch durch verschiedene Orte oder Bewegungsarten des reflectorischen Apparats. Da ich doch nicht im Stande bin, zwischen diesen Möglichkeiten zu entscheiden, so unterlasse ich es, meine Vorstellungen weiter auszumalen. Vorerst muss es uns genügen, festgestellt zu haben, dass Verengerung und Erweiterung der Arterien nicht in der Beziehung zu einander stehen, wie etwa Anstrengung und Ermüdung oder die Phasen einer Schwingung.

Bei der ausserordentlichen Bedeutung, welche unser Vorgang für die Praxis der Physiologie und Pathologie besitzt, kann es nicht fehlen, dass die Untersuchung desselben bald emsig fortgesetzt wird.

#### **V. Erweiterung in den Zweigen der arteria dorsalis penis durch die nervi erigentes.**

Die Erweiterung der Arterien des Penis in Folge der Reizung eines peripherischen Nervenstamms verdient in doppelter Beziehung unsre Aufmerksamkeit; zunächst wegen der Folgen, die in dem Begattungsorgane vorgehen, durch welches der erweiterte Blutstrom fliesst, dann aber auch aus allgemeinen Gründen.

4) Mit Rücksicht auf die Theorie der Erweiterung überhaupt wird es zunächst wünschenswerth sein, zu wissen, ob die bei der Erweiterung beteiligten Vorgänge nach den Grundsätzen der Hemmungstheorie erklärt werden können oder nicht. Macht man sich die Mittel klar, die uns zu dieser Entscheidung zu Gebot stehen, so sind sie freilich sehr beschränkt, denn im Wesentlichen gibt es nur ein einziges, nämlich die Nachweisung eines nervösen Apparates, der tonisirend wirkt und der in der Mitte



zwischen den Erweiterung erzeugenden Nerven und den Muskeln gelegen ist. Nach Analogie des Herzens glaubt man sich aber zu der Annahme eines tonisirenden Organs berechtigt, wenn kurz vor dem peripherischen Ende eines Nerven in seine Bahn Ganglienzellen eingestreut sind.

In den Speicheldrüsen, an denen bekanntlich *Cl. Bernard* die erweiternden Nerven entdeckte, liegen im Verlaufe des Nerven Ganglien. Alle Erscheinungen, die uns an diesen Organen bekannt sind, erklären sich genügend durch die Annahme, dass einmal mittelst des Sympathicus das Hirn die Gefässe tonisire und dass dieses letztere ausser dem noch geschehe durch die Ganglien, welche an den Drüsenerven vorkommen. Wird durch Reizung der erweiternden Nerven, des n. facialis etc. die tonisirende Wirkung dieser Ganglien ausser Wirksamkeit gesetzt, so weichen die Gefässwände vor dem andringenden Blutdruck.

Einige Jahre später zeigte *Eckhard*, dass aus dem plexus sacralis zwei Nerven hervorgehen, deren Reizung eine ungemeine Beschleunigung des Blutstroms durch den Penis bedingt; in der That dürfte sich schwerlich noch ein Ort im thierischen Körper finden, der die Beschleunigung des Blutstroms unter dem Einfluss der Nervenenerregung in so ausgeprägter Weise sehen lässt. Über den Mechanismus, der dieser Erscheinung zu Grunde liegt, hat uns dagegen *Eckhard* in seiner ausgezeichneten Untersuchung vorerst noch im Ungewissen gelassen, da er weder die Erweiterung der Arterien nachweisen konnte, noch auch im Stande war, innerhalb des Penis selbst Ganglien aufzufinden.

Bei der anatomischen Untersuchung des Penis ist es mir nun gelungen, im Verlaufe der nervi erigentes zahlreiche Ganglienhaufen aufzufinden, deren Beschreibung ich hier folgen lasse.

Von den Nerven, welche der portio membranacea entlang laufen, gehören nur die auf der lateralen und hintern (obern) Fläche gelegenen den nerv. erigentes an; die Reizung der vordern bringt weder Erection noch wird ihr Entstehen durch die Durchschneidung der vordern Nerven beeinträchtigt. Beides geschieht dagegen durch das entsprechende Verfahren mit den Nerven, welche auf der obern und seitlichen Fläche der p. membranacea verlaufen. Diese können nun auch und zwar zum grössten Theil in die von *Eckhard* beschriebenen nerv. erigentes des Sacralplexus verfolgt werden, und zum Andern stehen sie mit den Fortsetzungen des plexus hypogastricus in Verbindung. Nach der Abbildung,

welche J. Müller\*) von den Nerven der entsprechenden Stellen beim Menschen geliefert, ist hier das Schema der Vertheilung das nämliche.

Die lateralen Bündel laufen untereinander parallel und auch grösstentheils gesondert, indem nur die Fäden, welche am meisten gegen die vordere (untere) Fläche der pars membranacea herandringen, sich mit den Fasern des nerv. pudendus verschlingen, welche von letzterm Nerve gegen die prostata und zwar auf der vordern Fläche der Harnröhre verlaufen. — Die lateralen Bündel können bis zu dem Ort verfolgt werden, wo sich die arter. profunda penis an der Seite des bulbus urethrae in ihre Endäste auflöst. An diesem Ort bilden die Zweige mehrerer Nervenbündel in Gemeinschaft mit Ästen des n. pudendus ein äusserst dichtes Netz. Aus diesem dringen Fasern mit den Gefässen in das corp. cavernosum urethrae ein, andere verbreiten sich in den Wandungen der arteria bulbi und ihrer grösseren Äste, wo sie bis in die Muskelschicht hinein verfolgt werden können. Die Fasern sind nach Art der Bindegewebsbündel, jedoch noch ausgeprägter wellenförmig gebogen und äusserst blass; aus diesem Grunde können sie nur durch Säuren oder durch Carminlotion sichtbar gemacht werden.

Die hintern Bündel beider Seiten anastomosiren ausgiebig mit einander und bilden einen plexus der unmittelbar auf der Muskelhaut der Harnröhre liegt; sie entziehen sich alsbald der Verfolgung, so wie sie in das äusserst dichte mit elastischen Fasern reichlich durchsetzte Bindegewebe eintreten, das sich im hintern Theil des bulbus unmittelbar innerhalb des musc. bulbocavernosus findet.

Ganglien und ganglienartige Massen habe ich an folgenden bisher unbekannten Standorten aufgefunden. 1) An der hintern Fläche der portio membran. urethrae; sie sind bis auf einige Linien vor der hintern Gränze des bulbus, besonders reichlich aber in der Vertiefung zwischen prostata und Harnröhre nachweisbar. Die Ganglienkörper liegen entweder einzeln oder gruppenweise; der Form nach sind sie entweder gewöhnliche Ganglienzellen mit viel gelblichem, körnigem Protoplasma, oder sie sind von eigenthümlicher Gestaltung. Da sich unter den

---

\*) Über die organischen Nerven der erectilen männl. Geschlechtsorgane. Berl. 1836. Tab. III.

von *Beale*, *Arnold*, *Courvoisier* gezeichneten Formen keine ganz entsprechende findet, so habe ich in Fig. III eine solche wiedergegeben; sie ist aus dem plexus hypogastricus, und zwar aus einem Nerven genommen, der unmittelbar auf der pars membranacea auflag. — 2) In dem dichten Bindegewebe am hinteren (obern) Theile des bulbos liegen Ganglienzellen mit wenigem und sehr blassem feinkörnigen Protoplasma zu grössern oder kleinern Haufen oder einzeln zwischen den Nervenfasern. — 3) In den Netzen, welche die lateralen Bündel der nerv. erigentes um die Gefässe an der Seite des bulbos bilden, liegen eigenthümliche Anschwellungen der blassen Nervenbündel, die mit zahlreichen Kernen und einer sehr blassen feinkörnigen Masse gefüllt sind. Fig. IV stellt ein solches Bild dar.

Die vivisectorische Untersuchung der Erektion, über welche ich jetzt berichten will, verliert durch die Anwendung des Curare ihren abstossenden Charakter, den sie sonst in diesem Falle ganz besonders besitzt. Man muss es darum als ein Glück ansehen, dass trotz einer sehr intensiven Vergiftung alle Erscheinungen, die der Blutstrom im Penis des gesunden Thieres zeigt, sich unverändert erhalten.

A. Über die Veränderungen im Penis, welche die Beschleunigung des Blutes nach Reizung der nervi erigentes begleiten. — Die Annahme, wonach die normale Contraction der Muskeln im Balkengewebe des Penis daran Schuld sein solle, dass die Geschwindigkeit des Blutstroms in dem genannten Glied nicht zur vollen Entfaltung kommen könne, hat schon *Eckhard* widerlegt. Dieses bewerkstelligte er einfach dadurch, dass er an verschiedenen Stellen das cavernöse Gewebe durchschnitt. Befanden sich, nachdem dieses geschehen, die nervi erigentes im ruhenden Zustand, so war die Blutung auf der Schnittfläche äusserst mässig. Reizte er aber dann die genannten Nerven ein- oder zweiseitig, so stürzte ein mächtiger Blutstrom aus den durchschnittenen Cavernen hervor. Nun konnten aber offenbar die durchschnittenen Wände der Cavernen dem Blutstrome keinen Widerstand geleistet haben. Also musste die vermehrte Blutung dem directen Einfluss der nervi erigentes zugeschrieben werden.

Nach der Wegräumung dieser Möglichkeit bleiben nur noch zwei andere zur Erklärung des vermehrten Blutstroms übrig, entweder es erhält derselbe innerhalb des Penis einen neuen Zusatz von Triebkräften, die nicht schon vom Herzen aus gege-

ben sind; oder es bewegt sich das Blut unter dem normalen Druck und es wird nur der Widerstand innerhalb der Bahn des Stroms gemindert, der sich beim Eindringen desselben in die Cavernen entgegensetzt, beziehungsweise, es erschläft die Wandung der kleinen Arterien.

Die Entscheidung zwischen beiden Annahmen wird in etwas dadurch erschwert, dass die Erweiterung an den Orten, an denen sie vorkommen muss, wenn sie wirksam werden will, so ohne Weiteres, wie an allen übrigen Körperorten, nicht zu sehen ist. *Eckhard* bemerkt schon mit Recht, dass sich bei der Nervenreizung die Stämme der arteria dorsalis penis nicht erweitern. Blicke eine Erschlaffung auf die Wandung der genannten Stämme beschränkt, so würde dies für die Vermehrung des Blutstroms durch den Penis auch wenig fruchten, weil nämlich die grösste Summe der Widerstände gerade in den kleinsten Arterienästchen gesucht werden muss. Von der Richtigkeit dieser Behauptung werden wir uns später überzeugen, wenn ich von der Durchschneidung des nerv. pudendus handle.

Die kleinen arteriellen Zuflüsse zu den Cavernen können aber nicht blossgelegt werden, ohne eine Blutung zu erzeugen, durch welche das ganze Gesichtsfeld getrübt wird. Es bleibt für die Untersuchung hier kein andrer Weg übrig, als der, welchen *Cl. Bernard* unter Andern am Ohr angewendet hat, um die Folgen der Reizung und Lähmung des nerv. sympathicus sichtbar zu machen. In unserm Falle wird nun also vom corpus cavernosum und insbesondere von dem der Urethra, wo sich der Strom am raschesten und mächtigsten ändert, vorsichtig Schicht um Schicht abzutragen sein, bis man auf einzelne, stossweise hervorquellende, hellrothe Strömchen trifft. Hat man dies ausgeführt, und reizt man darauf die nervi erigentes, so gewahrt man, dass alsbald die hellrothen Ströme hoch aufspritzend eine mächtige Menge von Blut liefern, und zwar in derselben Masse, wie damals, als unter ähnlichen Umständen nur die corpora cavernosa angeschnitten waren. Dieser Versuch, der ausnahmslos gelingt, beweist, dass auf keinen Fall das Blut durch anziehende Kräfte irgend welcher Art in die Cavernen aus den Arterien hineinbefördert wird. Er belehrt uns dagegen nicht darüber, ob etwa statt einer einfachen Erschlaffung der kleinen Arterienwände neue Stromkräfte dem Blute heigesellt werden. Um diesen letztern Punkt zu entscheiden, habe ich den Druck

bestimmt, unter welchem das Blut im corpus cavernosum während des Maximums der Erection steht; selbstverständlich habe ich dabei zugleich den Blutdruck in der Carotis gemessen.

Das Manometer, welches den Blutdruck des Penis mass, habe ich entweder in eine vena dorsalis eingeführt, mit der Canüle gegen die Venenwurzel hin und dann die Vene der andern Seite durch einen umgelegten Faden geschlossen oder ich durchschnitt hinter dem Penisknochen die Urethra, unterband die Harnblase, scarificirte in bedeutender Ausdehnung und bis zur Tiefe der Cavernen die Schleimhaut der Urethra und band die Canüle in die freie Mündung der letztern ein. Hierdurch erhielt ich folgende Zahlen:

Versuchs- nummer.	Nerven- reizung.	Mittel- druck im Penis.	Mittel- druck in der Carotis.	Penis- druck	Bemerkungen.
				Carotis- druck.	
I. Kleiner Hund.					
1	einseitig	46 mm.	95 mm.	0,50	} Canüle in die scarificirte Urethra.
2	-	50 -	112 -	0,45	
3	-	30 -	94 -	0,33	
4	-	49 -	54 -	0,36	
II. Mittlgrößer Hund.					
1	einseitig	36 -	95 -	0,38	} Canüle in eine vena dorsalis, die andre geschlossen.
2	doppelseitig	47 -	93 -	0,50	
3	-	38 -	74 -	0,51	
III. Größer Hund.					
1	doppelseitig	67 -	110 -	0,60	In die vena dorsalis, zweite geschlossen.
2	-	48 -	116 -	0,41	In die vena dorsalis, zweite offen.
3	-	67 -	116 -	0,58	In die vena dorsalis, zweite geschlossen.

Angesichts der mitgetheilten Thatsachen über den Erectionsdruck kann man sich wie ich glaube ungescheut zu der Annahme bekennen, welche ohnehin aus Gründen der Analogie die wahrscheinlichste ist. Nach ihr beschleunigt die Nervenreizung den Blutstrom in den Cavernen des penis darum, weil sie die Wände der kleinsten Arterien erschlafft und weil sich in Folge hiervon die Lichtungen derselben durch den Druck des



Blutes bedeutend erweitern. Hierfür spricht der Versuch, in welchem nach Abtragung eines grossen Theils der cavernösen Wandungen, der Strom aus den kleinsten durchschnittenen Arterien durch Nervenreizung so sichtlich zu beschleunigen ist, und mit der eben ausgesprochenen Vorstellung harmonirt es, dass der Druck, unter welchem das Blut im erigirten Penis steht, im äussersten Fall 0,6 des Druckes beträgt, mit welchem das Blut in der Carotis strömt. Der erstere der angezogenen Versuche beweist, dass die sichtbare Erweiterung der kleineren arteriellen Blutströme von irgend welcher Einwirkung des Gewebes der Cavernen unabhängig ist, und der zweite Theil thut dar, dass es nicht nöthig ist, die Entstehung neuer Triebkräfte zu Hilfe zu nehmen, weil der in der grösseren Arterie vorhandene Blutdruck vollständig ausreicht, um die Kräfte zu decken, welche bei der Erection thätig sind.

Wollte man noch einen Schritt weiter gehen, so könnte man die nervi erigentes, als ein Analogon der Herzäste des n. vagus betrachten, die Ganglien aber, welche in ihrer Bahn an der Wurzel des Penis liegen, könnte man als ein Seitenstück der Ganglien, welche im Herzfleisch liegen, ansehen. Indem man diesen Zusatz ausspricht, darf man nicht vergessen, dass er wohl dazu geeignet ist, eine Reihe von Erscheinungen zu erklären, dass sich aber für ihn bis dahin ein directer Beweis nicht erbringen lässt.

B. Einige Bemerkungen über die Erection des Hundepenis. Man ist allseitig darin übereingekommen, dass zur Erzeugung der Erection des Penis drei Dinge gehören: eine Beschleunigung des zufließenden, eine Hemmung des abfließenden Blutstroms und eine Ausdehnbarkeit der Cavernenwandungen. Ich werde der Reihe nach auf die Bedeutung der drei Bedingungen eingehen.

In dem Balkengewebe finden sich bekanntlich organische Muskelfasern. Diese letzteren sowohl wie die Ringfasern der art. dorsalis stehen unter dem Einfluss des nervus pudendus. Hierfür tritt folgender Versuch ein. Reizt man die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen nervi pudendi, während der Penis zusammengefallen und durchschnitten ist, so vermindert sich die Blutung, und die durchschnittenen Ränder des Schwellkörpers ziehen sich zurück. War der Penis unmittelbar vor der Reizung des nervus pudendus durch die Erregung der

nervi erigentes geschwellt, so wird nun bei beginnender Tetanisirung der ersteren Nerven der Blutfluss aus den durchschnittenen Schwellkörpern erst vorübergehend beschleunigt, alsbald aber stockt er vollkommen. — Beobachtet man den Durchmesser der art. dorsalis, während man den nerv. pudendus zu durchschneiden im Begriff ist, so sieht man, dass er nach Vollendung der letzteren Operation merklich gewachsen ist, und dass die Pulsation lebhafter geworden; trotzdem tritt jedoch weder Erection ein, noch mehrt sich der Blutstrom in erkennbarer Weise aus dem durchschnittenen corpus cavernosum. — Die Betheiligung des nerv. pudendus und der von ihm abhängigen Gebilde an der Erection liesse sich demgemäss dahin angeben, dass sie durch ihre Zusammenziehung die Steifung des Glieds unmöglich machen können, insofern durch ihr Zuthun der wesentlichste Zufluss des Blutes abgeschnitten wird. Demnach ist nicht abzuleugnen, dass eine jede Verminderung im normalen Tonus des Schamnnerven die Erection begünstigen wird, indem sich hierdurch ein Theil der Widerstände vermindert, der sich der Erweiterung der Cavernen und der Zuführung des Blutes entgegenstellt. Ob, wie *Kölliker* will, bei der normalen Erection eine reflectorische Abspannung des n. pudendus eintritt, bleibt dahingestellt.

Die Bedeutung der nervi erigentes hat *Eckhard* schon vollständig erörtert; bei der Erregung dieser Nerven schwellen wohl corpora cavernosa penis et urethrae an, aber der Druck des Blutes in ihnen erreicht wie die oben mitgetheilten Messungen zeigen, keineswegs seinen höchsten Werth, und der bulbus glandis geräth gar nicht in Schwellung.

Das Maximum des Drucks und die Schwellung der Eichelzwiebel treten erst ein, wenn der Strom in den rückführenden Venen und insbesondere in der vena dorsalis unterbrochen wird. Zu diesem Ende dient ein Muskel, welcher zuerst von *Houston* beschrieben und in seinem Verhältniss zu den Dorsalvenen von *Eckhard* abgebildet ist. Zur Vervollständigung der Zeichnung, welche der letztgenannte Gelehrte gegeben, soll meine Figur 5 dienen. Sie stellt einen Durchschnitt durch den bulbus urethrae an der Stelle dar, an welcher die zu einer Vene vereinigten venae dorsalis von der Sehne des Muskels umgriffen werden. Aus dem Anblicke der Figur geht ohne Weiteres hervor, dass bei einer Contraction des *Houston'schen* Muskels das

Lumen der Vene zugeklemmt werden muss. Ahmt man am lebenden Thier während der Reizung der Erectionsnerven diese Absperrung der Venen dadurch nach, dass man ein Band um dieselben schlingt und zuzieht, so schwillt alsbald der Eichelbulbus dermassen an, dass die Vorhaut nicht mehr hinter ihn zurückgestreift werden kann. Ich brauche nicht zu erwähnen, dass trotz der Abschnürung der dorsalen Blutadern der Blutstrom durch den Penis nicht vollständig unterbrochen ist; denn bekanntlich bestehen noch andere schon von *Eckhard* beschriebene Venenabflüsse. Diese letzteren sind aber jedenfalls von untergeordneter Bedeutung, wovon ein einfacher Versuch Zeugnis ablegt. War durch Reizung der Erectionsnerven und Verschluss der Dorsalvenen die höchste Schwellung des Glieds herbeigeführt, und ward darauf die Reizung der Nerven unterbrochen, das Unterband der Venen aber unberührt gelassen, so schwillt das Glied nur sehr allmählig ab, öffne ich nun, während dieses geschieht, die *venae dorsales*, so sinkt es plötzlich zusammen.

#### Erklärung der Figuren.

1. Ursprung des *ram. auricularis Arnoldi* beim Kaninchen. Die in Betracht kommenden Nervenstämme sind aus deren natürlichen Verbindungen herausgelöst und ober- und unterhalb des *ram. auricularis* abgeschnitten; mehrmals vergrößert; die Namen der Nerven sind den einzelnen Stämmen beigeschrieben.
  2. Ursprung derselben Nerven in seiner natürlichen Grösse. Verlauf des *ram. Arnoldi* durch das Felsenbein. Die Bezeichnung der Nerven ist in die Figur geschrieben.
  3. } Ganglien und gangliöse Gebilde im Verlauf der *nervi erigentes*.
  4. }
  5. Durchschnitt durch die Sehnen des Houston'schen Muskels und die gemeinsame *vena dorsalis penis* während ihres Durchtritts durch die genannte Sehne. — A. Houston's Muskel. B. *Vena dorsalis com.*
-

Fig. 1.

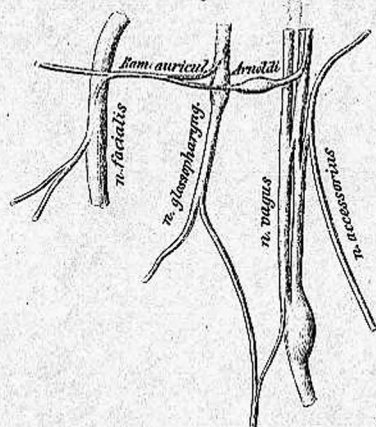


Fig. 2.

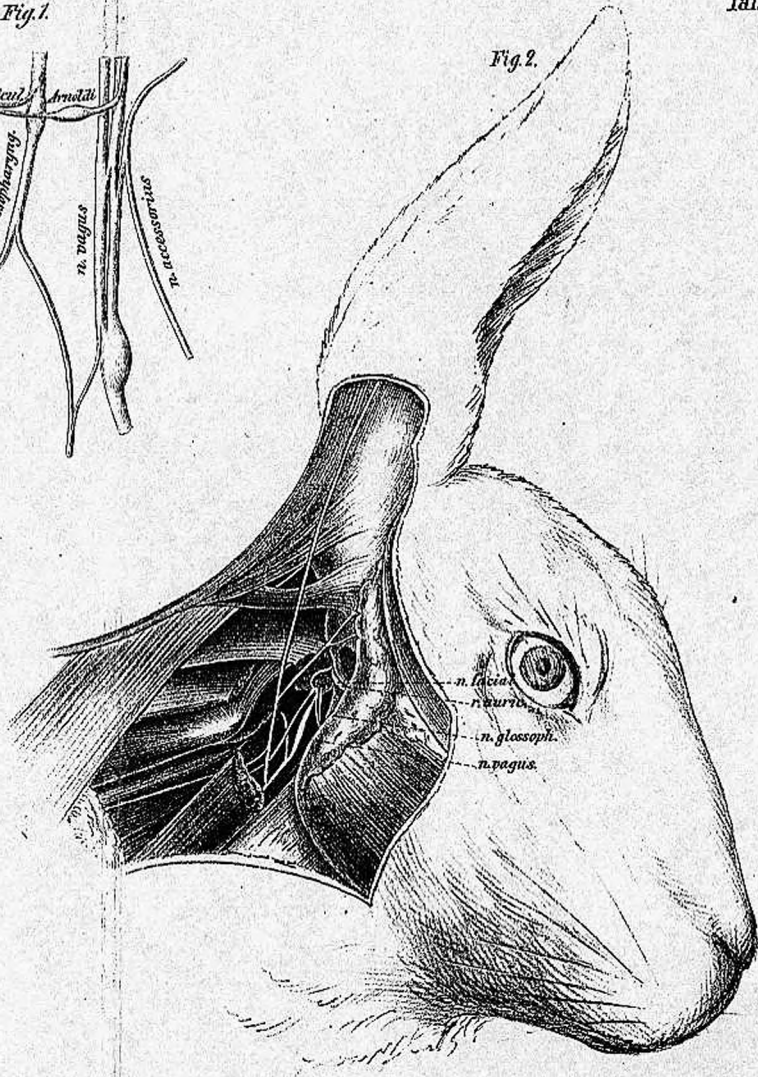


Fig. 4.



Fig. 3.

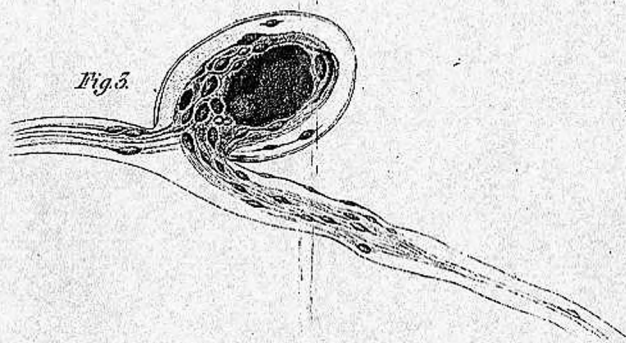


Fig. 5.

