

XXIV.

Ueber die Innervation der Harnblase.

Von

Dr. Eugen Rehfisch, Berlin.

(Hierzu Curven.)

Das ausserordentliche Interesse, das die Physiologie der Harnblase für sich beansprucht, verlangt nicht nur eine genaue Kenntniss der Anatomie seines muskulösen, sondern auch seines nervösen Apparates. Was den ersteren anbelangt, so ist die Eintheilung von Adriaan van den Spieghel, der zwei Fasersysteme der Blasenmusculatur unterschieden hat, eine längsverlaufende Schicht, die er *Detrusor vesicae*, und eine circulär verlaufende, die er *Sphincter vesicae* nannte, allgemein von Anatomen und Physiologen anerkannt worden. Für den Kliniker bot sie selbstverständlich ein erwünschtes Schema, um die verschiedenen Acte der Blasenthätigkeit von einander zu trennen.

Allein die Arbeiten der letzten Jahre haben deutlich den Nachweis geliefert, dass diese bisherige Eintheilung nicht mehr zu halten ist. Vielmehr hat im Besonderen Griffith gezeigt, dass die vorwiegend längs verlaufenden Fasern, die sogenannte äussere Längsschicht, sich im Wesentlichen nur als mässig breites Band an der vorderen und hinteren Seite der Blase in der Richtung von dem Apex nach dem *Orificium internum* finden, während die seitlichen Partien der Blase aus meist quer und schräg verlaufenden Fasern bestehen. Keineswegs sind jedoch die Längsfasern von den anderen streng geschieden, sondern dieselbe Faser, die bisher eine longitudinale Richtung hatte, biegt häufig am Blasenhalse um und zeigt nunmehr einen queren oder schrägen Verlauf. Dabei entstehen durch die verschiedenartige Richtung der Muskelfasern bald weite, bald schmale Netze in der Blasenwand.

Im Gegensatz zu dieser äusseren Schicht der Blasenmusculatur enthält die innere nur circuläre Fasern.

Ebenso wichtig ist aber auch das Verständniss für die Structur des Trigonum vesicae, da seine Muskelfasern den Uebergang von Blasen- zur Harnröhren-Musculatur vermitteln. Es enthält eine Masse feimbündlicher Züge, die theils quer verlaufen, theils von den Ureteren nach den orificium internum hin ausstrahlen. Schon Keibel hat nachgewiesen, dass das Trigonum vesicae sich im Zusammenhange mit den Ureteren, aber getrennt von der übrigen Masse der Blasenmusculatur entwickle. Nach ihm hat O. Kalischer gezeigt, dass sowohl die Längs-, als auch die Kreisschicht des nach Henle genannten glatten Harnröhrenmuskels, des Sphincter vesicae internus, aus der Musculatur des Trigonum hervorgehe. Ureteren-, Trigonum-Musculatur und Sphincter vesicae internus zeigen somit sowohl den entwicklungsgeschichtlichen, als auch den anatomischen Zusammenhang. Mit diesem bis in den prostaticischen Theil der Urethra hinabreichenden Muskel, Sphincter internus, findet die Musculatur der Blase ihre anatomische Begrenzung. Dass dieselbe ihren physiologischen Aufgaben, d. h. sowohl ihren Inhalt festzuhalten, als auch denselben zu entleeren, für sich allein ohne Zuhilfenahme anderer Muskelgruppen vollständig genügt, ist bereits an anderer Stelle gezeigt worden¹⁾.

Wenn wir uns jetzt der Innervation zuwenden, so sind wir Dank einer Reihe werthvoller Arbeiten über die Blasenerven, unter denen die Studien von Langley und Anderson die erste Stelle einnehmen, zu einer ziemlich detaillirten Kenntniss dieses Theiles der Anatomie gelangt. Im Wesentlichen sind uns zwei Nervengruppen bekannt, die die Blase versorgen. Die obere nimmt ihren Ursprung aus den vorderen Lumbalnerven. Dieselben treten durch die Rami communicantes zu dem lumbalen Theil des Sympathicus in Beziehung und verlassen ihn, um in der Bahn der drei Nervi mesenterici (sup., med. u. inf.), zum Ganglion mesentericum inferius zu ziehen. In diesem sympathischen Ganglion endigen sie als praecelluläre Fasern. Die genauere Kenntniss dieses Ganglion ist für die physiologischen Versuche von ausserordentlicher Bedeutung. Dasselbe besteht bei den Kaninchen aus einem, bei der Katze aus 2—3, bei dem Hunde aus 4—5 grauen Knötchen. Aus diesem Ganglion heraus

¹⁾ Vgl. Rehfish: Ueber den Mechanismus des Harnblasen-Verschlusses und der Harn-Entleerung. Dies. Arch. Bd. 150.

treten die Nn. hypogastrici, die, als postcelluläre Fasern im Sinne Langley's, ohne noch einmal von einer Ganglienzelle unterbrochen zu werden, den Plexus hypogastricus durchsetzen und direct in die Musculatur der Blase eintreten.

Das zweite Nervenpaar, das die Blase versorgt, stammt aus den ersten bis dritten vorderen und hinteren Sacralwurzeln. Diese beiden Nervenstämme vereinigen sich zu dem N. sacralis der Blase, dessen physiologische Bedeutung zuerst von Eckhard erkannt wurde, und der von ihm den Namen Nervus erigens erhalten hat. Dieser Nerv verläuft zum Plexus hypogastricus, der eine Anhäufung sympathischer Ganglienzellen darstellt; hier endigen die Fasern des Nervus erigens als prae-celluläre Fasern. Aus diesem Plexus heraus treten die post-cellulären Fasern nach Griffith als mehrere, etwa 1 Zoll lange Bündel, die leicht isolirt werden können und in drei Schichten zur Blase ziehen. Der eine Theil versorgt den Fundus, der zweite den vorderen Theil der Blase und der dritte den Hals und den Blasentheil der Urethra.

Während also der N. hypogastricus grau ist, im Wesentlichen sympathische und, nach Langley, nur einzelne markhaltige Fasern enthält, ist der Nervus erigens weiss und lediglich spinaler Nerv.

Was nun das Verhältniss dieser Nerven zu der Blasen-Musculatur anbetrifft, so ist es durch eine Reihe sorgfältiger Versuche gelungen, zu beweisen, dass der Nervus erigens die Gesamt-Musculatur innervirt, sowohl die Längsfasern, den sogenannten Detrusor vesicae, als auch die circuläre Schicht, den Sphincter. Im Gegensatz zum N. erigens versorgt der N. hypogastricus lediglich den Blasengrund, das Trigonum vesicae und im Besonderen den innigst damit zusammenhängenden Sphincter internus.

Was die speciellere Bedeutung der beiden Blasenerven betrifft, so innervirt jeder N. erigens nicht nur die correspondirende Blasenhälfte, sondern auch die entgegengesetzte. Den Beweis hierfür hat Langley geliefert, indem er die Blase in Längssegmente schnitt, die dann nur am Blasenhalse im Zusammenhang blieben. Gleichgiltig, welcher N. erigens gereizt wurde, immer contrahirten sich alle Segmente der Blase, allerdings mit dem

Unterschiede, dass diejenigen Theile der Blase, die zur selben Seite des gereizten N. erigens gehörten, sich wesentlich stärker contrahirten, als die übrigen Partien. Diese Versuche sind von uns wiederholt worden und haben dieselben Resultate ergeben. Im Gegensatz zum N. erigens innervirt der N. hypogastricus lediglich die ihm entsprechende Blasenhälfte. Dass im Uebrigen sowohl der N. erigens als auch der N. hypogastricus sowohl sensible, als auch motorische Fasern enthalten, ist durch eine Reihe von Autoren, wie durch Nussbaum, Nawrocki und Skabitschewsky, Courtade und Guyon u. a. m. zur Genüge bewiesen worden. Wichtig ist es jedoch, an dieser Stelle hervorzuheben, dass Nussbaum der erste war, der in dem Ganglion mesentericum inferius ein Reflexcentrum für die Nn. hypogastrici fand. Seine darauf bezüglichen Versuche sind dann in noch ausführlicherer Weise von Nawrocki und Skabitschewsky mit demselben Ergebniss wiederholt worden. Diese Thatsache ist um so bemerkenswerther, weil wir kein anderes, ausserhalb der Centren gelegenes Ganglion kennen, dem dieselbe physiologische Bedeutung zukommt.

Die Kenntniss aller dieser anatomischen und physiologischen Details ist nöthig, um zu verstehen, wie sich auf dieser Grundlage die moderne Anschauung über die Physiologie der Blase entwickeln konnte. Während es früher als selbstverständliche Thatsache galt, dass die Harn-Entleerung dadurch zu Stande kam, dass der Detrusor sich zusammenziehe und durch diese Contraction mechanisch den Blasenschluss sprengt, ist durch neuere Arbeiten (vgl. v. Zeissl, Rehfish, Hanč) der Nachweis geführt worden, dass erstens der Blasenverschluss in einer tonischen Contraction des Sphincter besteht, und dass zweitens nicht etwa der in Action tretende Detrusor den Sphincter überwindet, sondern, dass dieser zuerst erschlafft, und dass dann erst durch die Contraction der Blase ihr Inhalt ausgetrieben wird. Das Primäre muss aber unter allen Umständen in einem Nachlassen des Sphincter-Tonus bestehen. Natürlich war dann die Frage zu ventiliren, wie man sich das Nachlassen des reflectorischen Sphincter-Tonus vorzustellen hätte.

Hier griff v. Zeissl mit seinen Versuchen über die Physiologie der Blasenerven ein, und sicherlich gebührt ihm das Ver-

dienst, die Theorie von der Hemmung des Sphincter-Tonus zuerst in die Physiologie der Harn-Entleerung eingeführt zu haben, wenn gleich, historisch betrachtet, seine Anschauungen über die Existenz von Hemmungsnerven auf die Untersuchungen Fellner's zurückzuführen sind. Fellner glaubte bewiesen zu haben, dass Reizung der Nn. hypogastrici die Längsfasern des Dickdarms contrahire und die bestehende Contraction der circulären Fasern aufhebe, während umgekehrt auf Reizung der den Dickdarm versorgenden Aeste des N. erigens die Kreisfasern des Darmes sich zusammenziehen, und gleichzeitig die Längsfasern erschlaffen. Allein es ist sowohl von Langley, als auch von S. Exner gezeigt worden, dass die von Fellner angestellten Versuche keineswegs den Beweis für die Existenz von Hemmungsfasern in den genannten Nerven erbracht haben. — Diese Anschauungen Fellner's sind gleichwohl von Zeissl auf die Nerven der Blase übertragen worden. — Es lag ja in der That sehr nahe, nachdem ein Mal für den Blasen-Mechanismus eine Hemmung des bestehenden reflectorischen Sphincter-Tonus angenommen war, dem Modus dieser Hemmung nachzuforschen.

v. Zeissl versuchte nun auf experimentellem Wege diese Frage zu lösen. Wenn wir hier kurz die Resultate jener Untersuchungen resumiren, so kommt es uns im Wesentlichen darauf an, dem Gedankengange in seinen Experimenten zu folgen. Zunächst reizte er bei intacter Blase den N. erigens. Auf jeden Reiz zog sich die Blase kräftig zusammen, und kurze Zeit darauf erfolgte die Entleerung des Blasen-Inhaltes. Da v. Zeissl in Uebereinstimmung mit der modernen Anschauung der Ueberzeugung war, dass die Blasen-Entleerung, resp. die Erschlaffung des Sphincter unabhängig von der Contraction der Blase erfolgen müsse, so kam es ihm darauf an, einen Modus zu finden, um diese Zusammenziehung des Detrusor auszuschliessen. Denn so allein konnte in der That der Nachweis geliefert werden, dass auf Reiz des N. erigens eine Eröffnung des Sphincter erfolge, ohne dass der Einwand gemacht werden konnte, dass diese Oeffnung durch die Gewalt der Contraction des Detrusor herbeigeführt worden sei. Zu diesem Zwecke schnitt v. Zeissl die Blase an ihrem Fundus auf und führte in ihr Cavum ein weites Glasrohr ein, das bis an das Orificium urethrae interum

hinunterreichte; hier wurde das Glasrohr fest eingebunden. Erfolgte jetzt eine Reizung des N. erigens, so konnte nicht mehr eine Detrusor-Wirkung zu Stande kommen, da der Effect dieser Zusammenziehung durch das eingebundene Glasrohr aufgehoben war. Gleichwohl erzielte nun v. Zeissl auf Reiz des N. erigens eine Entleerung des in dem Blasenreste und dem Glasrohre befindlichen Inhalts. Da es nun nach der Annahme v. Zeissls ausgeschlossen war, dass diese Entleerung durch den Druck irgend welcher Blasen-Contraction erfolgt sein konnte, da ja die Wirkung des Detrusor durch die Anordnung des Experiments eliminirt war, so nahm er an, dass sich in dem N. erigens Fasern befinden, deren Erregung hemmend auf den Schluss des Sphincter gewirkt haben musste. Im Gegensatz hierzu erzielte v. Zeissl bei Reizung der Nn. hypogastrici bei intacter Blase keine Contraction, die an dem Steigen eines durch den einen Ureter mit dem Cavum der Blase verbundenen Manometers hätte sichtbar werden müssen, und er schloss daraus, dass der Nervus hypogastricus, neben seinen motorischen Fasern für den Sphincterschluss, hemmende für die Contraction des Detrusor enthalten müsse, d. h. Fasern, deren Erregung eine Contraction der Längsfasern verhindern sollte. Auf Grund dieser Untersuchungen, auf die wir ausführlicher noch später zurückkommen, gelangte v. Zeissl zu seiner Theorie der Hemmungsnerven der Blase, indem er annahm, dass in dem N. erigens und in dem N. hypogastricus sich sowohl Fasern befänden, deren Erregung eine motorische, als auch solche, deren Erregung eine hemmende Wirkung zur Folge haben könnte.

Sicherlich haben diese Anschauungen v. Zeissl's, zu denen er sich durch die Resultate seiner Versuche gleichsam gedrängt glaubte, viel Bestechendes für sich, zumal durch sie eine fassliche Erklärung für den sonst so complicirten Modus der Hemmung des Sphincter-Verschlusses gegeben schien. Allein schon eine theoretische Betrachtung dieser v. Zeissl'schen Anschauung müsste schwere Bedenken erwecken. Denn es stellt der N. hypogastricus das Endneuron für die von ihm versorgte Blasenmusculatur dar, d. h. er zieht direct, ohne dass Ganglienzellen noch ein Mal passirt werden, mit seinem Axencylinder zu den Muskelzellen. Es müsste also bei seiner Reizung, ebenso,

wie die Contraction des Sphincter erfolgt, so auch eine Erschlaffung des Detrusor eintreten. Nun stehen aber der gereizte Nerv und die Muskel-Contraction zu einander im Verhältniss der auslösenden Kraft zu der ausgelösten. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, kann die peripherische Erregung eines Nerven die bestehende Leistung seines Muskels ebensowenig aufheben, wie in jedem anderen Falle die auslösende Kraft die ausgelöste aufzuhalten vermag. Der Sphincter-Tonus repräsentirt, indem er den Verschluss der Blase besorgt, eine lebendige Kraft, und diese von den circulären Fasern der Blase geleistete Kraftwirkung könnte durch eine Erregung der zuständigen peripherischen motorischen Nerven nur noch verstärkt, niemals aber aufgehoben werden. Hierzu kommt die Erwägung, dass sich im ganzen Gebiete der Nervenphysiologie kein Analogon dafür findet, dass durch die Erregung eines peripherischen Nerven eine bestehende Contraction eines Muskels beseitigt, resp. die Zusammenziehung eines Muskels in ihrem weiteren Verlaufe⁴ gehemmt würde.

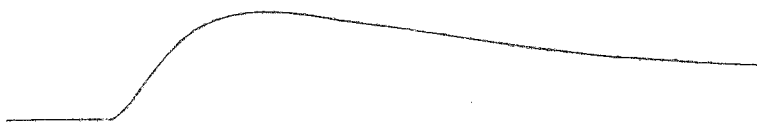
So erwuchs schon auf Grund dieser theoretischen Betrachtung für uns die Aufgabe, die v. Zeissl'schen Versuche nach seiner Angabe zu wiederholen und die sich ergebenden Resultate mit den v. Zeissl'schen zu vergleichen.

Die folgenden Versuche, die von Herrn Privat-Docenten Dr. Paul Schultz und mir in dem hiesigen physiologischen Institut auf der Abtheilung des Herrn Prof. J. Munk angestellt wurden, erstreckten sich über einen Zeitraum von 2 Jahren, von April 1897 bis Mai 1899. Im Ganzen wurde an 45 männlichen Hunden operirt. Da v. Zeissl selbst angegeben hatte, dass die Resultate seiner Untersuchungen dieselben blieben, gleichviel, ob er an narkotisirten oder curaresirten Hunden operirt hatte, so begnügten wir uns im Allgemeinen bei der Operation mit tiefer Aether-Chloroformnarkose; nur in 5 Fällen wurde der Controlle halber Curare angewandt.

Wir begannen zunächst mit der isolirten Reizung des N. erigens und des N. hypogastricus und bedienten uns, um zunächst die Resultate dieser Untersuchungen zu fixiren, der graphischen Methode in derselben Anordnung, die v. Zeissl angegeben hatte. Es wurde bei tiefer Narkose der Bauchschnitt gemacht, und die Blase freigelegt. Hierauf wurden die Sym-

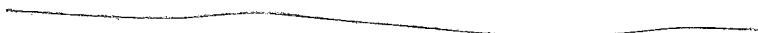
physe gespalten, die Urethra frei präparirt und die einzelnen Blasennerven freigelegt. Durch einen Schlitz in der Urethra wurde sodann eine mit einem Schlauch armirte Canüle in die Blase vorgeschoben. Dieser Schlauch stand mit dem einen Arm eines Dreiwegehahns in Verbindung, während der zweite ebenfalls vermittels eines Gummischlauchs mit einem Aëroplethysmographen im Zusammenhange stand, der als Volumschreiber verwendet wurde. Durch den dritten Arm wurde auf Körpertemperatur erwärmtes Wasser in die Blase gespritzt. Die Anordnung war so getroffen, dass, wenn sich die Blase in Folge der Reizung der Nerven contrahirte, die Feder des Volumschreibers den Effect der Contraction auf einer rotirenden Trommel graphisch darstellte. Die Reizung der vorher sorgfältigst isolirten Nerven erfolgte durch ein Dubois'sches Schlitteninductorium; die Nerven selbst waren mit Ludwig'schen Versenk-Elektroden armirt.

Bei diesen isolirten Reizversuchen zeigte es sich zunächst, dass der N. erigens eine ganz andere Contraction auslöste, als der N. hypogastricus. Bei der Reizung des N. erigens zieht sich die Blase in toto kräftig zusammen; man sieht dementsprechend auf dem Kymographion die Curve steil ansteigen, um allmählich abzufallen.



Curve 1. Einfache Erigens-Curve bei 12 cm R. A.

Im Gegensatz dazu sieht man bei der Reizung des N. hypogastricus keine Contraction der gesamten Blasenmusculatur, sondern lediglich eine Zusammenziehung am Blasenhalse. Dieser Contraction entspricht auch der Verlauf der Curve, die nur eine ganz geringe Elevation zeigt und ebenso ganz allmählich abfällt.



Curve 2. Einfache Hypogastricus-Curve bei 17 cm R. A.

Diese Versuche wurden zu wiederholten Malen ausgeführt. Der Effect war immer derselbe. Hierbei war es absolut gleichgiltig, ob die Nerven intact gelassen waren und in toto, oder ob sie durchschnitten und dann peripherisch gereizt wurden. Keineswegs jedoch konnte die von Steward gemachte Angabe constatirt werden, dass bei der Reizung des N. hypogastricus der absteigende Schenkel der Curve unter das ursprüngliche Niveau sank.

Gleichzeitig aber lernten wir durch diese Versuche die eigentliche physiologische Bedeutung der einzelnen Blasenerven kennen. Schon der blosse Anblick der so energischen Blasencontraction bei der Reizung des N. erigens zeigte deutlich, dass dieser Nerv die Aufgabe hatte, die Austreibung des Blasen-Inhalts zu besorgen. Eine ganz andere Function schien dagegen dem N. hypogastricus zuertheilt. Dieselbe wurde so weit deutlich, wenn im Verlauf des Experiments die Nn. hypogastrici durchschnitten wurden. Sofort floss der Blasen-Inhalt ab. Wurden nunmehr die peripherischen Enden der Nerven gereizt, dann hörte der Abfluss sofort auf. Hieraus ging hervor, dass der N. hypogastricus im Wesentlichen der Nerv ist, der den Schluss der Blase beherrscht. Durch ihn wird der Sphincter vesicae innervirt, und so lange dieser Nerv intact bleibt, schliesst auch die Blase. Bei Erkrankungen in seinen centralen oder peripherischen Theil muss das klinische Bild der Incontinenz zum Ausdruck kommen, während eine Reizung des N. erigens durch pathologische Processe in der Blase selbst oder in den höher gelegenen Partien dieses Nerven eine Contraction hervorrufen muss, die dann die Empfindung des Harndranges zur Folge hat.

Nachdem wir so die Wirkung der Reizung der einzelnen Nerven kennen gelernt hatten, gingen wir nunmehr dazu über, Interferenzversuche anzustellen, d. h. die Reizung der beiden Nerven zu combiniren, in der Absicht, die v. Zeissl'schen Versuche direct zu prüfen. Es war klar, dass, wenn die beiden Nerven in den verschiedensten Phasen der Blasencontraction combinirt gereizt würden, der Effect dieser Reizung bei der ihnen durch v. Zeissl vindicirten antagonistischen Wirkung irgendwie zum Ausdruck kommen dürfte. Mit anderen Worten,

wenn der N. erigens, wie v. Zeissl behauptete, nur die longitudinalen Fasern der Blase zur Contraction, die circulären aber, d. h. den Sphincter, zur Erschlaffung bringen sollte, die Reizung des N. hypogastricus dagegen den Sphincter contrahiren und den Detrusor in seiner Contraction hemmen sollte, so musste bei einer combinirten Reizung beider Nerven diese verschiedene Einwirkung auf einander sichtbar werden.

Unter Anwendung der bereits oben mitgetheilten Operationsmethode wurden die einzelnen Nerven freigelegt, aber sonst intact gelassen und auf Versenk-Elektroden gebettet, die mit einem Dubois'schen Inductorium in Verbindung standen, und zwar erhielt jedes Nervenpaar seine Erregung von einem besonderen Inductorium. Der Moment, in dem die Reizung des zweiten Nerven einsetzte, ebenso wie die Dauer dieser Reizung selbst, wurde durch das Pfeil'sche Signal auf dem Kymographion notirt. Es war selbstverständlich, dass wir, um ein erschöpfendes Bild der Aufeinanderwirkung beider Nerven zu erhalten, uns bemühen mussten, mit der Reizung des Hypogastricus zu beginnen, sowohl in dem Moment, wenn die Erigens-Curve im Ansteigen, als auch, wenn sie sich auf der Höhe befand, als auch endlich, wenn sie im Sinken begriffen war.

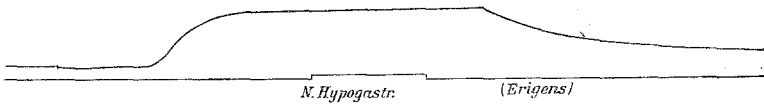
Wir begannen zunächst mit der Reizung des N. erigens bei einem Rollenabstande (RA) von 10 cm. Wie gewöhnlich, stieg die Curve bald steil an, und während dieser Phase, als die Curve noch weiter stieg, setzte der Reiz des N. hypogastricus ein. Nach den Anschauungen v. Zeissl's war zu erwarten, dass die Elevation der Curve mit dem Moment, wo die Hypogastricus-Reizung begonnen hatte, zu Ende sein würde. Allein hiervon war keine Rede, die Curve stieg weiter an.



Curve 3 a. Combinirte Erigens und Hypogastricus-Reizung. a) der Reiz des Hypogastricus setzt auf der ansteigenden Curve des Erigens an. Das unter der Curve befindliche Pfeil'sche Signal giebt beide Male den Moment des Beginnens und der Dauer der Hypogastricus-Reizung an.

Nach mehrfacher Wiederholung dieser Versuche, die immer dasselbe Resultat ergaben, wählten wir für den Beginn der

Hypogastricus-Reizung jenen Augenblick, indem die Erigens-Curve den Gipfel bereits erreicht hatte, d. h. die Blase ad maximum contrahirt war. Wir mussten nach v. Zeissl nunmehr eine deutliche Abknickung der Curve wahrnehmen können. Hiervon war jedoch nichts zu constatiren. Entweder verlief die Curve, so lange der Hypogastricus-Reiz andauerte, auf der einmal gewonnenen Höhe weiter, oder aber sie zeigte in einzelnen Fällen einen nochmaligen, wenn auch geringen Anstieg, um dann in gewohnter Weise zu fallen.



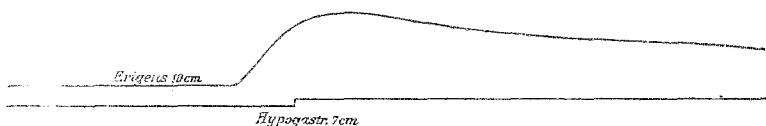
Curve 3 b. Combinirte Erigens und Hypogastricus-Reizung. Der Reiz der Hypogastricus setzt auf der Höhe der Erigens-Curve ein.

Schliesslich liessen wir die Reizung des N. hypogastricus erst dann einsetzen, als die Erigens-Curve sich bereits im absteigenden Schenkel befand. Es war zu vermuthen, dass die Curve nunmehr steil sinken würde. Allein gerade die entgegengesetzte Erscheinung bot sich dar; die Curve stieg von Neuem an, um dann allmählich wieder abzufallen.

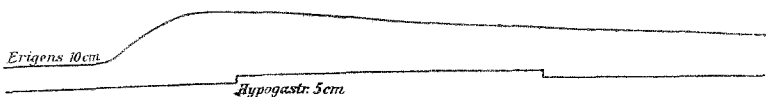


Curve 3 c. Combinirte Erigens- und Hypogastricus-Reizung. Der Reiz der Hypogastricus setzt auf der absteigenden Erigens-Curve ein.

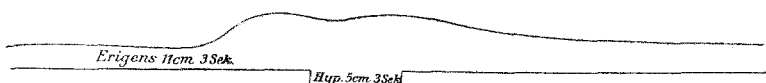
Da wir aber auch dem Einwand begegnen wollten, dass die Reizung des N. hypogastricus deshalb nicht habe recht zum Ausdruck kommen können, weil schon normaler Weise die Erigens-Reizung viel stärkere Contractionen auslöst, als die des N. hypogastricus, wählten wir nunmehr für diesen Nerven um so stärkere Reize, indem wir an seinem Inductorium die Rollenabstände bis auf 7, 5, 3 cm herabsetzten. Aber all diese Versuche, die wir in zahlreichen Fällen anstellten, ergaben nur immer dasselbe Resultat, d. h. zeigten den oben angegebenen Typus der graphisch dargestellten Wirkung aufeinander.



Curve 4 a. Comb. Erigens- und Hyp.-Reizung, und zwar mit verschieden starken Strömen. Erigens mit 10 cm R. A., Hyp. mit 7 cm R. A. Der Reiz der Hyp. beginnt auf der ansteigenden Erigens-Curve.

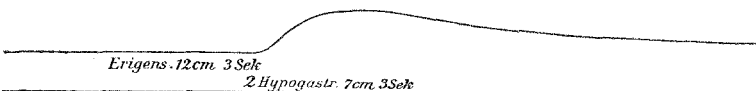


Curve 4 b. Comb. Erigens- und Hyp.-Reizung mit verschiedenen Stromstärken. Erigens 10 cm, Hyp. 5 cm R. A. Der Hyp.-Reiz beginnt auf der Höhe der Erigens-Curve.



Curve 4 c. Comb. Erigens- und Hyp.-Reizung mit verschiedener Stromstärke. Erigens 11 cm, Hyp. 5 cm R. A. Reiz der Hypogastricus beginnt auf der absteigenden Erigens-Curve.

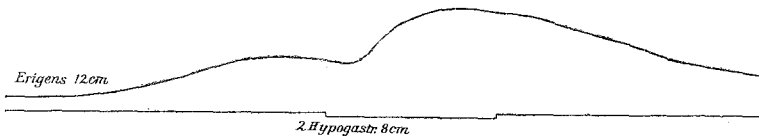
Um aber jede Eventualität zu erschöpfen und dem N. hypogastricus auf alle Fälle ein Uebergewicht über den N. erigens zu verschaffen, wählten wir noch den Modus, dass wir fortan nur einen N. erigens, dafür aber beide Nn. hypogastrici reizten, und die Reizung letzterer sowohl auf dem ansteigenden Schenkel der Erigens-Curve, als auch auf ihrer Höhe und auf dem absteigenden Schenkel in Scene setzten. Ebenso verringerten wir auch die Rollenabstände bei den Nn. hypogastrici bis auf 5 cm. Wenn in ihnen wirklich erschlaffende Fasern vorhanden waren, dann musste sich ihr Einfluss bei dieser Versuchs-Anordnung geltend machen. Aber auch hier blieb das Resultat immer dasselbe. Bei jeder Reizung des N. hypogastricus stieg die Curve von Neuem.



Curve 5 a. Comb. Erigens- und Hyp.-Reizung. Nur 1 Erigens, aber 2 Hyp. mit verschieden starken Strömen gereizt. Der Hyp.-Reiz beginnt auf der ansteigenden Erigens-Curve.



Curve 5 b. Combinirte Erigens- und Hypogastricus-Reizung. 1 Erigens und 2 Hyp. mit verschieden starken Strömen. Der Reiz der Hypogastricus beginnt auf der Höhe der Erigens-Curve.

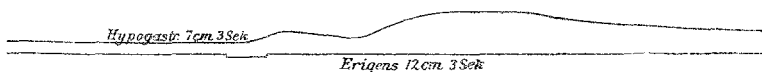


Curve 5 c. Combinirte Erigens- und Hyp.-Reizung. Nur 1 Erigens ab 2 Hyp. mit verschieden starken Strömen. Der Hyp.-Reiz beginnt auf der absteigenden Erigens-Curve.

Interessant war es für uns, in dieser Serie von Versuchen eine von Griffith mitgetheilte Beobachtung prüfen zu können. Griffith hatte behauptet, dass, wenn man den N. erigens reizte und die Reizung des N. hypogastricus dann erst beginnen liess, wenn die Blase sich wiederum im Zustande der tonischen Contraction befände, dass dann zwar noch eine vorübergehende Zusammenziehung eintrete, später aber eine starke Erschlaffung folge, die über den vor der Erigens-Wirkung vorhandenen Zustand hinausgehe. Graphisch dargestellt, hätte die Curve so verlaufen müssen, dass sich auf dem Anfangstheil des absteigenden Schenkels, — es wäre dies der Moment der tonischen Contraction —, noch einmal eine Elevation zeigen müsste, die dann steil auslaufen würde, um schliesslich unter das ursprüngliche Niveau zu sinken. Nun, derartige Curven mit einer zweiten Elevation haben wir zur Genüge beobachten können; sie bewiesen eben immer, dass die Reizung des Hypogastricus von neuem eine Contraction der Blase zur Folge hatte; auf eine Erschlaffung liess jedoch nichts schliessen.

Es blieb nur noch übrig bei diesen Interferenzversuchen zuerst einmal den N. hypogastricus und dann erst den N. erigens zu reizen. Auch diese Versuche sind von uns in grosser Zahl angestellt worden mit dem Erfolge, dass jedesmal, wenn die Erigens-Reizung einsetzte, die anfangs nur mit einer geringen

Elevation verlaufende Curve nunmehr steil anstieg, wie es eben bei einer Erigens-Wirkung nicht anders zu erwarten war.



Curve 6. Zuerst der Hyp. mit 7 cm R. A., dann der Erigens mit 12 cm R. A. gereizt.

Wenn wir nunmehr das Resultat all dieser Versuche ziehen, so haben wir keinen einzigen Beweis für v. Zeissl's Theorie finden können. Niemals sahen wir, dass eine durch den Reiz des N. erigens hervorgerrufene Detrusor-Contraction irgendwie durch einen Hypogastricus-Reiz hemmend beeinflusst wurde. Im Gegentheil; jede Hypogastricus-Reizung musste als Verstärkung der schon vorhandenen Zusammenziehung der Blase aufgefasst werden, und in jenen Fällen, in denen die häufig recht starken Erregungen des N. hypogastricus erst dann einsetzten, wenn der Reiz des N. erigens bereits aufgehört hatte, zeigte die von Neuem ansteigende Curve den Beginn einer nochmaligen Contraction. Wir befinden uns somit in einem thatsächlichen Gegensatz zu dem von v. Zeissl mitgetheilten Resultaten, da er gerade bei seinen Interferenzversuchen, bei combinirter Reizung beider Nerven sogar geringere Detrusor-Contractionen wahrgenommen hatte, als bei der isolirten Erigens-Reizung. Diesen Resultaten widersprachen die von uns gewonnenen Curven auf das Entschiedenste.

Wir kommen nunmehr zu einer neuen Serie von Versuchen, die durch v. Zeissl in sehr geschickter Weise angestellt wurden, und in der That sehr geeignet sein müssten, Klarheit darüber zu verschaffen, ob in den oben genannten Nerven der Blase wirklich Hemmungsfasern verlaufen. Ihre Anordnung musste entweder die Existenz von Hemmungsnerven oder ihre physiologische Unhaltbarkeit beweisen.

Von der an und für sich richtigen Prämisse ausgehend, dass die Oeffnung des Sphincter unabhängig von der Detrusor-Contraction erfolge, glaubte v. Zeissl annehmen zu dürfen, dass diese Erschlaffung des Sphincter-Tonus dadurch zu Stande käme, dass die in dem N. erigens supponirten Hemmungsfasern gereizt würden. Da jedoch immer wieder der Einwand hätte erhoben

werden können, dass eine Reizung des N. erigens bei intacter Blase den Detrusor zur Contraction zwingt, und durch die Druckwirkung dieses der Blasenverschluss gesprengt würde, so glaubte v. Zeissl in diesen Versuchen die Wirkung des Detrusor ausschliessen zu müssen. Reizte er jetzt den erigens und erfolgte eine Blasen-Entleerung, so konnte diese Erscheinung nach v. Zeissl nur so gedeutet werden, dass in der That in dem N. erigens Hemmungsfasern verlaufen, deren Erregung das Nachlassen des Sphincter-Tonus herbeigeführt hatte. Um nun die Wirkung des Detrusor zu eliminiren, schnitt v. Zeissl die Blase an ihrem Scheitel auf, führte ein weites Glasrohr ein, das er in der Nähe des Orificium internum einband. Hierdurch war, wie v. Zeissl glaubte, eine Contraction des Detrusor ausgeschlossen; vor allem aber war ihm die Möglichkeit genommen, irgendwie auf den Blasen-Inhalt zu wirken. Nun leitete v. Zeissl einen Flüssigkeitsstrom durch das Glasrohr in den Blasenrest. Wurde jetzt der N. erigens gereizt, so will v. Zeissl in fast allen seinen Versuchen eine Oeffnung des Sphincter erzielt haben, d. h. die in dem Glasrohr und in dem Blasenrest befindliche Flüssigkeit floss auf Erigens-Reizung ab. Allerdings erfolgte diese Oeffnung des Sphincter nach einer Latenzzeit von 10—16 Secunden nach Beginn der Erigens-Reizung. Diese Oeffnung des Sphincter soll nun nach den v. Zeissl'schen Mittheilungen ziemlich regelmässig erfolgt sein, und daher glaubte sich v. Zeissl zu der Annahme berechtigt, dieses Nachlassen des Sphincter-Tonus auf Reizung der in dem N. erigens verlaufenden Hemmungsfasern beziehen zu dürfen. Dasselbe Resultat sollte zu Stande kommen, wenn der Flüssigkeitsstrom in umgekehrter Richtung sich fortbewegte, d. h. wenn der Strom von der Urethra her in die Blase geleitet war. Wurde die Druckflasche, aus der Wasser in die Blase floss, so niedrig eingestellt, dass der Druck der Flüssigkeitssäule selbst den Sphincter nicht eröffnen konnte, also kein Wasser von der Urethra her in die Blase floss, so genügte nach v. Zeissl jetzt eine Reizung des N. erigens, um das Nachlassen des Sphincter-Verschlusses zu erzielen. Durch diese Versuche glaubt v. Zeissl bewiesen zu haben, dass in der That in dem N. erigens Hemmungsfasern für den Sphincter verlaufen müssten, während er durch eine Reihe anderer Untersuchungen, auf die

wir später noch zurückkommen, auch den Nachweis von Hemmungsfasern für den Detrusor in dem n. hypogastricus erbracht haben wollte.

Nachdem wir bereits oben die theoretische Unwahrscheinlichkeit der v. Zeissl'schen Anschauungen erörtert haben, gingen wir nunmehr zu den von dem Autor mitgetheilten Versuchen über, den Detrusor auszuschalten, um zu prüfen, erstens ob wirklich eine Reizung des N. erigens Erschlaffung des Sphincter-Tonus herbeiführen könne, d. h. ob in diesen Nerven Hemmungsfasern für den Sphincter vesicae sich befänden, und zweitens, ob eine Reizung des N. hypogastricus hemmend auf die Detrusor-Contraction wirken könne.

Unsere Versuche wurden unter Beibehaltung des durch v. Zeissl angegebenen Principes in folgender Weise angestellt. Nach Eröffnung der Bauchhöhle, Freilegung der Blase und Spaltung der Symphyse, wurden die beiden N. erigentes und N. hypogastrici frei präparirt. Hierauf wurden die N. erigentes durchschnitten und ihr peripherisches Ende angeschlungen. Die N. hypogastrici dagegen blieben intact. Jetzt wurde die Blase am Scheitel aufgeschnitten und ein Glasrohr bis an das Orificium internum hinab, — soweit es möglich war, ohne die Sphincterfasern zu überdehnen —, eingebunden. Diese Procedur war häufig recht schwierig; denn war das Glasrohr zu weit, so wurden die Sphincterfasern übermässig gedehnt, und der Sphincter schloss nicht mehr; war es zu eng, so wurde seine Oeffnung bei jeder stattfindenden Contraction sofort durch die sich herumlegende Musculatur der Blase verschlossen. Erst eine grössere Uebung gestattete uns sowohl die richtige Weite des Glasrohrs zu finden, als auch die Kenntniss zu erlangen, wie tief hinab dieses eingebunden werden durfte. Das aus der Blase hervorragende freie Ende des Glasrohres stand durch einen Schlauch mit einem Standgefäss in Verbindung, das sich etwa 15 cm über dem Blasen-Niveau befand. Hierauf wurde die Urethra — wir operirten fast nur an männlichen Hunden —, freigelegt, was um so leichter gelang, als die Symphyse gespalten war. Sodann wurde die Harnröhre etwa 2 cm vor ihrem prostatiscen Theile aufgeschlitzt, eine Metalcanüle eingeführt und diese so festgebunden, dass ihr centralwärts gerichtetes Ende in der Pars

prostatica zu liegen kam. Das freie Ende der Canüle wurde mit einem Schlauch armirt, dieser endete aber in einen Trichter, der sich in dem Verschlusskorken einer auf dem Boden stehenden Druckflasche befand. Von dieser führte ein Schlauch nach dem Aëroplethysmographen, der als Volumschreiber fungirte, und dessen Hebel auf einem rotirenden Kymographion den Moment verzeichnete, in dem der erste Tropfen aus der Blase durch die Harnröhre und Canüle mit ihrem Schlauch in die Druckflasche fiel. Ebenso zeigte auch bei diesen Versuchen ein Pfeil'sches Signal sowohl den Moment des Beginnes, als auch die Dauer der Nervenerrregung an.

Bei diesen Versuchen, die wir gleichfalls in einer grossen Anzahl anstellten, lassen sich zunächst zwei Haupttypen unterscheiden. Erstens Versuche, in denen, wie oben angegeben wurde, nur der N. erigens durchschnitten, die Nn. hypogastrici dagegen intact geblieben, und zweitens Versuche, in denen alle vier Nerven durchschnitten waren. Nebenbei zeigte jedes Experiment schon in Folge seiner complicirten Anordnung seinen eigenen, individuellen Charakter. So ereignete es sich sehr häufig, dass, so niedrig auch das Standgefäss gestellt war, aus dem der Zufluss zur Blase stattfand, gleichwohl der Sphincter von Anfang an nicht mehr schloss. Es rührte dies wohl daher, dass eine ganze Reihe von Factoren zusammen wirkten, um die Schlussfähigkeit des Sphincter zu verhindern. Abgesehen von der schweren, tief eingreifenden Operation selbst, — handelte es sich doch um Eröffnung der Bauchhöhle, Zurückdrängen des Peritoneum, um die Nn. hypogastrici zu finden, Spaltung der Symphyse, tiefe Chloroformnarkose —, mag wohl die Durchschneidung der Nn. erigentes die Hauptursache gewesen sein, dass in so vielen Fällen der Sphincter nicht schloss, da offenbar die von den N. erigentes ausgehenden Reize mit zu dem reflectorischen Verschluss der Blase beitragen. Sind diese Nerven aber durchschnitten, so fällt ein Theil der Reize naturgemäss fort, und so kam es, dass in unseren Versuchen bei einer Druckdifferenz zwischen Standgefäss und Blase von oft nur 5 cm der Sphincter-Tonus nachgelassen hatte.

Wir beginnen mit jenen Versuchen, in denen nach der oben angegebenen Anordnung der Sphincter schloss. Es wurde

nun der eine N. erigens auf eine Ludwig'sche Versenk-Electrode gebettet, und zunächst bei einem Rollenabstand von 15—12 cm gereizt. Es zeigte sich sofort eine beträchtliche Contraction des Blasenrestes. In einigen Fällen, — und zwar in dieser Versuchsserie 5 Mal unter 36 Beobachtungen —, trat allerdings unmittelbar nach der Erigens-Reizung ein Ausfliessen des in dem Glasrohr und dem Blasenrest befindlichen Inhaltes ein; doch sistirte es bald darauf, und der Schluss des Sphincter hielt wieder an. Die Erklärung dieses scheinbar für v. Zeissl's Anschauungen sprechenden Vorganges ist aber nach unserer Meinung folgender. Unmittelbar nach der Erigens-Reizung sah man in diesen Fällen auch deutlich eine energische Contraction des Detrusor-Restes. So lange diese sichtbar war, so lange floss auch der Blasen-Inhalt ab. Von dem Augenblick aber an, wo die Zusammenziehung den höchsten Grad erreicht hatte, hörte sofort das Ausfliessen auf. Es war also der offenbar nur mässige Sphincterschluss hier rein mechanisch durch die Zusammenziehung des Detrusor-Restes überwunden worden. Da nun der Schluss darnach wieder eintrat, obgleich die Reizung des N. erigens fort dauerte, so kann unmöglich eine hemmende Wirkung auf den Sphincter die Ursache des anfänglichen, nur kurz dauernden Ausflusses gewesen sein. Denn dieser hätte, je länger der Reiz dauerte, um so mehr in die Erscheinung treten müssen, während hier doch gerade der Sphincterschluss sich vollständig wieder herstellte.

Um aber jedem Einwande, der aus diesen letzten Versuchen erhoben werden könnte, die Spitze abzubringen, haben wir noch folgendes Experiment gemacht. Es wurde in den Schlauch, der die Druckflasche mit dem in die Blase eingebundenem Rohre verband, ein Wassermanometer eingeschoben. Gleichzeitig wurde durch einen Quetschhahn der Theil des Schlauches abgeklemmt, der mit der in die Urethra eingeführten Canüle in Verbindung stand, und ebenso der Schlauch, der zur Druckflasche führte. In Folge dessen communicirte das Blasen-Innere lediglich mit dem Manometer. Wurde jetzt der N. erigens gereizt, dann zeigte das Manometer ein deutliches Ansteigen, wenn auch nur um 3, 4 bis 5 cm, entsprechend der geringen Masse der Muskelfasern, die noch in dem Detrusor-Rest vorhanden waren. v. Zeissl

giebt an, dass er das Ansteigen des Manometers bei der Erigens-Reizung nach Ausschaltung des Detrusor nicht habe wahrnehmen können. Diese Differenz in der Beobachtung rührt offenbar daher, dass v. Zeissl mit einem Hg-Manometer gearbeitet hatte, während wir uns für diese Beobachtung eines Wassermanometers bedient haben.

So bestand für uns kein Zweifel, dass in den erwähnten Fällen das sofortige Ausfliessen des Blasen-Inhaltes auf die Contraction des Detrusor-Restes zurückzuführen war. Im Uebrigen aber giebt auch v. Zeissl an, in einigen wenigen Fällen diesen Vorgang beobachtet zu haben, und deutet ihn in übereinstimmender Weise.

In den meisten Versuchen jedoch erfolgte kein sofortiger Abfluss; vielmehr hatten wir in seltenen Fällen in Intervallen von 10, meistens jedoch in Zwischenräumen von 30—50 Secunden die ersten Tropfen aus der Blase fliessen sehen. Häufig genug floss überhaupt nichts ab. Allein es würde allen physiologischen Erfahrungen widersprechen, wollte man dieses lange Zeitintervall in einen ursächlichen Zusammenhang zwischen peripherischer Erigens-Reizung und Nachlassen des Sphincter-Tonus bringen. Bedenkt man, dass zwar bei directer Reizung von Nerven, die eine glatte Musculatur innerviren, nur eine Latenzzeit von $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$, bei reflectorischer Reizung eine Latenzzeit von wenigen Secunden in Betracht kommt, und ziehen wir auch in Erwägung, dass die Erigens-Reizung, bevor sie zum Sphincter gelangt, noch dazwischen befindliche Ganglien zu passiren hat, die eine beträchtliche Verzögerung der Reizleitung bedingen, so kann man bei 30—50 Secunden dauernden Intervallen doch sicherlich nicht mehr von einer Latenzzeit sprechen. Wir mussten daher auf Grund der vielen Beobachtungen, über die wir innerhalb zweier Jahren verfügten, zu dem Schlusse kommen, dass in den Fällen, in denen der N. erigens gereizt und nach einem Zeitraum von 30—50 Secunden der Blasen-Inhalt abzufliessen begann, diese Erscheinung darauf zurückzuführen war, dass der Sphincter-Tonus von selbst nachgelassen hatte, dass aber von einer hemmenden Wirkung des N. erigens keine Rede sein konnte. Man bedenke nur, dass durch die Versuchs-Anordnung selbst, so vorsichtig und unter Anwendung aller Cautelen sie auch gemacht

war, schon das Einbinden des Glasrohres dazu beitragen musste, die Sphincterfasern durch Dehnung mechanisch zu beeinträchtigen, und vor Allem, dass durch die Durchschneidung der N. erigens Reizmomente wegfielen, die reflectorisch den Tonus aufrecht erhalten konnten.

Dasselbe Resultat lieferten weiter jene Versuche, in denen auch bei sehr niedrig gestelltem Drucke in dem Standgefäss der Sphincter aus den bereits oben mitgetheilten Gründen von Anfang an nicht mehr schloss. Selbstverständlich musste aber erst ein Mal der Verschluss herbeigeführt werden. In Folge dessen ergab sich in dieser Versuchsreihe folgende Methodik: Zunächst wurde der N. hypogastricus gereizt. Sofort sistirte der Ausfluss der Blase, da sich der Sphincter unmittelbar auf den Reiz hin schloss. Jetzt erst erfolgte die Erigens-Reizung, und es traten dann die bereits erwähnten Erscheinungen zu Tage, d. h. es floss, nur durch die Contraction des Detrusor-Restes herausgepresst, der Blasen-Inhalt, entweder sofort oder nach längerem Intervall ab, oder aber der Sphincterverschluss hielt an.

Den zweiten Typus in dieser Versuchsreihe bildeten jene Fälle, in denen bald beim Beginn der Operation alle 4 Nerven, also auch die Nn. hypogastrici durchschnitten wurden. Naturgemäss musste hierbei der Blasen-Inhalt sofort abfliessen, da eben nur bei Intactheit der Nn. hypogastrici der Blasen-schluss möglich ist. Um diesen für das Experiment wieder herbeizuführen, wurden zunächst die peripherischen Stümpfe der N. hypogastrici gereizt; sofort contrahirte sich der Sphincter, und der Abfluss sistirte. Wurden jetzt wieder beide N. erigentes gereizt, dann blieb der Sphincter gleichwohl geschlossen. Erst nach längerer Zeit, nach etwa 30 bis 50 Secunden und noch später, liess der Sphincterschluss wieder nach. Wurden dagegen die N. erigentes nicht weiter gereizt, sondern abgewartet, wie lange der Sphincterschluss auf Reiz des N. hypogastricus anhalten würde, so ergab das Experiment, dass auch in diesen Fällen sich nach einiger Zeit der Sphincter von selbst öffnete. Von einer hemmenden Wirkung der Erigensfasern konnte in all diesen Versuchen nicht die Rede sein.

Es war einleuchtend, und auch v. Zeissl selbst hatte es empfunden, dass bei dieser Methode der Erigens-Prüfung der

Detrusor doch nicht ganz auszuschalten war. Die sich contrahirenden Fasern des Detrusor-Restes mussten unter allen Umständen die Reinheit des Experimentes trüben, und so ersann v. Zeissl eine andere Anordnung des Versuches, bei der in der That jede Detrusor-Wirkung ausgeschlossen war. Seiner durchaus sinnreichen Versuchsmethodik folgend, eröffneten wir wieder die Blase und führten ein Glasrohr so tief als möglich in dieselbe ein; allein diesmal wurde der Flüssigkeitsstrom von der Urethra her zugeleitet, d. h. der umgekehrte Weg der Blasenfüllung eingeschlagen. Zu diesem Zweck wurde in die Harnröhre eine Canüle eingebunden, und diese mit einem Schlauch armirt, der zu einem gefüllten Standgefäß führte. Wurde diese Flasche so hoch, bezw. so niedrig gestellt, dass kein Wasser aus ihr in die Blase floss, so behauptete v. Zeissl in seinen Versuchen durch Reizung der N. erigentes nunmehr eine Oeffnung des Sphincter herbeigeführt zu haben, so dass dann Wasser aus der Canüle durch den sich jetzt öffnenden Sphincter in die Blase, bezw. in das Glasrohr fließen konnte. Allein, obwohl auch diese Versuche von uns unter allen Cautelen wiederholt wurden, sahen wir doch niemals, wofern nur die Druckdifferenz niedrig genug war, um den Sphincter nicht zu sprengen, durch Reizung der Nn. erigentes eine Erschlaffung des Sphincter erfolgen, d. h. niemals floss der Inhalt der Flasche durch die Canüle in die Blase. Hier befinden wir uns wiederum in einem thatsächlichen Widerspruch mit den von v. Zeissl mitgetheilten Resultaten. Und doch hätte gerade diese Methode einen schlagenden Beweis für die Existenz von Hemmungsfasern im N. erigens liefern können. Denn der Unterschied zwischen der früheren Versuchs-Anordnung, bei der gleichfalls durch Einbinden eines Glasrohrs die Wirkung des Detrusor ausgeschaltet war, und der hier geübten bestand doch darin, dass sich bei der ersteren immerhin eine Flüssigkeitsmenge in dem Glasrohr und dem noch vorhandenen Blasenreste befand, die bei einer durch Erigensreizung bewirkten Contraction der übriggebliebenen Fasern des Detrusor, durch den Sphincter gepresst wurde, und so konnte eventuell eine Oeffnung des Sphincter auf den Reiz des N. erigens vorgetäuscht werden. Bei der zweiten Versuchs-Anordnung dagegen konnte eine Reizung desselben Nerven wohl eine Con-

traction herbeiführen; öffnete sich aber jetzt der Sphincter, so dass Wasser von der Urethra her in die Blase fliessen konnte, so musste das sicherlich als ein Nachlassen des Sphincter-Tonus auf Grund der nach v. Zeissl angenommenen Hemmungsfasern im N. erigens aufgefasst werden. Doch, wie schon erwähnt, eine solche Erscheinung haben wir nie beobachten können.

In dieser Versuchsreihe hat v. Zeissl auf eine Fehlerquelle hingedeutet, der wir gleichfalls unsere vollste Aufmerksamkeit schenkten. Die in Rede stehende Erscheinung war um so interessanter, als sie einen neuen Beitrag zur physiologischen Bedeutung des N. erigens brachte, der seit Eckhard's Mittheilungen als eigentlicher Erectionsnerv gilt. Es kam nemlich bei all' diesen Versuchen, in denen der Flüssigkeitsstrom durch die Urethra nach der Blase geleitet war, im Wesentlichen auf zwei Momente an, deren Ausserachtlassung den Erfolg des Experiments beeinflussen musste. Erstens handelt es sich darum, wie die Canüle in die Urethra eingebunden war. Wurde sie so weit vorgeschoben, dass sie eben noch kurz vor dem Orificium internum der Blase sich befand, dann war natürlich die Folge, dass eine grosse Masse der Sphincterfasern verhindert war, sich zu contrahiren, während der restirende Theil gleichwohl noch den Schluss der Blase besorgen konnte. Dieser Zustand liess sich leicht herstellen, wenn man die Canüle zunächst so weit in das gefüllte Cavum der Blase vorschob, dass ihr Inhalt aus dem Schlauch der Canüle abfloss. Zog man diese jetzt vorsichtig zurück, bis das Ausfliessen aufhörte, so bestand zwar Blasenschluss, aber der Kopf der Canüle lag dann im Anfangstheil der Urethra, in dem bekanntlich noch reichlich Sphincterfasern vorhanden sind. Wird nun das Standgefäss, das mit dem Schlauch der Canüle in Verbindung gebracht war, so niedrig gestellt, dass der Druck der Flüssigkeitssäule den Blasenschluss nicht sprengt, so tritt zunächst auf Erigens-Reizung keine Oeffnung des Sphincter ein, wie das ja bereits oben betont wurde. Erhöhen wir aber jetzt den Druck der Flüssigkeitssäule so weit, dass der Blasenschluss überwunden wird, d. h. der Inhalt aus dem Standgefäss durch die Urethra in die Blase fliessen kann, so bleibt auch eine Reizung des N. hypogastricus ohne Wirkung, weil die Hauptfasern des Sphincter, die sich sonst prompt auf

Hypogastricus-Reizung schliessen, an ihrem Schluss durch die dazwischenliegende Canüle verhindert werden.

Zweitens aber, und dies bildet das andere für diese Versuche in Betracht kommende Moment, war die Beschaffenheit des in die Blase eingeführten Glasrohrs von ausserordentlicher Bedeutung. Wurde nemlich bei der gleichen Anordnung des Versuches ein weites Glasrohr in die Blase eingeführt, so wurde naturgemäss der Detrusor-Rest dadurch gedehnt. Reizte man jetzt den N. erigens — zu erwähnen ist, dass in diesen Versuchen aus dem Standgefäss Wasser in die Blase fliesst —, so hatte diese Reizung eine noch immer sichtbare Contraction der Blase zur Folge, aber das Durchfliessen wurde dadurch nicht beeinträchtigt. Wurde dagegen nur ein schmales Glasrohr eingebunden, so hatte die Reizung des N. erigens den Effect, dass sich der Blasenrest so um die Oeffnung des Glasrohrs herumlegte, dass dadurch das Ausfliessen aus der Urethra verhindert wurde. Man bekam also scheinbar einen Sphincterschluss auf Erigens-Reizung, und doch war diese Erscheinung nur auf die mechanische Verlegung des Flüssigkeitsstromes, durch die Contraction des Blasenrestes um die Oeffnung der Glasröhre, zurückzuführen.

Wird jedoch die Canüle so in die Urethra eingelegt, dass ihr Kopf im Anfangstheil der Pars prostatica ruht, so wird das Resultat des Experimentes wesentlich hierdurch beeinflusst. Denn zunächst ist durch das Zurückziehen der Canüle die Musculatur des Sphincter wieder frei geworden und kann sich auf einen Reiz hin contrahiren. Ausserdem befindet sich jetzt aber zwischen dem Kopf der Canüle und Orficium internum das Caput gallinaginis, ein seit den Eckhard'schen Untersuchungen bekanntes erectiles Gebilde. Steht nun in unseren Untersuchungen die Druckflasche so niedrig, dass der Sphincter spontan schliesst, so hat weder die Reizung des N. erigens, noch die des N. hypogastricus irgend einen Effect. Denn weder öffnet sich auf Erigens-Reizung der Sphincter, — wie dies ja zur Genüge im Gegensatz zu den v. Zeissl'schen Angaben oben betont wurde —, noch braucht eine Hypogastricus-Reizung erst den Schluss herbeizuführen, da die Blase ohnedies geschlossen ist. Steigern wir jedoch den Druck der Flüssigkeitssäule, indem wir die Druckflasche höher stellen, so weit, dass der Sphincter überwunden wird und der

Inhalt des Standgefäßes durch die Urethra in die Blase fließen kann, so ist es einleuchtend, dass wir unter allen Umständen auf Hypogastricus-Reizung prompten Schluss herbeiführen können. Dieses Experiment versagte nie, da ja eben die Sphincterfasern sich ungehindert contrahiren können. Infolge dieses Sphincterschlusses sistirt natürlich das Ueberströmen von der Urethra in die Blase, um erst nach kürzerer oder längerer Zeit, wenn eben die Wirkung des Hypogastricus-Reizes vorüber ist, von Neuem zu beginnen.

Anders dagegen liegen die Verhältnisse speciell bei dieser Versuchs-Anordnung, wenn nunmehr der N. erigens gereizt wird. Wie dieser Nerv die Gesamt-Musculatur der Blase innervirt, so versorgt er im Speciellen die Pars prostatica mit seinen Erectionsfasern, d. h. wird der Nerv gereizt, so schwillt nicht nur, wie wir uns an der längs aufgeschnittenen Urethra überzeugen konnten, das Caput gallinaginis an, sondern auch die gesammte Schleimhaut der Pars prostatica turgescirt. Dieses interessante Phänomen, d. h. das Anschwellen des Caput gallinaginis um 2—3 mm, und die Turgescenz der gesammten Pars prostatica, worauf auch v. Zeissl aufmerksam gemacht hatte, konnten wir zu wiederholten Malen beobachten, gleichzeitig aber auch sehen, wie durch diesen Erigens-Reiz die ganze Pars prostatica sich nach dem Orificium vesicae hin in die Höhe zog, so dass beide Theile gleichsam einander entgegenrückten. Es ist nun einleuchtend, dass wenn in unsern Versuchen der Druck so bedeutend war, dass der Sphincter überwunden wurde und der Inhalt der Druckflasche in die Blase floss, und nunmehr der N. erigens gereizt wurde, der Flüssigkeitsstrom durch die in der Pars prostatica hervorgerufene Schwellung der Schleimhaut und vor Allem des Caput gallinaginis z. Th. nicht unwesentlich gehemmt wurde. War der Druck dagegen niedriger, so dass nur tropfenweise Wasser aus der Urethra in die Blase floss, so konnte vorübergehend auch eine vollständige Unterbrechung, wenn auch nur für wenige Secunden, wahrgenommen werden. So erklärte es sich, dass man eventuell auf Erigens-Reizung Sistiren des Flüssigkeitsstromes wahrnehmen konnte, was selbstverständlich lediglich durch die mechanische Verlegung in Folge Anschwellung der Urethra bedingt war. Wenn auch v. Zeissl diese Anschwellung der Pars prostatica in ihrer

Bedeutung als mechanisches Hinderniss sicherlich überschätzt, so ist die Erscheinung doch interessant genug, um ihr volle Aufmerksamkeit zuzuwenden. Sie erklärt auch die bekannte Thatsache, dass bei erigirtem Membrum die Harnentleerung erschwert ist, dass der Urin in dünnerem Strahl und wesentlich langsamer aus der Urethra abfließt.

Nach diesen Untersuchungen, die zu eruiiren hatten, ob sich in dem N. erigens Hemmungsfasern für den Sphincter befinden, war es nunmehr nöthig, ähnliche Versuche über die physiologischen Eigenthümlichkeiten des N. hypogastricus anzustellen. Hierbei musste man fragen, welche Erscheinungen eigentlich v. Zeissl bei seinen Versuchen zu der Anschauung gedrängt haben, auch für den N. hypogastricus Hemmungsfasern, und zwar für den Detrusor, anzunehmen. Die durch v. Zeissl gewonnenen Anschauungen wurzeln im Wesentlichen in zwei Beobachtungen. Zunächst fand er, dass bei intacter Blase eine Hypogastricus-Reizung kein Steigen des Manometers verursachte, während in dem Versuche, in dem die Blase eröffnet und ein Glasrohr eingebunden war, derselbe Nervenreiz ein Ansteigen des Manometers hervorrief. Diese in die Augen fallende Differenz versucht v. Zeissl dadurch zu erklären, dass er eben annimmt, bei intacter Blase wirken, neben den Erregungsfasern im N. hypogastricus für den Sphincter, gleichzeitig hemmende Fasern für den Detrusor. Da die letzteren aber eine grössere Masse, als die ersteren repräsentiren, so hebt eben die Summe der in ihrer Contraction gehemmten und erschlafften Fasern die Wirkung der sich contrahirenden circulären Fasern auf, und deshalb könne das Manometer nicht ansteigen. Bei eröffneter Blase dagegen, in die durch das Einbinden des Glasrohrs die Wirkung des Detrusor, d. h. der Längsfasern ausgeschaltet war, konnte der motorische Effect des Nervenreizes auf die circulären Fasern um so ungehinderter zum Ausdruck gelangen. Daher jetzt das Steigen der Manometersäule.

Nun, wir haben bereits in dem ersten Theile dieser Arbeit nicht nur beweisen können, dass jede isolirte Hypogastricus-Reizung eine deutliche Contraction des unteren Blasensegments herbeiführte, die sich in der auf dem Kymographion aufgenommenen Curve zu erkennen gab, sondern wir glauben auch die

Fehlerquelle v. Zeissl's nachgewiesen zu haben. v. Zeissl hatte eben bei intacter Blase mit dem Hg-Manometer gearbeitet und deshalb ein kaum sichtbares Ansteigen nicht wahrnehmen können, bei seinen Versuchen mit eröffneter Blase dagegen bediente er sich, wie auch wir, des Wassermanometers, und konnte so den Effect der Hypogastricus-Reizung deutlich an ihm erkennen.

Der zweite Grund für die Annahme von Hemmungsfasern im N. hypogastricus glaubt v. Zeissl in seinen Interferenzversuchen gefunden zu haben. Wenn er zuerst den N. hypogastricus, und während dieser Reiz andauerte, auch noch den N. erigens reizte, so fand v. Zeissl nicht nur eine geringere Contraction des Detrusor, als bei isolirter Erigens-Reizung, sondern in manchen Fällen floss auch der Blasen-Inhalt nicht ab. Allein auch diese Angaben widersprechen, wie unsere Interferenzversuche gezeigt haben, unseren eigenen Beobachtungen. Wir fanden im Gegensatz dazu, dass jeder Erigens-Reiz, der zum Hypogastricus-Reiz hinzukam, ein seiner Wirkungsweise entsprechend steileres Ansteigen der ursprünglichen Curve verursachte. Was jedoch die Angabe v. Zeissl's anbetrifft, dass hin und wieder keine Sphincteröffnung auf Erigens-Reizung stattgefunden hatte, wenn vorher der N. hypogastricus gereizt war, so haben wir ja zur Genüge hervorgehoben, dass wir niemals in dem Sinne eine Sphincteröffnung nach Erigens-Reizung erzielt haben, dass etwa eine Erregung der von v. Zeissl angenommenen Hemmungsfasern den reflectorischen Tonus des Sphincter herabgesetzt hätte. Wir haben aber besonderen Nachdruck darauf gelegt, den Nachweis zu führen, dass jedesmal, wenn auf eine Erigens-Reizung der Blasen-Inhalt abgeflossen war, dieser eben lediglich durch die Contraction der Detrusorfasern herausgepresst war, während wir in jenen Versuchen, in denen einerseits der Detrusor ausgeschlossen, andererseits der Flüssigkeitsstrom von der Urethra nach der Blase hin gerichtet war, niemals ein Nachlassen des Sphincterschlusses gesehen haben.

So haben auch diese Versuche in keiner Weise einen Anhalt dafür gegeben, ebensowenig wie für den N. erigens, so jetzt für den N. hypogastricus Hemmungsfasern anzunehmen.

Wir kommen nunmehr zu der letzten Serie unserer Versuche, zu den Reflexversuchen. Hierbei musste selbstverständlich an Stelle der Narkose, Curare angewandt werden. Auch hier wurde die Blase freigelegt und durch einen Ureter eine Canüle in das Cavum der Blase vorgeschoben. Die Kanüle wurde mit einem Dreiwegehahn versehen, der einerseits mit einem Manometer, andererseits mit einer Druckspritze in Verbindung stand, durch die wir die Blase füllen konnten. In die Harnröhre wurde in der üblichen Weise ein Katheter eingeführt, dessen blasenwärts gerichtetes Ende sich in der Pars prostatica urethrae befand. Hierauf wurden die Nn. erigentes frei präpariert und angeschlungen. Für diese reflectorischen Reizversuche wählten wir als sensible Nerven zunächst den N. cruralis, dann den N. ischiadicus. Es zeigte sich, dass hier viel stärkere Reize angewandt werden mussten, als bei directer Erregung der Blasenerven. Bei einem Rollenabstande von 12—8 cm contrahierte sich zunächst die Blase, wenn auch stets nur mässig. Nach kurzer Zeit, wenn die Contraction häufig schon beendet war, floss dann ihr Inhalt ab. Merkwürdig war, dass, obwohl ein Wassermanometer angewandt wurde, wir doch nie ein Ansteigen in demselben bemerken konnten. Bei diesen Versuchen ergab sich ferner die interessante Beobachtung, dass, wenn der Ischiadicus der einen Seite gereizt wurde, sich gerade die diesem Nerven entgegengesetzte Blasenhälfte contrahierte, während die andere Hälfte schlaff blieb. Wurde dann auf der dem N. ischiadicus entgegengesetzten Seite der N. erigens durchschnitten, so zog sich gleichwohl die Blase noch zusammen. Nur bei Durchschneidung beider N. erigentes sistierten sowohl die Blasencontraction, als auch der Ausfluss aus der Blase.

Auch diese Versuche, deren Resultate vollständig mit denen aller früheren Autoren übereinstimmen, lehren, dass die centrale Reizung sensibler Nerven nur auf dem Wege der N. erigentes zur Blase gelangt. Durch die Thatsache aber, dass regelmässig die Erschlaffung des Sphincter später auftritt, als die Detrusor-Contraction, wird von Neuem der Beweis geliefert, dass diese beiden Phasen der Blasenthätigkeit von verschiedenen Nerven und wahrscheinlich auch von verschiedenen Centren aus geregelt werden. Erst durch die Blasen-Contraction wird secundär auf

reflectorischem Wege der Impuls zum Nachlassen des Sphincter-Tonus gegeben.

Einen schlagenden Beweis für die Unhaltbarkeit der von Zeissl'schen Anschauung hat schliesslich die letzte grössere Arbeit auf dem Gebiete der Blasen-Physiologie von Hanč gebracht. Das Interessante hierbei ist der Umstand, dass Hanč selbst in seinen Untersuchungen von den v. Zeissl'schen Vorstellungen über die Theorie des gemischten Fasersystems — Motorische und Hemmungsfasern — in den Blasennerven ausgegangen ist. Es gebührt Hanč das Verdienst, durch seine sorgfältig angestellten Versuche einmal auf ganz anderem Wege, als bisher, die Unabhängigkeit der Sphincteröffnung von der Detrusor-Contraction bewiesen zu haben, und dann auch gleichzeitig viel zur Klärung unserer Anschauungen darüber beigetragen zu haben, inwieweit Gifte den Blasenschluss, bezw. die Blasen-Entleerung beeinflussen können.

Für uns selbst sind die Hanč'schen Versuche deshalb von besonderem Werth, weil sie nicht nur keine Stütze für die v. Zeissl'sche Anschauung bieten, sondern im Gegentheil das Material liefern, die Unmöglichkeit jener oft wiederholten Theorie zu zeigen. Zunächst interessiren uns die Latenzzeiten, die Hanč in seinen Untersuchungen angiebt. Bei Reizung des Ischiadicus fand er sowohl Detrusor-Contraction, als auch Oeffnung des Sphincter und demgemäss ein Ausfliessen aus der von den Ureteren her gefüllten Blase. Die primäre Erscheinung in seinen Versuchen war immer die beginnende Detrusor-Contraction. Die secundäre bildete in allen seinen 32 Versuchen (mit Ausnahme eines einzigen, den wir hier nicht berücksichtigen) die Sphincteröffnung. Dieselbe tritt durchschnittlich $2-2\frac{1}{2}$ Mal so spät auf, als die Detrusor-Contraction. Dass diese Sphincteröffnung nicht die Folge der Blasencontraction sein kann, ist sowohl schon früher von anderen Autoren, als auch speciell jetzt durch Hanč so entscheidend bewiesen worden, dass dieser Punkt in der Blasen-Physiologie fortan nicht weiter erörtert zu werden braucht.

Für uns liegt hier lediglich die Frage vor, ist es möglich, dass durch eine reflectorische Reizung, wie sie die Hanč'schen Versuche zeigen, in demselben Nerven, d. h. hier in dem N.

erigens, der eine Theil seiner Fasern, der motorischen, in dem Sinne v. Zeissl-Hanč, nach einer anderen Latenz-Periode gereizt werden kann, als der andere Theil desselben Nerven, d. h. der Hemmungsfasern, wiederum nach der Auffassung v. Zeissl-Hanč. Hierfür kennt die Physiologie kein Analogon. Wenn das auch noch nichts gegen ihre Möglichkeit beweist, so liegt eine andere Erklärung viel näher. Es ist von uns mit aller Evidenz nachgewiesen worden, dass der Sphincterschluss lediglich durch die Nn. hypogastrici besorgt wird, worunter wir verstanden, dass der reflectorische Schluss des Sphincter so lange andauert, als der Reiz des N. hypogastricus, d. h. seine Erregungen, seien sie centraler oder peripherischer Natur, vorhalten. Hören diese Erregungen auf, — am besten bewiesen bei Durchschneidung des N. hypogastricus —, so lässt der Schluss sofort nach. Wie aber im gewöhnlichen Leben bei der normalen Harn-Entleerung die Sphincteröffnung dadurch zu Stande kommt, dass der Inhalt der Blase die sensiblen Fasern des N. erigens erregt und hierdurch eine Contraction des Detrusor ausgelöst wird, die ihrerseits für die Centren den Reiz, bezw. den Impuls abgibt, den reflectorischen Tonus des Sphincter aufzuheben, so müssen wir auch hier in all diesen Hanč'schen Versuchen denselben Modus procedendi annehmen. Sowohl in den Versuchen v. Zeissl's, als auch in den von uns selbst angestellten, und ebenso in den Experimenten von Hanč sehen wir nicht nur nach directer Reizung des N. erigens, sondern auch nach reflectorischer immer zuerst die Contraction des Detrusor. Diese tritt in allen Fällen nach der kurzen Latenz-Periode von 1—2 Secunden auf, wie wir sie als den glatten Muskeln eigenthümlich kennen. Dieser Reiz giebt aber erst den Impuls ab für die Entinnervation des N. hypogastricus, d. h. für die Aufhebung des Sphincter-Tonus. So kommt die zweite, stets längere Latenzzeit zu Stande, wie sie in exacter Weise von Hanč notirt worden ist.

Unsere Anschauung, dass Detrusor-Contraction und Sphincter-öffnung nicht durch denselben Nerven zu Stande kommt, nicht also, wie v. Zeissl meint, durch ein gemischtes Fasersystem in dem einen N. erigens, wird aber noch schärfer durch die Hanč'schen Giftversuche bewiesen. Nach seiner Angabe erlischt nach Einverleibung verschiedener Gifte zum Theil der

Sphincter-Reflex vollständig, während sich noch der Detrusor auf Reiz des Ischiadicus um so stärker contrahirt, andererseits aber schwindet der Detrusor-Reflex, während der Sphincter-Reflex erhalten bleibt. Sollen wir auch hier annehmen, dass dasselbe Gift auf verschiedene Fasern desselben peripherischen Nerven verschieden einwirkt, während doch der Annahme, dass dasselbe Gift auf die verschiedenen Centren, von denen aus einerseits Detrusor-Contraction, andererseits das Nachlassen des Sphincter-Tonus beherrscht werden, einwirkt, nichts entgegensteht, und wofür auch physiologische Analogien bekannt sind.

Auf die übrigen Einzelheiten der Hanč'schen Versuche einzugehen, ist hier nicht der Ort; sie bieten jedenfalls eine Fülle interessanten und lehrreichen Materials und unterstützen wesentlich die Anschauung, dass, wie Blasen-Contraction und Blasenöffnung von verschiedenen Centren aus regulirt werden, so auch sicherlich die peripherischen Nerven, die die Impulse zur Blase und von ihr aus vermitteln, verschieden sind.

Unsere Untersuchungen führten uns aber auch zu Betrachtungen über die Spannungszustände der Blasenwand. Es ist ja bekannt, dass eine grosse Anzahl von Forschern dieser Frage näher getreten sind, so Wittich, Rosenthal, Uffelman und Sauer, Rosenplänter, Heidenhain und Colberg. Sie alle interessirte die Frage, welchen Druck der Sphincter ertragen könne, ohne seinen Tonus, d. h. seinen Verschluss aufzugeben. Wie an anderer Stelle ausgeführt wurde¹⁾, waren die Resultate dieser Untersuchungen fast immer die gleichen, sobald es sich um den von Rosenplänter in die Physiologie eingeführten Schliessungsdruck handelte, d. h. jenen Druck im Blaseninnern, bei dem der Sphincter wieder schloss, nachdem das Uebergewicht des im Cavum der Blase herrschenden Druckes durch temporäres Nachlassen des Sphincter beseitigt war. Für uns handelte es sich jedoch nicht etwa darum, die Grösse eines inneren Blasendruckes festzustellen, sondern zu eruiiren, welche Umstände für die Wandspannung der Blase von Einfluss sind, und wodurch der so verschiedene Blasendruck zu Stande kommt.

¹⁾ cf. Rehfisch a. a. O.

Zu diesem Zweck führten wir durch die aufgeschlitzten Ureteren je eine Canüle bis in die Blasenhöhle ein. Die rechte war mit einem Schlauch versehen, durch den auf Körpertemperatur erwärmtes Wasser in die Blase gespritzt wurde, die linke stand mit einem Hg-Manometer in Verbindung. Wie in allen unseren Versuchen, wurden auch hier zunächst die *N. erigentes* präparirt und abgebunden, die *N. hypogastrici* dagegen intact gelassen. Nachdem die Blase soweit gefüllt war, dass sie auch schon von aussen her eine genügend grosse Spannung zeigte, wurde zunächst am Manometer der in der Blase gegenwärtig herrschende Druck abgelesen. Jetzt wurde der *N. erigens* gereizt. Naturgemäss contrahirte sich der Detrusor, das Manometer stieg, und bei einer bestimmten Höhe öffnete sich der Sphincter. Der Blasen-Inhalt floss ab, aber nur so lange, bis der vor der Contraction festgestellte Druckwerth wieder erreicht war. Jetzt schloss der Sphincter wieder. Dasselbe Experiment wurde nun bei jedem Versuchsthier etwa 5 bis 6 Mal wiederholt, indem jedesmal, wenn der Blaseninhalt abgeflossen war, von Neuem erwärmtes Wasser in die Blase eingespritzt wurde. Immer wieder zeigte es sich, dass, obwohl der *N. erigens* mit ziemlich starken Strömen gereizt wurde, die Detrusor-Contraction doch nur eine mässige war, und dass auch dementsprechend der Druck, den das Manometer angab, kein besonders hoher war. Nun ist ja schon früher, so besonders von Genouville gezeigt worden, dass der Innendruck der Blase nicht lediglich von ihrem Inhalte abhängt. Wir können einen sehr hohen Druck bei nur mässiger und einen sehr niedrigen bei starker Blasenfüllung erreichen. Da wir durch früher ausgeführte Versuche den durchschnittlichen Druckwerth kannten, den wir erzielten, wenn wir die Blase in der oben angegebenen Weise, d. h. in wenigen Secunden füllten, und andererseits fanden, dass der Druck regelmässig sank, wenn wir die Blase einige Zeit sich selbst überliessen, nachdem das Einspritzen beendet war, so versuchten wir nunmehr eine allmähliche Blasenfüllung herbeizuführen, in dem Bestreben, möglichst natürliche Zustände zu schaffen. Wir liessen daher aus einer Druckflasche, die 16 cm über dem Blasen-Niveau stand, tropfenweise durch einen Trichter ihren auf Körpertemperatur erwärmten Inhalt

durch Schlauch und Ureter in die Blase fliessen. Nicht weniger als 3 Stunden dauerte es, bis die Blase soweit gefüllt war, dass trotz längeren Abwartens nichts weiter hineinfloss. Die Maasse der Blase eines mässig grossen, männlichen Hundes ergaben 8 cm Länge, 18 cm im Umfang und 110 ccm Inhalt. Durch den zweiten Ureter stand die Blase mit einem Hg-Manometer in Verbindung. Trotz dieser beträchtlichen Ausdehnung der Blase betrug der Innendruck nur 0,6 cm Hg. Jetzt wurden beide N. erigentes, die bei diesen Versuchen nicht durchschnitten, sondern nur frei präparirt waren, auf Ludwig'sche Versenk-Elektroden gelegt und gereizt. Trotz eines Stromes von 12 cm R.-A. stieg das Manometer nur auf 2,2 cm. Mit anderen Worten, die Wirkung der Detrusor-Contraction war eine minimale. Nach längerer Pause wurden 80 ccm Blasen-Inhalt entleert, der Druck fiel auf 0,5 cm. Jetzt wurden wiederum die beiden Nn. erigentes gereizt. Das Manometer stieg auf 4,6 cm. Nach einiger Zeit, als der Druck wieder auf 0,6 cm gefallen war, wurde die Blase von Neuem ad maximum gefüllt. Während der Füllung stieg das Manometer in Folge der starken Spannung, die das Einspritzen hervorrief, enorm in die Höhe, um in der Ruhe wieder auf 1,2 cm zu sinken. Als wir aber jetzt bei dieser starken Füllung die Nn. erigentes reizten, erfolgte fast gar keine Detrusor-Contraction mehr, das Manometer stieg fast kaum wahrnehmbar, und der Sphincter öffnete sich nicht wie in früheren Versuchen. Diese in grösserer Zahl angestellten Experimente, deren Resultate sich stets gleich blieben, ergaben die Thatsache, dass je geringer der Inhalt der Blase war, desto energischer sich der Detrusor contrahiren konnte, dass aber umgekehrt bei möglichst stark gefüllter Blase der Detrusor sich überhaupt nicht mehr contrahirte und keine Sphincteröffnung erfolgte. Hieraus ergibt sich von selbst der Schluss, dass, wenn die Blase ad maximum gefüllt ist, keine Urin-Entleerung möglich wäre, wenn nicht vorher der Sphincter sich spontan öffnete. Wir fanden hier somit einen neuen Beitrag für die Lehre, dass keineswegs der Sphincter vom Detrusor bei der normalen Harn-Entleerung mechanisch überwunden wird. Diese jetzt fest begründete Anschauung steht aber keineswegs im Gegensatz zu der Thatsache, dass wir in unseren Versuchen durch Erigens-Reizung den Detrusor so sehr zur Con-

traction bringen konnten, dass er den Inhalt der Blase auspresst und so gewaltsam den Sphincterschluss sprengt. Wie überall, so sucht auch hier die Natur, um ihr Ziel zu erreichen, sich der einfachsten Mittel zu bedienen. Den Sphincter durch Detrusor-Contraction bei der Harn-Entleerung zu sprengen, hiesse, im Gegensatz zu dem sonstigen Princip der Natur, mit dem geringsten Kräfteaufwand zu arbeiten, hier ausserordentlich viel Kraft vergeuden. Bei starkgefüllter Blase wäre dies, wie wir gezeigt haben, überhaupt nicht möglich. So ist es auch hier wieder einleuchtend, dass bei der Harn-Entleerung zuerst der Sphincter erschlaft.

Diese Versuche lehrten aber andererseits, dass wir nicht im Allgemeinen von einem Innendruck der Blase reden können. Vielmehr setzt sich dieser aus zwei Componenten zusammen. Der erste ist der Flüssigkeitsdruck an und für sich, der zweite ist die Wandspannung. Aus zahlreichen Untersuchungen wissen wir, dass selbst ein sehr grosser Blasen-Inhalt nur einen geringen Druck auszuüben braucht. So finden wir auch in der menschlichen Leiche ab und zu besonders in den Fällen, in denen vor dem Tode Benommenheit längere Zeit angedauert hatte, z. B. bei Typhus, eine Ansammlung von 2 bis 3 l Blasen-Inhalt, und doch hält ihm der Sphincter stand. Dies rührt aber daher, dass bei der erschlafften Blasenwand der Leiche lediglich der Flüssigkeitsdruck in Betracht kommt. In diesem Falle beträgt derselbe selbst bei einem Blasen-Inhalt von 5 l, speciell für die Gegend des Orificium internum berechnet, nicht mehr wie ein cm Hg. und dies sogar bei ungünstiger Stellung der Blase. Dass diesem minimalen Druck selbst der Sphincter an der Leiche gewachsen ist, leuchtet ein. Ein solch niedriger Druck wäre aber undenkbar, wenn zu diesem Flüssigkeitsdruck die Wandspannung der Blase dazu käme, die eben bei der Leiche wegfällt. Wir verstehen unter Wandspannung jenen Innervations-Zustand der Blase, bei dem sich der Detrusor mehr oder minder in Contraction befindet. Dieser Zustand, der beim Menschen bei einem Blasen-Inhalt von etwa 150 bis 200 ccm eintritt, wird auch als Spannung, alias Harndrang empfunden und giebt für unsere Centren den Reiz ab, auf reflectorischem Wege den Sphincter-Tonus aufzuheben. In pathologischen Fällen dagegen, wie bei Tumoren oder Ulce-

rationen der Blasenschleimhaut, genügen oft schon wenige Tropfen Inhalt, um den Detrusor zu dieser Spannung zu bringen.

Es fragt sich nun, was geschieht, wenn in vivo die Blase sehr stark gefüllt ist, ohne dass sich der Sphincter öffnet. In diesen Fällen handelt es sich um einen doppelten Vorgang. Erstens unterdrücken wir die Impulse für die Detrusor-Contraction und erzielen dadurch ein Schlafferwerden der Blasenwände. Zweitens aber hemmen wir vom Gehirn aus die beabsichtigte Oeffnung des Sphincter, die auf die Detrusor-Contraction hin hätte erfolgen müssen, und innerviren gleichzeitig auch die auxiliären Verschlussmuskeln der Blase d. h. den Compressor urethrae und die Darmmuskulatur. So bleibt die Blase geschlossen, und dadurch, dass die Blasenwandungen nicht mehr contrahirt sind, herrscht im Blasen-Innern nur noch Flüssigkeitsdruck. Durch die Entspannung der Blasenwand ist aber inzwischen neuer Inhalt hinzugetreten und somit ein neuer Reiz für die Contraction der Blase. Diese Vorgänge der Detrusor-Contraction und der Entspannung der Blasenwand dauern dann so lange, bis schliesslich die Zusammenziehung der Blase einen so starken Reiz ausübt, dass unser Wille erlahmt und die Sphincteröffnung nicht mehr verhindern kann.

Resumiren wir nun kurz die Resultate unserer Untersuchungen, so haben dieselben nach keiner Richtung hin den Beweis erbracht, dass die oben erwähnten v. Zeissl'schen Anschauungen, denen zufolge in demselben Blasenerven sowohl hemmende, als auch gleichzeitige motorische Fasern verlaufen, zu Recht bestehen. Die Menge der Einzelbeobachtungen an jedem Versuchsthiere, die im Ganzen weit über 300 zählen dürften, die ausserordentliche Manigfaltigkeit in der Versuchs-Anordnung hätten doch irgend einmal einen Anhalt für v. Zeissl's Theorie geben müssen. Allein, wie auch oben erwähnt, musste schon eine theoretische Beobachtung die Existenz von Hemmungsfasern in dem Sinne, wie sie v. Zeissl aufgefasst hatte, von der Hand weisen. Sie wäre möglich gewesen, wenn zwischen Nervenfasern und Endorgan, in unserem Falle der Blase, Ganglienzellen interpolirt wären, deren Erregung vielleicht eine bestehende Contraction aufheben könnte; wir hätten uns dann einen ähnlichen Vorgang vorzustellen, wie etwa bei der Vagusreizung. Aber

speciell für den N. hypogastricus hat Langley durch seine Nicotin-Versuche gezeigt, dass dieser Nerv in der Musculatur der Blase direct, ohne Ganglienzellen zu passiren, sein Ende findet. Wenn auch beim N. erigens die anatomischen Verhältnisse in sofern anders als beim N. hypogastricus liegen, als hier in der That Gruppen von Ganglienzellen interpolirt sind, so hat doch, ganz abgesehen von unseren Versuchen, schon Griffith gezeigt, dass jede Erigens-Reizung die Gesamt-Musculatur der Blase zur Contraction bringt. So war es also schon nach diesen anatomischen Betrachtungen, im Gegensatz zu den Anschauungen von v. Basch, Fellner und v. Zeissl, höchst unwahrscheinlich, dass sich in demselben Nerven Fasern von antagonistischer Wirkung finden sollten.

Recapituliren wir nun zum Schluss noch einmal, worauf denn eigentlich v. Zeissl seine Theorie aufgebaut hat, so waren es speciell für die Annahme von Hemmungsfasern im Erigens zwei Momente, die in Betracht kamen. Zunächst der Umstand, dass Detrusor-Contraction und Sphincteröffnung nicht gleichzeitig erfolgten, und zweitens, dass nach Ausschaltung des Detrusor auf Erigens-Reizung der Blasen-Inhalt austrat, d. h. der Sphincter sich öffnete. Was die erste Wahrnehmung anbetrifft, so ist dieselbe bereits von Mosso und Pellancani gemacht worden, und findet ihre natürliche Erklärung eben darin, dass Detrusor-Contraction und Sphincteröffnung in mechanischem Sinne gedacht unabhängig von einander sind, wenngleich zugegeben werden muss, dass bei nur mässig gefüllter Blase ein stärkerer Erigens-Reiz die Blase so kräftig contrahiren kann, dass sie ihren Inhalt austreibt. Wie wir oben gezeigt haben, und durch zahlreiche Experimente bewiesen wurde, — wir erinnern nur an die Versuche von Genouville, Hanč und unsere eigenen, die alle unabhängig von einander verschiedene Versuchsmethoden gewählt haben —, findet diese Art der Harn-Entleerung, d. h. durch mechanische Ueberwindung des Sphincter in vivo nicht statt. Hinsichtlich des zweiten Moments, das v. Zeissl zur Annahme von Hemmungsfasern im N. erigens gebracht hatte, dass nemlich auch nach Ausschaltung des Detrusor auf Erigens-Reizung ein Ausfliessen des Blaseninhaltes erfolgt, so haben unsere Versuche gezeigt, dass in vielen Fällen überhaupt nichts ausfloss; wenn es aber geschah, so trat entweder

diese Erscheinung nach so langen Intervallen zu Tage, dass es nicht mehr angeht, wenigstens auf Grund unserer bisherigen physiologischen Erfahrungen, hierfür noch eine Erigens-Reizung verantwortlich zu machen, oder aber es handelte sich um jene Fälle, in denen die Erigens-Reizung den Blasenrest so energisch contrahirt hatte, dass dieser direct sichtbar sofort seinen Inhalt auspresste. Aber gerade in jenen Versuchen, die am Schlagendsten den Beweis für die Existenz von Hemmungsfasern im N. erigens hätten erbringen können, in denen nemlich von der Urethra her der Strom in die Blase geleitet war, wo also von einer Detrusor-Thätigkeit gar nicht die Rede sein konnte, haben wir niemals eine Oeffnung des Sphincter nach Erigens-Reizung sehen können.

Die Erklärung der v. Zeissl'schen Beobachtungen ist aber an und für sich gar nicht so schwer. Wenn wir bedenken, dass v. Zeissl jene für ihn so gewichtigen Experimente der Erigens-Reizung angestellt hat, ohne dabei die Nn. hypogastrici zu durchschneiden, so ist es durchaus einleuchtend, dass die jedesmalige Detrusor-Contraction für die Centralorgane ein Impuls war, den Sphincter-Tonus aufzuheben. Diese Erschlaffung des Sphincter konnte aber selbstverständlich nur erfolgen, so lange die Nn. hypogastrici oder auch nur der eine von ihnen intact waren; findet ja doch auch im gewöhnlichen Leben einzig und allein dieser Modus der Blasen-Entleerung statt.

Somit bestehen die v. Zeissl'schen thatsächlichen Beobachtungen, dass, obwohl der Detrusor ausgeschaltet war, dennoch Flüssigkeit aus dem Blasenreste austrat, zu Recht, nur gehen wir in unseren Deutungen dieser Erscheinungen weit auseinander.

Was nun die Annahme anbetrifft, dass sich auch in den N. hypogastrici Hemmungsfasern finden sollten, und zwar gerade für den Detrusor, so glaubte v. Zeissl, dies aus den Beobachtungen schliessen zu müssen, dass bei intacter Blase kein Ansteigen des Manometers, das durch den einen Urether mit dem Cavum vesicae in Verbindung stand, zu constatiren war, wohl aber nach Ausschaltung des Detrusor. Die hierfür von v. Zeissl abgegebene Erklärung, die oben bereits mitgetheilt wurde, braucht hier nicht wiederholt zu werden. Wir haben

gezeigt, dass wir bei jeder Hypogastricus-Reizung ein Ansteigen des Manometers beobachten konnten, nur hatte eben v. Zeissl mit einem Hg-Manometer gearbeitet, während wir hierfür einen Wasser-Manometer angewandt haben. Es ist selbstverständlich, dass die Hypogastricus-Reizung nur den untersten Theil der Blase contrahirt und in Folge dessen der Effect dieser Contraction auch bei einem Wasser-Manometer nur gering sein konnte. Bei der Ausschaltung des Detrusor hatte sich auch v. Zeissl des Wasser-Manometers bedient und dort allerdings ein nur geringes Ansteigen desselben constatiren können.

Zweitens aber hatte v. Zeissl in seinen Interferenzversuchen gefunden, dass, wenn er zuerst den N. erigens und dann den N. hypogastricus gereizt hatte, die Curve nicht den Verlauf nahm, wie bei der Erigens-Reizung allein. Auch hieraus schloss er die hemmende Wirkung des N. hypogastricus auf die Detrusor-Contraction. Nun, die Curven unserer Interferenzversuche beweisen das Gegentheil, und so stehen wir denn nicht an, auf unseren zahlreichen Beobachtungen fussend, zu erklären, dass für uns kein Grund vorliegt, in den Nerven der Blase Hemmungsfasern anzunehmen.

Die v. Zeissl'schen Beobachtungen, soweit auch wir sie bei derselben Anordnung der Versuche gemacht haben, lassen sich vollständig ohne Annahme von Hemmungsfasern erklären.

Auf die von C. C. Stewart veröffentlichten neueren Untersuchungen über die Hemmungsnerven der Blase konnte in dieser Arbeit nicht mehr Rücksicht genommen werden, da sie schon vor dem Erscheinen der Stewart'schen Mittheilungen abgeschlossen war.

An dieser Stelle ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. J. Munk sowohl für das grosse Interesse, das er andauernd meiner Arbeit gewidmet hat, als auch für die mannigfache Belehrung, die ich durch ihn erfahren, und ebenso Herrn Privatdocenten Dr. Paul Schulz, der sich nicht nur mit grösster Hingabe an allen Versuchen theilnimmt, sondern mich selbst auch durch seine vielseitige Anregung in meinen Studien gefördert hat, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

- Ashdorn, Journ. of Anat. and Phys., Vol. XX, p. 229.
- Bechterew und Mieslawski, Hirncentren für die Bewegung der Blase. Neurolog. Centralbl., I, 1888.
- Bernhardt, Klinischer Beitrag zur Lehre von der Innervation der Blase. Berl. klin. Wochenschr., 1888.
- Bochefontaine, Archiv de phys. normal et pathol., 1876.
- Born, Zur Kritik über den gegenwärtigen Stand der Frage über die Blasenfunction. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, Bd. 25.
- Budge, Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Bewegung der Blase. Zeitschr. f. rationelle Med., 1864.
- Budge, Zur Physiologie des Blasenschliessmuskels. Pflüger's Archiv, 1872.
- Budge, Ueber das Centrum genito-spinalé. Dieses Archiv, Bd. 15.
- Courtade et J. F. Guyon, Contribution à l'étude de l'innervation motrice de la vessie. Archive de la physiologie, 1896.
- Dubois, Ueber den Druck in der Blase. Inaug.-Dissert. Bern, 1876.
- Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Giessen, Bd. III, IV, VII.
- Esmarch, Schema zur Physiologie der Harn-Entleerung. Kiel, 1884.
- Exner, S., Zur Mechanik der peristaltischen Bewegungen. Pflüger's Archiv, Bd. 34.
- Finger, Ueber den Mechanismus des Blasenverschlusses, der Harn-Entleerung und der physiologischen Aufgaben der Prostata. Allg. Wiener med. Zeitschr., 1893.
- Falk, Beiträge zur Physiologie der Blase. Pflüger's Archiv, Bd. XIX.
- Fellner, Die Bewegungs- und Hemmungsnerven des Rectums. Med. Lehrb. der K. K. Gesellschaft der Aerzte, Wien, 1883.
- Fellner, Dasselbe. Pflüger's Archiv, 1894.
- v. Frankl-Hochwart und O. Zuckerkandl, Die nervösen Erkrankungen der Blase. XIX. Bd. Nothnagel, Spec. Path. u. Ther., Wien, 1898.
- Gaule Justus, Versuch eines Schemas der Innervation der Blase, insbesondere der localen Reflexbahn. Arch. f. Anat. u. Phys., 1852.
- Genouville, Du rôle de la contractilité vesicale dans la miction normale. Archive de la physiologie, 1894.
- Gianuzzi, Influence des nerfs sur les sphincters de la vessie. Compt. rend. de l'acad. des Sciences, 1863, p. 1101.
- Gianuzzi, Journal de la physiologie, 1863.
- Griffith, Observations on the urinary bladder and urethra. Journal of anatomy and physiology, Vol. XXIII, XXV, XXIX.
- Grünstein, Beitrag zur Frage von der Innervation der Harnblase. 1899, No. 25.
- Guépin, Innervation vésicale. Journ. anatom., 1893.
- Guyon, Physiologie de la vessie. Gazette hebdomadaire de médecine et chirurgie. Paris, 1884.

- Guyon, Sensibilité de la vessie à l'état normal et pathologique. Annales génitiaux urinaires, 1887.
- Guyon, Die Krankheiten der Harnwege. Uebersetzt von Krauss und Zuckerkandl. 1897.
- Goltz, Ueber die Function des Lendenmarks des Hundes. Pflüger's Archiv, Bd. VIII.
- Hanč Alfons, Experimentelle Studien über den Reflexmechanismus der Harnblase. Pflüger's Archiv, Bd. 73.
- Heidenhain und Colberg, Versuche über den Tonus des Blasen-Schliessmuskels. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie, 1858.
- Janet, Les troubles psychopatiques de la miction. Thèse de Paris, 1899.
- Justschenko, A. J., Sur les rapports du ganglion sympathique mésentérique inférieur avec l'innervation de la vessie et les mouvements automatiques de cette dernière. Arch. des sciences biol. St. Petersbourg, VI, 15.
- Jurie, Beiträge zur Kenntniss des Baues und der Verrichtung der Blase und Harnröhre. Med. Lehrbuch, 1873.
- Kalischer, O., Die Sphincter der Harnblase. Sitzungsbericht des XII. internat. med. Congresses, Moskau, 1897.
- Kapsammer u. J. Pahl, Ueber die Bahnen der motorischen Innervation der Blase und des Rectum. Wiener klin. Wochenschrift, 1897, No. 22.
- Keibel, Ueber die Entstehung der Blase. Archiv für Anatomie und Physiologie, 1896.
- Kirchhoff, Zur Localisation des Centrum ano-vesicale im menschlichen Rückenmark. Archiv für Psychiatrie, Bd. XV.
- Kohlrausch, Anatomie der Beckenorgane.
- Kölliker, Ueber die feinere Anatomie und die physiologische Bedeutung des Sympathicus. Wiener med. Wochenschr., 1894.
- Kupressow, Zur Physiologie des Blasen-Schliessmuskels. Pflüger's Archiv, 1872.
- Langley, Journal of Physiology, Vol. 12, 1890.
- Langley und Anderson, The innervation of the pelvis and adjoining viscera. Forster's Journal of Physiology, 1896.
- Lannegrace, Différence des fonctions exercées sur la vessie par les nerfs afférents du plexe hypogastrique. Comptes rendus, T. 144, p. 113.
- Le Gross Clark, Some remarks of the anatomy and physiology of the urinary bladder. Journal of Anatomy and Physiology, 1883.
- Lesshaft, Ueber einige die Urethra umgebenden Muskeln und Fasern. Reichert's Archiv für Anatomie und Physiologie, 1873.
- Maier, R., Die Ganglien in den harnabführenden Wegen des Menschen und einiger Thiere. Dieses Archiv, Bd. 85.

- Mosso und Pellancani, Sur les fonctions de la vessie. *Archive italiens de biologie*, 1882.
- Munk, I., *Lehrbuch der Physiologie*, 1890, 5. Aufl., S. 429.
- Nawrocki und Skabitschewski, Die motorischen Nerven der Blase. *Pflüger's Archiv*, B. 48.
- Nawrocki und Skabitschewski, Die sensiblen Nerven der Blase. *Pflüger's Archiv*, Bd. 49.
- Nussbaum, Innervation des Detrusor. *Jahresbericht von Hoffmann und Schwalbe*, 1879.
- Paulet, *Journal de l'anatomie et physiologie*, 1877.
- Pilliet, Essai sur la texture du ventile vesicale. *Journal de l'anatomie*, T. 29.
- Rehfish, Ueber den Mechanismus des Harnblasen Verschlusses und der Harnentleerung. *Dieses Archiv* Bd. 150.
- Rosenplänter, Beiträge zur Frage des Sphincteren-Tonus. *Petersb. med. Zeitschr.*, 1867.
- Rosenthal, Ueber das Centr. ano-vesicale. *Wien. med. Presse*, 1888, No. 18.
- Sarbo, Beiträge zur Localisation der Centren für Blase, Mastdarm und Erection. *Archiv für Psychiatrie*, 1852.
- Sauer, Durch welchen Mechanismus wird der Schluss der Harnblase versorgt. *Reichert's Archiv*, 1861.
- Schlesinger, Zur Physiologie der Harnblase. *Wiener klin. Wochenschr.*, 1897, No. 47.
- Sherrington, *Journal of Physiology*, Vol. 13.
- Sokowin, *Pflüger's Archiv*, 1874.
- Sokowin, *Jahresbericht von Hoffmann und Schwalbe*, 1877.
- Spina, Exper. Beiträge zur Lehre von der Erection und der Ejaculation. *Wien. med. Zeitschr.*, 1897, No. 10 u. 13.
- Stewart, C. C., On the course of impulses to and from the cats bladder. *American Journ. of Phys.*, II, 2.
- Tschaussow, *Reichert's Archiv*, 1883.
- Uffelman, Zur Anatomie der Harnröhre. *Zeitschr. f. rat. Medicin*, 1863.
- Wagner, Ueber die ausdrückbare Blase. *Wiener klin. Wochenschr.*, 1882.
- Wittich, Anatomisches und Physiologisches über den Blasenverschluss. *Königsberger med. Jahrbuch*, 1859.
- M. v. Zeissl, Die Innervation der Blase. *Pflüger's Archiv*, Bd. 53, 55.
- M. v. Zeissl, Die entnervte Blase. *Wiener klin. Wochenschr.*, 1896.
- Zuckermandl, Urethra. *Eulenburg's Encyklopädie*, 1887.
- Zuckermandl, Artikel Blase, *Eulenburg's Encyklopädie*, 1894, 3. Aufl., Bd. III, S. 331.