

# Beiträge zur Lehre von den Herz- und Gefäß- Nerven

von  
KARL BEVER.

## I. Ueber das excitomotorische Herznervensystem im Halsmark.

Vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zu der in letzter Zeit so lebhaft erörterten Frage von der Innervation des Herzens geben. Da aber eben diese Frage durch die zahlreiche Menge der Einzeluntersuchungen, durch die hieraus folgende grosse Verschiedenartigkeit der Ansichten eine ziemlich verwickelte geworden ist, so wird es gewiss nicht überflüssig sein, bevor ich meine Versuche mittheile, einen kurzen Ueberblick über die verschiedenen Ansichten zu geben, welche bezüglich der Innervation des Herzens existiren.

Eine geschichtliche Entwicklung unseres Thema's zu geben, würde viel zu weit führen, auch ist eine solche bereits sehr klar und ausführlich von *v. Bezold* in der Einleitung zu seinen „Untersuchungen über die Innervation des Herzens“ gegeben worden.

Ich beginne daher mit der Besprechung der eben genannten Arbeit *v. Bezold's*, indem dieselbe durch die darin niedergelegte Entdeckung eines neuen excitomotorischen Herznervensystems im Rückenmark der Ausgangspunkt der meisten neuern Untersuchungen geworden ist.

Im ersten Theile des Werkes untersuchte der Verfasser den schon früher gekannten, aber von Einigen irrig gedeuteten Einfluss des *N. vagus* und des Halssympathicus auf die Herzbewegung. Bezüglich des erstgenannten Nerven bestätigte er gegenüber den Angriffen *Moleschott's* und *Schiff's* die von *Weber*, dem Entdecker der verlangsamenen Wirkung des *Vagus*, aufgestellte Hemmungstheorie, ferner constatirte er den beschleunigenden Einfluss des Halssympathicus auf die Herzthätigkeit, eine Thatsache, die von *Ludwig* entschieden in Abrede gestellt wird, indess *Wagner* sogar dem Halssympathicus eine verlangsamenen Wirkung zuschrieb, (da bei seinen

Versuchen auf Reizung des Nerven die Zahl der Herzschläge sich verminderte, während *Ludwig* meist hiebei gar keine Veränderung eintreten sah, oder auch in selteneren Fällen eine Pulsvermehrung beobachtete).

Dieser gewaltige Widerspruch findet zum Theil in den anatomischen Eigenthümlichkeiten des Hals-sympathicus seine Erklärung; da dieser Nerv fast mit allen Halsnerven in Verbindung tritt, besonders aber auch mit dem Vagus, von dessen Ramus laryngeus superior ein starker Zweig constant an den Grenzstrang sich anlegt, so ist abgesehen von der Schwierigkeit der Präparation bei der grossen Vulnerabilität des so zarten Nervenfadens, abgesehen von den Irrthümern, welche bei starker elektrischer Reizung durch Stromesschleifen im N. vagus entstehen und also Pulsverlangsamung bewirken, gewiss in manchen Fällen die eintretende Pulsverlangsamung bei Sympathicusreizung durch zahlreiche Vagusfasern bedingt, die im Halsgrenzstrange verlaufen, wie *Wagner* und auch *v. Bezold* es einige Male gesehen haben. In der grössten Mehrzahl der Fälle aber gelingt es, eine Pulsvermehrung durch Sympathicusreizung zu erzielen, eine Pulsvermehrung, die, wie *v. Bezold* constatirte, innerhalb gewisser Grenzen gebunden ist, indem die Herzschläge sich bei Reizung des Sympathicus nicht über ein gewisses Maass hinaus beschleunigen lassen, nämlich circa 25 Schläge in 5 Sek. (beim Kaninchen). Ist nun schon vor der Reizung des Nerven durch mechanische Einflüsse, Zerren und Quetschen bei der Präparation, oder auch durch psychische Einflüsse, Schmerzen und Schreck, die Pulsfrequenz bis an die Grenzen des Maximums gestiegen, so leistet die nachfolgende Reizung des Halsstrangs keine Erhöhung der Schlagzahl mehr; umgekehrt ist die Pulsfrequenz vorher eine gemässigte, nahezu normale, so tritt nach 3—4 Sek. latenter Reizung constant eine bedeutende Steigerung der Herzschläge bis zum Maximum ein. *Ludwig*, der nie eine Pulsvermehrung, sondern nur Blutdrucksteigerung bei Sympathicusreizung beobachtet hat, scheint eben nur an Thieren experimentirt zu haben, bei denen vielleicht in Folge der Präparationsmethode die Pulsfrequenz ihre höchste Gränze erreicht gehabt, bei denen die darauf folgende Sympathicusreizung zwar noch eine Druckerhöhung, aber keine Beschleunigung des Herzschlags mehr erzielen konnte. Ich werde übrigens noch einmal auf dieses Faktum zurückkommen.

Durch die im 2ten Theil der *v. Bezold'schen* Untersuchungen veröffentlichte Entdeckung eines neuen excitirenden Herznervensystems im Rückenmark änderte er das bisher angenommene Schema der Herznervation bedeutend, insofern als das automatische motorische Centralorgan im Herzen, die Herzganglien nicht, wie man bisher glaubte, einerseits durch N. vagus im verlangsamenden, andererseits durch Hals-sympathi-

cus im beschleunigenden Sinne regulirt werden soll, sondern dass es noch eine dritte Bahn vom Hirn zum Herzen gibt, durch welche auf die Contractionen desselben vermehrend eingewirkt wird, nämlich Nervenfasern, die im Rückenmark verlaufen, an den Brust- und Bauchsympathicus gehen und hier aufwärtssteigend an's Herz treten sollen.

Diese für die Physiologie des Kreislaufes so bedeutungsvolle Entdeckung *v. Bezold's* werde ich einer etwas eingehenderen Besprechung unterziehen, da von anderen Physiologen, besonders *Ludwig* und *Thiry* die Existenz eines motorischen Herznervensystems im Rückenmark gelügnert wird, während es die Hauptaufgabe meiner Untersuchungen sein soll, die Existenz desselben, freilich nimmer im ursprünglichen Sinne *v. Bezold's* zu beweisen. Was zunächst die Methode anbelangt, welche *v. B.* bei seinen Versuchen einschlug, so ist besonders die Anwendung der Curarevergiftung hervorzuheben. Die bekannte Eigenschaft des indianischen Pfeilgiftes, die Nervenendungen der quergestreiften Muskeln mit Ausnahme der Herznerven zu lähmen, benutzte *v. B.*, um die bei Rückenmarksreizung sonst unfehlbar eintretenden Muskelcontractionen und den Tetanus zu beseitigen. Er vermied daher die bei allen stärkeren Muskelcontractionen eintretende für die Klarheit des Experimentes höchst nachtheilige Compression der kleineren Gefässe, da ja deren Verengerung eine Blut-Stauung in den grösseren Gefässen, somit einen stärkeren Blutdruck in denselben bewirkt, welcher auch auf das im Herzen befindliche Blut sich fortpflanzt, indem der Austreibung desselben bei der Systole grössere Widerstände entgegengesetzt werden. Der erhöhte Blutdruck im Herzen wirkt aber erstlich direkt reizend auf die in den Herzwandungen befindlichen Nervelemente ein, so dass eine Vermehrung der Contractionen zu Stande kommt\*); zweitens wirkt die vermehrte Spannung des Bluts auch direkt auf den Herzmuskel selbst und veranlasst denselben zu verstärkter Intensität jeder einzelnen Contraction, da ja nach den *Heidenhain's*chen Untersuchungen die Erregbarkeit eines Muskels mit seiner Spannung innerhalb gewisser Grenzen steigt. (Siehe *Heidenhain* Wärmeentwicklung etc. Leipzig 1865.) — Zwar hat in neuester Zeit *Pokrowsky* gerade das Gegentheil behauptet; nämlich Erhöhung des Blutdruckes (durch Aortencompression) wirke stets verlangsamend auf die Herzcontractionen und mache sie irregulär, seine Behauptung ist aber gewiss unrichtig, da er seine Beobachtungen nur an Thieren anstellte, die mit Kohlenoxyd vergiftet waren und deren Herz in Folge davon schon in einen subparalytischen Zustand gerathen war.

\*) Siehe *v. Bezold* und *Stezinsky*: Ueber den Einfluss des Blutdruckes auf die Häufigkeit des Herzschlages. Centralblatt für med. Wissensch. 1866. Nr. 52.

Die durch den Tetanus bedingte Blutdrucksteigerung und consecutive Pulsvermehrung hatte also *v. Bezold* durch die Anwendung des Curare bei seinen Versuchen vollkommen ausgeschlossen, ferner gelang es ihm auch, durch Anlegung einer Trachealkanüle und Einleitung der künstlichen Respiration alle jene Einflüsse auf Blutdruck und Pulsfrequenz auszuschliessen, welche bei Rückenmarksreizung in Folge des gehemmten Gaswechsels eintreten, namentlich die Anhäufung der  $\text{CO}_2$  im Blute, wie sie bei Tetanus und nach Vagusdurchschneidung auftritt; die Kohlensäureanhäufung bedingt, wie *Traube* gezeigt, stets durch Reizung der im Herzen liegenden Nerven Pulsbeschleunigung. Nachdem *v. Bezold*, wie er glaubte, alle störenden Momente, welche bei Rückenmarksreizung eintreten könnten, vorwiegend beseitigt hatte durch Curarevergiftung und künstliche Athmung, so durchschnitt er zuerst Vagus und Sympathicus (an Kaninchen), und trennte sodann das Halsmark: im Momente der Durchtrennung tritt nun in Folge des mechanischen Reizes Erhöhung des Blutdruckes und der Pulsfrequenz ein, sogleich sinken aber beide auf das Minimum herab. Reizte er nun das unterhalb des Schnittes gelegene Halsmark, so erstiegen Blutdruck und Pulsfrequenz nicht nur wieder die vor der Durchschneidung des Halsmarks gehabte Höhe, sondern überstiegen dieselbe noch um grosse Werthe, zugleich werden die nach der Halsmarkdurchschneidung fast unhörbar gewordenen Herztöne sehr kräftig, die Herzcontractionen werden somit verstärkt. — Durch Anlegen verschiedener Querschnitte des Hals- und Rückenmarks und Reizung unter- und oberhalb derselben suchte ferner *v. B.* zu bestimmen, wo diese „excitomotorischen Fasern“ entspringen und wo sie austreten, um an das Herz zu gelangen. Da schon nach Durchtrennung des Halsmarks zwischen Atlas und Hinterhaupt Blutdruck und Puls enorm sinken, so war somit schon der Beweis geliefert, dass die excitomotorischen Fasern aus dem Gehirn und, wie weitere Versuche zeigten, aus der Medulla oblongata entspringen, welche demnach „ein selbstständiges, fortwährend thätiges, herzerregendes Centralorgan enthält“. Durchschnitt *v. B.* das Halsmark vom 6. — 7. Halswirbel — 1. Brustwirbel, so sank ebenfalls Blutdruck und Pulsfrequenz bedeutend und blieb niedrig, auch wenn weiter oben (die Med. oblongata) gereizt wurde; dies schien ihm mit Recht ein Beweis, dass jedenfalls oberhalb des 1. Brustwirbel keine excitomotorische Faser das Halsmark verlässt, um an's Herz zu gehen; erst vom 1. Brustwirbel an treten dieselben aus, wie die Versuche beweisen, bei denen nach Durchschneidung des Rückenmarks vom 1. Brustwirbel herab bis zum 4. Lendenwirbel jedesmal die Reizung des oberhalb des Durchschnitt's gelegenen Stückes oder der Medulla oblongata selbst starke Druck- und Pulserhöhung bedingte. —

Die weitere Frage, welchen Weg zum Herzen die das Rückenmark verlassenden excitomotorischen Nerven einschlagen, beantwortete *v. B.* dahin, dass durch die Rami spinales nervi sympathici und weiter durch den Bauch- und Brustgrenzstrang selbst die Communication mit dem Herzen stattfinden soll; denn

1) bewirke Reizung bestimmter Abschnitte des Brust- und Lenden-grenzstrangs vom 3. Brustwirbel an nach Trennung der Med. oblongata wieder Steigerung des gesunkenen Blutdrucks und der Pulsfrequenz;

2) diese Wirkung bleibe aber aus, wenn der Grenzstrang oberhalb der unmittelbar erregten Strecke auf beiden Seiten quer durchschnitten wird. Dagegen soll

3) Reizung des Grenzstrangs oberhalb der Durchschnitsstelle (also des Theils, dessen Communication mit dem Herzen nicht getrennt sei) wieder Drucksteigerung und Pulserhöhung bedingen.

Aus dieser 3fachen Reihe von Versuchen schliesst *v. B.*, dass die excitomotorischen Nerven von der Medulla oblongata an im Halsmark herablaufen; vom 1. Brustwirbel an bis zum 4. Lendenwirbel herab treten sie aus und verlaufen im Grenzstrang in aufsteigender Richtung zum Herzgeflecht. — Vom Centralorgan in der Med. obl. wies ferner *v. B.* nach, dass verschiedene Affekte, Schmerz und Schreck tetanisirend auf dasselbe einwirken, dass ferner bei gleichzeitiger Reizung des Vagus und des excitomotorischen Systems anfangs der erstere überwiegt, folglich Herzstillstand auftritt, allein im weiteren Verlaufe ermüdet und die Effekte der Rückenmarksreizung, Puls- und Druckerhöhung wieder zur Geltung kommen. — Schliesslich nimmt *v. B.* an, dass der Halssympathicus, dessen Wirkung auf Puls und Blutdruck er schon früher nachwies, ebenfalls nur ein Theil der excitomotorischen Nerven sei, welcher vom gemeinsamen Centrum in der Med. oblongata entspringend seine Fasern in absteigender Richtung an's Herz übersende, während der andere stärkere Theil der excitomotorischen Fasern im Halsmark herabsteige, im Verlaufe des Brust- und Lendenmarkes austrete und sich nun in aufsteigender Richtung mittelst des Grenzstrangs ans Herz begeben. Dass nur der kleinere Theil der excitirenden Fasern im Halssympathicus verläuft, beweist nach *v. Bezold's* Ansicht dies, dass bei Halssympathicusreizung nie so hohe Blutdrücke, nie solche Frequenz der Herzschläge eintritt, als wie bei Reizung der in dem Halsmark verlaufenden Fasern. *v. B.* erklärt aus diesem Umstande auch das so öftmalige Fehlen der Pulssteigerung bei Halssympathicusreizung; wenn nämlich schon zuvor durch Affekte das Centrum in der Med. oblong. erregt, tetanisirt worden sei, so werde, da die Rückenmarksbahn die meisten excitomotorischen Fasern enthalte, auf diesem Wege

allein Blutdruck und Pulsfrequenz bis zu den äussersten Grenzen getrieben, so dass eine nachfolgende künstliche Reizung des Sympathicus keine oder nur geringe Steigerung mehr effectuiren könne.

Dies sind in Kürze die von *v. B.* gewonnenen Resultate; ehe er jedoch auf Grund derselben die Existenz eines neuen excitomotorischen Nervensystems behaupten zu dürfen glaubte, legte er sich die Frage vor, ob nicht auch andere Nerven, als gerade motorische Herznerven bei Rückenmarksdurchschneidung gelähmt, die hiebei beobachtete Puls- und Druckerniedrigung bedingen könnten, kurz ob nicht die *Gefässnerven* des Körpers, die ja von der Medulla oblong. entspringend durch das ganze Rückenmark hinabziehen, die ganze Reihe von Erscheinungen bedingen, welche er bei seinen Versuchen beobachtete. Allein er verwarf diese Möglichkeit und zwar aus folgenden Gründen.

Angenommen, es wäre Druck- und Pulsabnahme in der That von den vasomotorischen Nerven abhängig, würde also durch die Trennung derselben bei Rückenmarksdurchschneidung ihr Tonus aufgehoben, so würden alle Gefässe hiebei erweitert und diese Vergrösserung des Allgemeinquerschnittes müsste die Ursache der Druck- und Pulsverminderung sein.

Nun glaubte *v. B.*, diese Erweiterung liesse sich mindestens compensiren durch eine Unterbindung der Bauchaorta und dann müsste allerdings wieder Druck und Puls wie vor der Rückenmarksdurchschneidung sich einstellen. Da aber, wie Versuche ergaben, Unterbindung der Bauchaorta den um 80 Millim. nach Rückenmarksdurchschneidung gesunkenen Druck nur um höchstens 20 Mill. hob, so schloss *v. B.*, dass die Lähmung der vasomotorischen Nerven bei Durchschneidung der Medulla spinalis nur die allergeringste Ursache des so gewaltig herabgesetzten Druckes und der Pulsverlangsamung sein könne.

Weiter meinte *v. B.*, dass bei Lähmung der vasomotorischen Nerven und der dadurch bedingten Verringerung der Widerstände in der Blutbahn das Blut nur rascher fliessen wird, vorausgesetzt, dass die Herzthätigkeit dabei sich gleich bleibt, weil eben die Widerstände weggefallen sind, wird die Blutcirculation im Ganzen eine schnellere sein und in Folge hievon die Arterien prall gefüllt. Statt dessen beobachtete er nach Rückenmarksdurchschneidung constant das Gegentheil hievon, die Carotiden sind eingefallen, periphere Gefässe bluten beim Einschneiden gar nicht, nur die grossen Venen des Unterleibs zeigen sich prall gefüllt; alle diese Phänomene erklärte er daher als die Folgen der bei Rückenmarksdurchschneidung herabgesetzten Herztriebkraft, da das seiner Erregungsquelle aus der Med. oblongata beraubte Herz nichts mehr zu leisten, die Arterien nicht

mehr zu füllen vermag. — Somit glaubte *v. B.* klar und eindeutig bewiesen zu haben, dass es nicht die vasomotorischen Nerven sind, sondern wirkliche von der Med. oblong. entspringende motorische Herznerve, welche jenen grossen Einfluss auf Druck und Pulsfrequenz bei Rücken- und Halsmarkdurchschneidung erkennen lassen.

Diese Schlussfolgerungen *v. Bezold's* wurden im folgenden Jahre von *Ludwig* und *Thiry* sehr bestritten; sie constatirten zwar alle Erscheinungen, welche *v. B.* bei Halsmark- oder Rückenmarksdurchschneidung und Reizung eintreten sah, allein sie schrieben sie lediglich der Wirkung der vasomotorischen Nerven zu, welche *v. B.* ja ausgeschlossen zu haben glaubte, und stellten demzufolge das Vorhandensein der excitomotorischen Nerven im Rückenmarke überhaupt in Abrede.

Drei verschiedene Versuchsreihen, mit all' den Cautelen angestellt, wie sie *v. B.* anwandte, dienten ihnen zur Stütze ihrer Ansicht; ich will dieselben in Kürze vorführen.

1) Bei Halsmarkreizung beobachteten *Ludwig* und *Thiry* bei fast allen kleineren Arterienstämmen des Körpers eine schon makroskopisch deutlich nachweisbare Verengung, welche bis zum vollständigen Verschluss des Lumens zunehmen kann, letzteres Verhalten zeigen namentlich die Gekröse- und Nierenarterien; aus diesem Verhalten folgerten beide Beobachter, dass Halsmarkreizung einen sehr grossen Widerstand in die Blutbahn einführen müsse.

2) Klemmten sie nach vorgenommener Halsmarkdurchschneidung die Aorta thoracica, also oberhalb der Abgangsstelle der grossen Unterleibsgefässe, so erreichte der Blutdruck und die Pulsfrequenz nicht nur dieselbe Höhe, wie vor der Halsmarkdurchschneidung, sondern stieg um das 2—3fache, z. B. von 32 auf 142 Millim. Quecksilber, so dass annähernd derselbe Blutdruck, dieselbe Pulsschnelligkeit beobachtet wurde wie bei Rückenmarksreizung. Klemmten sie dagegen wie *v. Bezold* die Bauch-aorta nach der Rückenmarksdurchschneidung, so konnten sie auch nur eine geringe Steigerung des gesunkenen Blutdruckes gewahren; hieraus schlossen sie ganz richtig, dass bei so niederem Drucke, wie er nach Rückenmarksdurchschneidung eintritt, das meiste Aortenblut durch die Unterleibsäste, die Gekrösearterien abfliesst, weil Aortenklammung über ihrem Abgange so hohe Druck- und Pulsverthe erzeugt, unter der Abgangsstelle nur ganz geringe erzielt. Wurde von *Ludwig* und *Thiry* auch noch während der Brust-aortencompression das Rückenmark gereizt, so stieg der Blutdruck, falls nicht vorher schon das Maximum erreicht war; auch auf die Herzschläge hatte dieses Manoeuvre stets Einfluss, allein

ebenso oft im positiven, d. h. pulsbeschleunigenden als im negativen Sinne, wesshalb *Ludwig* und *Thiry* keinen bestimmten Schluss zu ziehen vermochten, wie Rückenmarksreizung auf die Zahl der Herzschläge wirke.

Bei der 3ten Versuchsreihe bedienten sich beide Forscher einer neuen Methode, um den Einfluss der Herznerve direkt zu bestimmen, sie zerstörten nämlich die sämtlichen Herznerve unmittelbar vor ihrer Eintrittsstelle in das Herz durch den galvano-kaustischen Apparat, nachdem sie sich vorher durch die genaueste Präparation zahlreicher Kaninchen überzeugt hatten, dass bei diesen Thieren nur die *Nervi cardiaci* des Hals-sympathicus sich in das Herz begeben und zwar in dem engen Raume zwischen Art. pulmonalis und der Aorta.

Später werde ich noch Genaueres über die anatomischen Verhältnisse der Herznerve und ihre Eintrittsstelle in's Herz bringen. — Brannten also *Ludwig* und *Thiry* die Herznerve eines Kaninchens ab, dem vorher schon das Halsmark durchschnitten war, so trat constant Pulsverlangsamung ein; diese kann, da ja schon vorher die Verbindung zwischen Med. oblong. und Herz aufgehoben war, nicht von der Zerstörung excitomotorischer Rückenmarksfasern erklärt werden, sondern, wie *Ludwig* glaubt, von einer herabgesetzten Herzthätigkeit, bedingt durch die bei der Abtrennung stattfindenden mechanischen Insulte.

Wurde nun das Rückenmark unterhalb der Durchchnittsstelle gereizt, so trat wieder bedeutende Druckerhöhung ein, auch die Menge der Herzschläge wurde alterirt, meist vermehrt. Diese Druckerhöhung bei Rückenmarksreizung nach Herznerveausschluss war nur um 8—20 Millim. Quecksilber geringer, als bei Rückenmarksreizung mit intacten Herznerve; diese ganz constante Abnahme des Druckes kann nach der Ansicht *Ludwig's* ebenso auf einer allmählig eintretenden Verminderung der Druckwiderstände durch beginnende Lähmung der vasomotorischen Nerven wie auf einer verminderten Schlagkraft des Herzens beruhen.

*Ludwig* und *Thiry* schliessen sonach aus ihren Versuchen, dass die Rückenmarksreizung nur mittelst der Gefässnerve die Blutdruckerhöhung und Vermehrung der Herzschläge zu Stande bringt; der Nachweis excitomotorischer Nerven gelang ihnen nicht. In wie weit ihre Angaben richtig sind, oder einer Berichtigung bedürfen, mögen die nachfolgenden Untersuchungen feststellen. Zweifelsohne ist es ein grosses Verdienst, den wichtigen Einfluss der Gefässnerve auf Blutdruck und Pulsfrequenz gefunden zu haben, den *v. Bezold* unbeachtet gelassen; hätte er die Aortenunter-



bindung über dem Abgang der Unterleibsgefässe gemacht, so wäre ihm jedenfalls der Umstand nicht entgangen.

Der Schluss aus *Ludwig's* Versuchen ist sicher, dass die Gefässnerven Haupturheber der grossen Druck- und Pulsdifferenzen sind, welche bei Halsmarksreizung einerseits und Durchschneidung andererseits entstehen; ob aber nicht neben ihrer Wirkung auch noch motorische Herznerve im Spiele sind, haben *Ludwig's* Versuche doch noch unentschieden gelassen. Prüft man seine Versuche, so finden sich manche Anhaltspunkte für diese Annahme, obschon *Ludwig* selbst sie für unzureichend hält.

So stellt *L.* in der II. Tabelle alle Pulszahlen zusammen, welche er bei intacten Herznerve auf Rückenmarksreizung erhielt.

Da er bei Rückenmarksreizung bald Pulsbeschleunigung, bald Verlangsamung fand, schloss er, dass die Schlagzahl des Herzens nicht wie *v. Bezold* behauptete, direkt abhängig von Rückenmarksreizung sei. Prüft man aber die Pulszahlen genau, so ergibt sich, dass anfangs bei jeder Rückenmarksreizung Pulsbeschleunigung eintrat, dass dieselbe aber im weitem Verlaufe constant einer Verminderung Platz machte; hieraus darf man mit Recht schliessen, dass Rückenmarksreizung stets Pulsbeschleunigung bedingt, ferner dass die nachfolgende Verlangsamung Folge der Ermüdung ist.

Nach Zerstörung der Herznerve tritt bei Rückenmarksreizung im Anfange auch noch Steigerung der Herzschläge ein; diese, nur von den Gefässnerven indirekt bedingt, ist immer viel geringer, als wie bei unverletzten Herznerve.

Bei einem Versuche Q tritt gar keine, bei R sogar Verlangsamung ein, die wohl als Zeichen gesunkener Herzkraft (in Folge der Abbrennung) zu deuten ist. Diese geringere Steigerung kann jedoch ebenso gut als die Folge der Herznervenzerstörung selbst angesehen werden, in sofern diese bei Rückenmarkreizung nicht mehr erregend auf das Herz wirken können, als auch auf die herabgesetzte Erregbarkeit des Herzens selbst bezogen werden, welche in Folge mechanischer Insulte beim Abbrennen selbst entstanden ist.

Endlich haben *Ludwig* und *Thiry*, nachdem sie die Aorta verschlossen und dann das Rückenmark gereizt hatten, doch mehreremale noch Pulsbeschleunigung gefunden, die sich keinesfalls durch mechanische Verhältnisse erklären lässt; die freilich ebenso oft eintretende Verlangsamung der Herzschläge beruht auf der bei der Ueberarbeitung und Ueberreizung nicht ausbleibenden Herabsetzung der Herzkraft.

Jedenfalls enthalten diese Thatsachen genug Gründe, welche zu einer nochmaligen genauen Untersuchung auffordern, ob ausser den vasomotorischen Nerven nicht noch excitirende Herznerven bei Halsmarkreizung die Frequenz der Herzschläge beeinflussen und ich habe daher im Oktober 1866 unter der Leitung und gütigen Mitwirkung Prof. v. *Bezold's* eine Reihe von Versuchen im physiologischen Laboratorium zu Würzburg begonnen, welche die Beantwortung dieser Frage enthalten dürften.

Die Versuche selbst zerfallen in 3 Abtheilungen, 3 verschiedenen Fragen entsprechend, welche wir uns bei Lösung unserer Aufgabe stellten, nämlich:

1) Ist die Existenz excitomotorischer Nerven für das Herz experimentell nachzuweisen durch den Ausschluss sämtlicher vasomotorischer Nerven?

2) Welcher Bahnen bedienen sich die vasomotorischen Nerven nach dem Austritt aus dem Rückenmark hauptsächlich?

3) Auf welcher Bahn gelangen die excitomotorischen Nerven nach dem Austritt aus dem Rückenmarke zum Herzen?

## 1. Ueber die Wirkung excitomotorischer Herznerven im Halsmark nach Ausschluss aller Gefässnerven.

*Ludwig* und *Thiry* haben durch Abbrennen der Herznerven den Einfluss derselben bei Rückenmarkreizung vollständig aufgehoben.

Die Druck- und Pulswerthe, welche sie alsdann erhielten, waren lediglich von den vasomotorischen Nerven abhängig und somit bestimmten sie genau den Antheil, welchen die letztgenannten Nerven für sich allein an den Veränderungen des Kreislaufs nehmen, die *v. Bezold* als die Folgen der Rückenmarksreizung entdeckt hat. Gelingt es nun umgekehrt, den Einfluss sämtlicher Gefässnerven auszuschliessen, so wird man sichern Aufschluss erhalten, ob überhaupt excitomotorische Herznerven im Hals- und Rückenmarke existiren; denn, wenn die Gefässnerven ausgeschlossen sind, können bei Halsmarkreizung eintretende Veränderungen in der Pulsfrequenz und Blutdruck nur noch durch das Vorhandensein von Herznerven im Halsmarke bedingt sein. Wie ist es aber möglich, die Gefässnerven auszuschliessen, die bekanntlich in der ganzen Länge des Rücken-

markes austreten, um sich direkt an die von ihnen versorgten Bezirke zu begeben?

Sieht man von den Gefässnerven des Kopfes und des Halses ab, deren Antheil an Druck- und Pulsveränderung bei Rückenmarksreizung gewiss wegen der relativen Kleinheit des von ihnen versorgten Gefässbezirkes gewiss ein sehr geringer sein muss, so gelingt es vollständig, durch eine Durchschneidung des Rückenmarks zwischen 1—3. Brustwirbel alle andern Gefässnerven des Körpers von der Medulla oblongata zu trennen, da sie erst unterhalb der Durchschnitsstelle den Wirbelkanal verlassen, folglich ihren Einfluss bei Reizung der Medulla oblong. oder des Halsmarkes vollständig auszuschliessen.

Durch dieses Verfahren wird bei weitem der grösste Theil der Gefässnerven des Körpers gelähmt, nicht nur diejenigen, welche den Rumpf und die untern Extremitäten versorgen, sondern auch die, welche die für den Blutdruck so wichtigen Unterleibsgefässe innerviren, deren Reizung, wie Ludwig constatirte, so mächtig wirkt, dass sich das Lumen selbst der grösseren Stämme vollkommen schliesst, und welche somit als besonders einflussreich auf den Kreislauf bezeichnet werden müssen.

War also durch Rückenmarksdurchschneidung am 1.—3. Brustwirbel der Einfluss der Gefässnerven ausgeschlossen worden und Vagi nebst den Halsympathicis auf beiden Seiten getrennt, so musste eine auf Halsmarkreizung folgende Pulsbeschleunigung durch excitomotorische Nerven bedingt sein, die aus dem Halsmark und obersten Theil des Brustmarks direkt an das Herz gehen. Dass diese Annahme richtig ist, beweisen die folgenden Versuche.

Zuvor will ich noch bemerken, dass alle Versuchsthiere (Kaninchen) mit 5 Milligramm Curare in Substanz vergiftet wurden, welches in eine Wunde unter dem Pectoralis major eingebracht ward; bei eintretender Dyspnöe wurde die künstliche Athmung sogleich eingeleitet, der Blutdruck an der Millimeterscala eines Quecksilbermanometers abgelesen.

#### I. Versuch. 29. Okt. 1866.

Kleines Kaninchen. Rückenmark am 1. Brustwirbel durchschnitten, ohne Blutverlust. Einfache Canüle in die Carotis dextra eingebracht, Vagi und Symp. durchschnitten, die nadelförmigen Elektroden eines Störerschen Induktionsapparates in das Halsmark eingestochen.

	Pulsfrequenz in 15 Sek.	Druckhöhe in der Aorta.
Vor der Reizung des Halsmarks	48	24
Während starker Reizung des Halsmarks	44	28
	Dieses Sinken der Pulsfrequenz rührt von Stromeschlei- fen her, die durch den periph. Theil des Vagus gehen.	Vergiftung noch unvollständig, da- her Tetanus.
Bei fortdauernder aber schwächeren Reizung	48	28
		sehr deutliche Res- pirationsschwan- kungen am Mano- meter sichtbar.
Nach der Reizung	40	24
Während der Halsmarkreizung	48	24
		kein Tetanus und daher auch keine Drucksteigerung mehr.
Die erneute Einführung der Elektroden hat Reizung zur Folge;		
daher		27
Während Halsmarkreizung	52	27
Nach der Reizung	36	26
Während Halsmarkreizung	44	26
Es wurden nun die Elektroden an das blosgelegte Brust Rückenmark (unterhalb des Durchschnittes am 1. Brustwirbel) angebracht.		
Vor der Reizung	40	26
Während Reizung des Brust Rückenmarkes	39	Rasches Steigen auf 41

Der Versuch musste wegen Verblutung abgebrochen werden. Er lehrt jedoch auf's Klarste, dass 1) Halsmarkreizung stets die Pulsfrequenz bedeutend erhöht (in diesem Falle nie unter 8 Schlägen in 15 Sek.), 2) dagegen der Druck bei Halsmarkreizung nur um Geringes gesteigert wird, selbst ganz unverändert bleibt, 3) dass dagegen bei Reizung des Rückenmarks unterhalb des 1. Brustwirbels eine gewaltige Drucksteigerung eintritt. Hiemit stimmen auch die folgenden Versuche auf das Schönste überein.

## II. Versuch. 29. Okt. 1866.

Rückenmark am 1. Brustwirbel getrennt. Die Elektroden eines Dubois'schen Schlittenapparates am Halsmarke befestigt, das Rückenmark

unterhalb der Durchschnittsstelle durch eingeführte Elektroden mit dem Störher'schen Apparate in Verbindung gesetzt.

	Pulsfrequenz in 15 Sek.	Druckhöhe in der Aorta.
Nach der Curarevergiftung vor der Reizung	60	34
sehr hohe Zahl durch Reizung des Halsmarks mittelst Einbringen der Elektroden bedingt.		
Während Halsmarkreizung bei 75 Millim.		
Rollenabstand	64	37
Nach der Reizung	64	34
bedeutende Nachwirkung.		
2 Minuten nach der Reizung	58	28
Während Halsmarkreizung	60	35
steigt auf		
	65	
Die Reizung dauert fort, die Rollen ganz aufgeschoben	66	39
In Folge rasch eintretender Uebermüdung sinkt die Pulszahl sehr, der Druck nur um 2 Millim.		
Bei erneuter Halsmarkreizung	60,62	37,39
Nach der Reizung	46	37
		32,29
Nun wird das Brustmark allein gereizt.		
Während Reizung desselben	48	65
	50	66
sehr rasch gestiegen.		
Während der Brustmarkreizung wird auch noch das Halsmark gereizt.		
Sofort steigt Puls und Druck auf	66	69
Mit Halsmarkreizung aufgehört, nur noch Brustmark gereizt	52	66
Nach Aufhören jeder Reizung	48	58
länger dauernde Nachwirkung endlich		
		53

	Pulsfrequenz in 15 Sek.	Druckhöhe in der Aorta.
Während Halsmarkreizung	53,58	(Der Blutdruck kann wegen Aus- rinnens der Ca- nüle nicht mehr gemessen werden).
Nach derselben	40	
Während Brustmarkreizung	40	

### VI. Versuch. 31. Okt. 1866.

Das Rückenmark am 2. Brustwirbel getrennt, sonst Alles wie beim vorigen Versuch.

	Herzschläge in 15 Sek.	Druck in der Aorta.
Nach Durchschneidung des Rückenmarkes	48	24
Nach Einstich der Nadeln in's Halsmark	50	24
Während Reizung des Halsmarks	64	24
Nach der Reizung; Einführung des 2. Elektrodenpaares ins Rückenmark	50	24
Während Rückenmarksreizung	52	43
Bei fortdauernder verstärkter Reizung	56	47
Dazu noch das Halsmark gereizt	61	44
		Folge der Ueber- reizung der Ge- fässnerven.
Mit Rückenmarksreizung aufgehört, nur Halsmark gereizt	unregelmässige Herzcontractio- nen.	30
Nach 1½ Min. Ruhe	43,36	27

Erneute Halsmarkreizung producirt keine Vermehrung der Herzschläge mehr, obschon die Inductionsrollen ganz aufgeschoben sind. Gegen Ende des Versuchs treten die Ueberreizungssymptome klar zu Tage.

Die beiden sehr gelungenen Versuche Nr. 2 und 6 stimmen in ihren Resultaten vollkommen mit dem ersten überein. Hier wie dort übte Reizung des Halsmarkes wenig oder gar keinen Einfluss auf die Druckhöhe, constant aber einen bedeutenden auf die Zahl der Herzschläge aus. Rückenmarksreizung dagegen hob den Blutdruck um das Doppelte, vermehrte aber die Pulsfrequenz nur im geringen Maasse.

Besonders interessant ist die in beiden Fällen vorgenommene Doppelreizung, indem bei schon bestehender Rückenmarksreizung auch zugleich

das Halsmark in Erregung versetzt wurde. Die durch Rückenmarksreizung schon vorher mässig erhöhte Herzthätigkeit wurde in beiden Versuchen durch gleichzeitiges Reizen noch bedeutend gesteigert (im II. Versuch um 16, im VI. um 5 Schläge in 15 Sek.), es wurde das Maximum der Pulsfrequenz erreicht, wie es *v. Bezold* und *Ludwig* eintreten sahen, wenn sie das ganze Rückenmark reizten. Dabei zeigte der Blutdruck keine wesentlichen Veränderungen, während er im einen Falle um 3 Millim. stieg, sank er im andern, — eine Folge der Ueberreizung! Wurde das Halsmark wieder in Ruhe gebracht, indess die Elektrisirung des Rückenmarkes fortdauerte, so sank sofort wieder die Pulsfrequenz (im II. Versuch von 66 auf 52).

Die 3 bisher aufgeführten Beispiele zeigen mit voller Klarheit, dass Reizung des Halsmarks fast ausschliesslich nur auf die Frequenz der Herzschläge einwirkt, diese beschleunigt, die des Rückenmarks den Blutdruck enorm steigert, die Zahl der Herzschläge nur mässig vermehrt.

Wir finden demnach unsere auf anatomische Thatsachen begründete Annahme, dass die Hauptgefässnerven unterhalb des 1.—3. Brustwirbels aus der Medulla spinalis austreten, vollkommen bestätigt; denn die bei Halsmarkreizung öfters eintretende Drucksteigerung war stets nur eine geringe, so gering, dass gewiss nicht die bedeutende Vermehrung der Herzschläge von ihr als sekundär bedingt angesehen werden darf; zumal da die enorme Drucksteigerung, wie sie bei Rückenmarksreizung eintrat, nie so sehr pulsbeschleunigend wirkte, wie Reizung des Halsmarkes allein. Die bei letzterem Vorgange stets eintretende Vermehrung der Herzschläge muss also nothwendigerweise von excitomotorischen Herznerven im Halsmarke herrühren, welche oberhalb des 3. Brustwirbels an das Herz abgehen. Somit ergibt sich die Ansicht *v. Bezold's*, dass im Verlaufe des ganzen Rückenmarks excitomotorische Herznerven austreten, deren Reizung allein Puls und Blutdruck vermehrt, als eine irrige, ebenso die Ansicht *Ludwig's*, dass die in der Medulla spinalis verlaufenden Gefässnerven die alleinigen Urheber der Pulsbeschleunigung sind; vielmehr zeigen unsere Versuche, dass Reizung des ganzen Rückenmarks nach Abtrennung von der Medulla oblongata, wie sie *v. Bezold* und *Ludwig* vornahmen, stets den Einfluss zweier verschiedener Nervensysteme auf Blutdruck und Pulsfrequenz hervortreten lässt.

So wäre denn die Beantwortung der Frage geglückt, welche ich an die Spitze des Abschnittes gestellt. Besserer Uebersicht halber will ich die Resultate noch einmal kurz zusammenfassen.

1) Von der Medulla oblongata verlaufen durch das Halsmark zwei Arten von Nervenfasern, welche auf die Circulation einwirken.

2) Es sind dies erstlich die excitomotorischen Herznerve, welche direkt auf das Herz beschleunigend einwirken und hiedurch nur geringe Druckerhöhung bedingen; dieselben treten schon vor dem 3. Brustwirbel ans Herz.

3) Die zweite Gattung der im Halsmark enthaltenen Nervenfasern, die vasomotorischen Nerven steigern durch Verschluss der kleineren Gefässe den Blutdruck beträchtlich und wirken dadurch im geringeren Maasse ebenfalls pulsvermehrend.

Die überwiegend grosse Mehrzahl der Gefässnerven läuft durch das Halsmark hindurch und tritt erst unter dem 3. Brustwirbel aus.

4) Daher gelingt es, ihren Einfluss gänzlich auszuschliessen, wenn man über dem 3ten Brustwirbel das Rückenmark trennt.

## II. Ueber die Nervi splanchnici als die wichtigsten Gefässnerven des Körpers.

Schon im vorigen Abschnitte wurde betont, dass die Hauptgefässnerven des Körpers jedenfalls unterhalb des dritten Brustwirbel austreten, Ludwig und Thiry haben ferner, wie früher erwähnt, gefunden, dass Klemmung der Bauchaorta tief unten, wie sie v. Bezold vorgenommen, nur geringe Druckerhöhung produziert, während Compression oberhalb des Zwerchfells gewaltige Drucksteigerung bedingt. Hieraus ergibt sich klar die Folgerung, dass zwischen diesen beiden Compressionsstellen ein grosses Gefässgebiet vom Hauptstamme sich abzweigt, durch welches eine sehr bedeutende Blutmasse abfließt, ein Gefässgebiet, dessen Ausschluss durch Unterbindung der Aorta thorac. daher den Blutdruck um das Doppelte bis Dreifache steigert, dessen weite Bahnen aber mit Leichtigkeit und ohne grosse Druckerhöhung (20 Millim.) auch noch jene ganze Blutmasse aufnehmen, welche bei Unterbindung der Aorta abdominalis dem Becken und den untern Extremitäten entzogen wird. Die grossen Stämme der Art. und Venae coeliacae, mesaraicae sup. et inf. und Art. et Venae renales mit ihren zahllosen Verästelungen auf einer (durch die Faltung des Me-



senterium bedingten) grossen Flächenausdehnung nehmen, wie bekannt, einen grossen Theil der Gesamtblutmenge des Körpers auf, und es liegt nun bei der Betrachtung dieses so wichtigen Einflusses der Darm- und Drüsengefässe des Unterleibs der Gedanke sehr nahe, ob nicht die Reizung ihrer vasomotorischen Nerven die Hauptursache der starken Druck-erhöhung ist, welche bei Rückenmarksreizung eintritt, ob nicht überhaupt die Gefässnerven der Unterleibshöhle als die einflussreichsten Gefässnerven des ganzen Körpers zu bezeichnen sind (von deren jeweiliger Reizung oder Erschlaffung der Blutdruck und secundär auch die Pulsfrequenz im hohen Grade abhängig sind).

v. Bezold und Bensen haben im vergangenen Jahre (siehe Verhandlungen der phys.-medic. Gesellschaft, Sitzung vom 5. Mai 1866) beobachtet, dass Splanchnicusreizung eine deutlich sichtbare Contraction der Darmgefässe bewirkt und es ist somit anzunehmen, dass die vasomotorischen Nerven des Darmtractus auf der Bahn der Splanchnici an ihren Verbreitungsbezirk gelangen, indem sie unterhalb des dritten Brustwirbels aus dem Rückenmark in den Sympathicusgrenzstrang übergehen, aus dessen 5—11. Brustknoten hervorgehend, sie sich nach abwärts in 2 Stämmchen, den grössern und kleinern Splanchnicus vereinigen. Durch direkte Reizung oder Durchschneidung dieser Nerven suchten wir die eben angeführte Thatsache, dass auf Splanchnicusreizung Gefässcontractionen am Darne eintreten, weiter zu untersuchen.

Um bei den Experimenten die bei Eröffnung der Bauchhöhle eintretende Abkühlung und hieraus entstehende Gefässlähmung mit ihren Folgen (Druckerniedrigung, Unregelmässigkeiten des Blutlaufes, Stockung) zu vermeiden, wurde der Splanchnicus entweder in der Brusthöhle präparirt ohne Eröffnung der Bauchhöhle, — ein ziemlich schwieriges Verfahren — oder wenn letzteres dennoch geschah und die Nerven unterhalb des Zwerchfells aufgesucht wurden, so ward immer durch aufgelegte warme Tücher einer Temperaturerniedrigung und Verdunstung nach Kräften vorgebeugt.

Folgende Versuche bestätigen dieses vollkommen:

#### IX. Versuch.

Mittelgrosses Kaninchen. Rückenmark intact gelassen, Trachealkanüle eingelegt, einfache Canüle in die Carotis gebracht, Vagi und Halssympathici durchschnitten. Curarevergiftung.

Bei Durchschneidung der Vagi betrug der Druck	
in der Aorta	75
und fiel allmählig auf	65
Unmittelbar nach der Präparation des rechtsseitigen	
Splanchnicus oberhalb des Zwerchfells	145
	133, sinkt auf
	120

Diese bedeutende Druckzunahme dürfte in der mechanischen Reizung des Nerven beim Präparieren und Durchschneiden begründet sein.

Nach Durchschneidung des linken

Splanchnicus	90, sinkt allmählig auf
	70
	54, 58 Schwankungen;
	49

Da die jetzt eingetretene Gerinnung des Blutes weitere Druckmessungen verhindert, so wird das Experiment in der Art fortgesetzt, dass nadelförmige Elektroden in die Nähe des Halsmarks eingeführt werden und dieses gereizt wird.

#### Pulsfrequenz in 15 Sekunden:

Nach dem Einführen der Electroden	54*)
Während Reizung desselben	54
Nach der Reizung	54
Während wiederholter Reizung	56
Nach derselben	52
	46
Während abermaliger Reizung	50
Nachher	42
Nach 2 Minuten	40
Während Halsmarkreizung	48
	50
Nach derselben	40
	38

\*) Dass bei der Reizung die Steigerung der Pulsfrequenz ausbleibt, ist dadurch begründet, dass die Pulsfrequenz durch die Einbringung der Elektroden (mechanische Reizung, Schmerz) schon auf das Maximum gesteigert war.

Im späteren Verlaufe ist jedesmal bedeutende Vermehrung der Herzschläge zu constatiren, wohl zum grössten Theile durch die Reizung excitomotorischer Herznerven bedingt, denn der Einfluss der mitgereizten Gefässnerven des Körpers ist hiebei nur als sehr gering in Anschlag zu bringen.

X. Versuch. Dieselben Bedingungen, wie beim vorigen.

	Frequenz der Herzschläge.	Druck in der Aorta.
Nach Durchschneidung der Vagi	66	112
Beide Splanchnici durch-	60	rasches Sinken auf 64
schnitten		fällt langsam 44
		40

Blut geronnen.

Wiederholte Rückenmarksreizung ergibt keine Pulsvermehrung als höchstens um 4 Schläge in 15 Sekunden.

XI. Versuch. Splanchnici in der Brusthöhle durchschnitten.

	Zahl der Herzschläge.	Aortendruck.
	64	Starke rythmische Schwankungen zwischen 45 und 70, von Respiration und Herzschlägen vollkommen unabhängig.
Bei Halsmarkreizung	68	67

keine besondere Drucksteigerungen.

Nach Aufhören der Reizung (nicht beobachtet.) 45

Während der Reizung des Halsmarks 68 59

Nachher 51  
(Blut geronnen, in der Canüle).

XII. Versuch. Dieselben Bedingungen wie bei den vorigen Versuchen. Elektroden ins Halsmark gebracht. Splanchnici noch nicht durchschnitten.

	Frequenz der Herzschläge.	Blutdruck.
Nach Durchschneidung der Vagi und Symp. am Halse	—	47

	Frequenz der Herzschläge.	Blutdruck.
Bei Eröffnung des Brustkorbes	—	98
		Folge des Schmerzes bei der Rippendurchschneidung
Bei Reizung des Halsmarkes	—	86
Nach derselben	52	60
Während wiederholter Reizung	57	80
Bei Durchschneidung der Splanchnici	—	40
Bei Reizung des Halsmarkes	54	44, 42
		starkes Schwanken des Druckes, auch nach der Reizung fort-dauernd und mit den Herz-schlägen isochron.
Nach der Reizung	52	34
Während Halsmarkreizung	56	36
Nachher langsames Sinken auf	48	28
Während das Halsmark wie-der gereizt wird	56	33

Reizung des peripheren Splanchnicus wirkt nur unvollständig, das Blut erscheint in der Canüle geronnen.

Direkte Reizung der Darmgefäße durch starken Strom bewirkt unregelmässige Herzcontractionen (Stromeschleifen durch dasselbe).

Wenn wir die vorstehenden 4 Versuche in ihren Einzelheiten näher prüfen, so finden wir zunächst als constante Folge der vorgenommenen Splanchnicusdurchschneidung eine *Herabsetzung des Blutdruckes*, die in den Versuchen No. 9 und 10 um so eclatanter hervortritt, als hier durch die bei der Präparation stattgehabte mechanische Reizung der Nerven der Blutdruck vor der Durchschneidung sehr hohe Werthe erreicht hatte, in beiden Fällen sank er alsdann um 70 Millim., also um mehr als das Doppelte. War nach der Trennung der Nerven einige Zeit verflossen, so blieb bei allen Versuchen der Aortendruck auf der Höhe von 40—45 Mill. stehen. (Die beim 9ten Versuche unmittelbar nach der Durchschneidung noch fortdauernde Druckhöhe, ebenso die beim 11ten Versuche eingetretenen Druckschwankungen zwischen 45—70 Millim. sind wohl als Nachwirkungen von Reizen anzusehen, denen beim Fassen und Durchschneiden des Nerven dieser ausgesetzt ward.)

Da Spl.-Durchschneidung allein schon den Druck auf 40—45 Millim. herabsetzt, Halsmarkdurchtrennung (siehe im I. Abschnitte die Versuche 1, 2, 6) dagegen durch Lähmung sämtlicher Gefässnerven den Druck auf 24—34 erniedrigt, so kann man hieraus den Einfluss der übrigen Gefässnerven des Körpers auf den Blutdruck im Verhältniss zum Einfluss der N. Spl. vollständig bemessen. Man findet hiebei, dass die Durchschneidung der vasomotorischen Nerven den Blutdruck allerdings auch erniedrigt, aber nur um relativ geringe Werthe (10—15 Millim. beiläufig im Durchschnitt); den bei weitem grössten Antheil an der Druckerniedrigung bei Halsmarkdurchschneidung haben jedoch die Nervi Spl., deren Trennung in der Brusthöhle allein den Druck auf 40—45 Millim. herabsetzt.

Diese Druckerniedrigung kann nur dadurch bedingt sein, dass eine grössere Blutmenge in die gelähmten und erweiterten Unterleibsgefässe abfliesst und sich hiedurch dem übrigen Kreislaufe entzieht.\* Vollkommen in Uebereinstimmung mit dieser Annahme konnte bei allen Versuchen eine sehr bedeutende Hyperämie der Darm- und Drüsengefässe einerseits, eine sehr geringe Füllung der übrigen Körpergefässe andererseits constatirt werden. Da die Nervi spl. in der Brusthöhle durchschnitten wurden, die Bauchhöhle also intakt gelassen und noch durch warme Tücher vor Verkühlung geschützt ward, so fällt jeder etwaige Einwurf, die Hyperämie könne durch die bei Eröffnung des Bauchraumes unvermeidlichen störenden Einflüsse, Kälte und Luftzutritt, bedingt sein, von selbst weg. Allein selbst bei einem Versuche, wo die Spl. in der eröffneten Unterleibshöhle durchschnitten wurden, konnte die hierauf erst folgende starke Gefässinjection deutlich beobachtet werden.

Die Gedärme nahmen hiebei eine fast gleichmässige rothe Färbung an, die deutlich erweiterten Gefässe des Mesenterium sowie der Darmwandungen selbst waren strotzend mit Blut gefüllt. Diese starke Füllung der Venen pflanzte sich auch auf die grösseren Venenstämme der Bauchhöhle fort. Die Leber zeigte ebenso beim Einschneiden einen erhöhten Blutgehalt. Im Gegensatz zu dieser Unterleibsplethora zeigten die übrigen Gefässe des Körpers, besonders augenfällig die Carotiden eine überaus geringe Füllung; die schlaffen blassen Stränge liessen kaum eine Pulsation gewahren; der geringe Druck und die unbedeutende Blutmenge in den Arterien resp. in den Carotiden wird auch die Ursache des auffallend raschen Blutgerinnens in der Canüle sein, wie dies leider bei fast allen Versuchen bald nach Durchschneidung der Spl. eintrat.

Bei sämtlichen 4 Versuchen, welche ich oben anführte, wurde auch nach Durchschneidung der Spl. das Rückenmark electricisch gereizt, durch 2 in die Halsmarkgegend eingeführte Electroden. Durch dieses Verfahren wurden sowohl die excitomotorischen Herznerven des Halsmarks (siehe den I. Abschnitt) wie sämtliche vasomotorischen Nerven in Erregung versetzt, mit Ausnahme der Spl., auf welche, da sie in der Brusthöhle zuvor durchschnitten worden, Reizung des Rückenmarks wirkungslos blieb.

Ist der oben bereits aufgestellte Satz, dass die übrigen Gefässnerven des Körpers nach Ausschluss der Spl. relativ nur geringen Einfluss auf den Gesamtblutdruck ausüben, richtig, so wird Rückenmarkreizung unter diesen Umständen nur kleine Drucksteigerungen hervorbringen. Vollkommen ward dies durch den 12ten Versuch bestätigt (bei den übrigen Versuchen trat die Gerinnung zu bald ein). Rückenmarksreizung bei unversehrten Spl. trieb die Quecksilbersäule von 60 auf 80 Millim., nach Durchschneidung der Nerven dagegen bewirkte sie nur noch ganz geringe Steigerungen des auf 40 Millim. gesunkenen Blutdruckes.

Viel augenfälliger sind jedoch die Veränderungen, welche Halsmarkreizung bei durchschnittenen Spl. in der Schnelligkeit der Herzschläge bewirkt. Bei allen Versuchen trat sofort eine Vermehrung der Herzcontractionen ein (am schönsten ebenfalls beim 12. Versuch), sowie das Halsmark durch den elektrischen Strom in Reizung versetzt wurde.

Diese Beschleunigung der Pulse kann, wie am evidentesten der 12. Versuch zeigt, unmöglich abhängig von der bei Rückenmarksreizung eintretenden, ganz unbedeutenden Blutdrucksteigerung sein; es sind also die im vorigen Abschnitte abgehandelten excitomotorischen Nerven des Halsmarks, deren pulsbeschleunigende Wirkung bei diesen Versuchen sehr schön zu Tage tritt.

Wegen der rasch nach Spl.-Durchschneidung eintretenden Blutgerinnung in der Canüle gelang es bei den oben angeführten Versuchen nie, durch directe Reizung der N. spl. eine Erhöhung des Blutdruckes zu Stande zu bringen; der Vollständigkeit halber will ich einen derartigen Versuch noch mittheilen. Um die bei der isolirten Reizung kleinerer Nerven so leicht eintretenden Stromeschleifen und ihre störenden Folgen zu vermeiden, ward der Brustsympathicus am 3ten Brustwirbel durchschnitten, das Rückenmark am 8ten Brustwirbel getrennt und der rechte Splanchnicus in der Brusthöhle durch untergeschobene feine Drahtelektroden dicht über dem Zwerchfell gereizt.

## XIV. Versuch.

	Pulsfrequenz.	Aortendruck.
Vor der Reizung des Spl. dexter	—	44
Während der Reizung	—	62
Später	—	58—60
		(Tetanus des Thieres).
Nach der Reizung	—	40
Während wiederholter Spl.-Reizung	—	50
		kein Tetanus, sehr starke Pulsschwankungen.
Nach der Reizung	34	32
Einige Zeit darauf	—	28
Während Spl.-Reizung	34	42
		kein Tetanus.
Bei abermaliger Reizung	—	50
		Tetanus, die Inductionsrollen über einander geschoben.
Nach der Reizung	24	37

Das Herz leistete wegen Erschöpfung nichts mehr.

Trotz des starken Blutverlustes, der bei der Präparation des sehr kleinen Versuchthieres stattgefunden, rief jedesmalige Reizung eines n. spl. dennoch bedeutende Druckerhöhung hervor. Der wegen der unvollständigen Curarevergiftung einige Male eingetretene Tetanus kann nicht als alleinige Ursache der Druckerhöhung gelten, da es zweimal gelang, die Reizung vollkommen auf den Spl. zu beschränken, ohne eine Spur von Tetanus hervorzurufen; Blutdrucksteigerung, ohne dass erhebliche Vermehrung der Herzschläge dabei stattfand, war auch hier deutlich wahrzunehmen.

Somit wäre der experimentelle Nachweis geliefert, dass *Reizung* des Spl. ebenfalls mächtig auf den Blutdruck einwirkt und zwar im Sinne einer Erhöhung desselben; letztere ist bedingt durch die starke Gefässcontraction, welche sich auf Spl.-Reizung in dessen ganzem Gefässgebiete einstellt. Durch diese Verengung der Unterleibsarterien, welche nach *Ludwig* in Folge von Rückenmarksreizung sehr hochgradig bis zu vollständigem Verschluss einzelner Aeste sich einstellt, werden die Widerstände im art. Blutstrom so sehr erhöht, dass nothwendig eine beträchtliche Steigerung des Aortendruckes entstehen muss.

Das Gesamtresultat vorliegender Experimente und die hieraus gewonnenen Schlüsse lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen, mit denen ich die früher gestellte Frage, „welches die wichtigsten Gefässnerven des Körpers sind“, beantwortet zu haben glaube.

1) Die Hauptgefässnerven des Körpers entspringen zwischen 3—8. Brustwirbel aus dem Rückenmark, denn

Durchschneidung am 2—3. Brustwirbel setzt den Blutdruck ebenso tief herab, wie wenn das Halsmark zwischen Atlas und Hinterhaupt getrennt worden wäre;

Durchschneidung des Rückenmarks unterhalb des 8—11. Brustwirbels ändert den Blutdruck nur sehr wenig.

2) Als Hauptgefässnerven sind die Nervi Splanchnici zu betrachten, denn

a) Durchschneidung beider Spl. bei unversehrttem Rückenmark bedingt eine sehr bedeutende Druckerniedrigung auf 40—45 Millim., die jedoch nie vollständig jenen Grad erreicht, welcher nach Halsmarkdurchschneidung einzutreten pflegt (25—35 Millim.) und als Ausdruck der Lähmung sämtlicher Gefässnerven des Körpers zu betrachten ist (mit Ausnahme der für den Druck unwesentlichen Kopf- und Halsgefässnerven).

b) Reizung des Brustmarkes bei unversehrten Spl. oder auch direkte Reizung eines der Nerven selbst haben eine sehr bedeutende Drucksteigerung zur Folge.

3) Die eingreifende Wirkung der Spl. auf den Blutdruck kommt dadurch zu Stande, dass der von ihnen innervirte Gefässbezirk wie kein anderer im Körper der grössten Erweiterung einerseits wie der grössten Verengung andererseits fähig ist, somit die Widerstände in der Blutbahn bald enorm zu steigern, bald eben so sehr zu mindern vermag.

Hiefür spricht:

a) die enorme Blutüberfüllung und Erweiterung sämtlicher Unterleibsgefässe und gleichzeitige Anämie der andern Körpergefässe bei Spl.-Lähmung;

b) die bei Spl.-Reizung eintretende ausserordentliche Verengung, selbst Verschlussung der Darm- und Drüsengefässe.

4) Eine besondere Einwirkung der N. Spl. auf die Frequenz der Herzschläge konnte nicht gewahrt werden.



Im folgenden Abschnitte werde ich nun auch die 3te der im Eingange dieser Abhandlung aufgestellten Fragen, „auf welchem Wege die excitomotorischen Herznerven des Halsmarkes zum Herzen selbst gelangen“, anatomisch und experimentell zu beantworten versuchen.

### III. Ueber die Bahnen der excitomotorischen Nerven zum Herzen.

In den beiden vorhergehenden Abschnitten ist die von *Bezold* entdeckte, später von *Ludwig* und *Thiry* bestrittene Thatsache, dass im Rücken- resp. Halsmark excitomotorische Herznerven verlaufen, bestätigt worden; wir haben gesehen, dass Reizung des oberhalb des 1—3. Brustwirbels gelegenen Halsmarks einen energisch beschleunigenden und verstärkenden Einfluss auf die Herzbewegungen ausübt, haben ferner bewiesen, dass letzterer nicht durch Stromeschleifen bedingt sein kann, welche durch die Halssympathici gehen, da sie beiderseits nebst den N. vagis ausgeschnitten wurden. Da ungeachtet dieser Vorkehrung auf Halsmarkreizung dennoch Pulsbeschleunigung erfolgte, so mussten zweifellos die Beschleunigungsnerven auf einer andern Bahn zum Herzen gelangen. Die ursprüngliche Annahme *v. Bezold's*, dass die excitomotorischen Nerven im Verlaufe des ganzen Rückenmarks austräten, um in aufsteigender Richtung durch Bauch- und Brustsympathicus zum Herzen zu gelangen, haben wir im Verlaufe unserer Untersuchungen als irrig zurückweisen müssen; unsere Versuche mit Durchschneidungen des Rückenmarkes an verschiedenen Punkten zeigten mit Bestimmtheit, dass die Herznerven jedenfalls über dem 1—3. Brustwirbel das Halsmark verlassen, dass im weiter unten gelegenen Rückenmarksabschnitt nur Gefässnerven noch austreten. *Ludwig* und *Thiry* haben in ihrer Abhandlung über den Einfluss des Halsmarkes auf den Blutstrom nach dem anatomischen Verlaufe der Herznerven beim Kaninchen geforscht; nach sorgfältigen zahlreichen Präparationen gelangten sie zum Schlusse, dass ausser den schon früher gekannten Nervis cardiacis des Halssympathicus und den Vagusästen keine weiteren Nerven zum Herzen treten; ferner gelang ihnen der Nachweis, dass alle Halsnerven an einer ganz bestimmten Stelle in die Herzsubstanz eintreten; dass, wenn es gelingt, diese Stelle, nämlich das im Raume zwischen A. pulmonalis

und Aorta ausgespannte Bindegewebe zu zerstören, alle sympathischen Nerven des Herzens sicher zerstört werden. Beim Abbrennen der Herznerven mittelst schwach glühender Elektroden gewahrten *Ludwig* und *Thiry* fast stets eine Abnahme der Herzschläge, wenn auch schon zuvor Trennung des Halsmarks stattgefunden hatte, also die Herznerven ausser Zusammenhang mit der Med. obl. gebracht waren. Diese Pulsverlangsamung erklärt *L.* als Folge einer durch die Procedur des Abbrennens entstandenen Herabsetzung der Reizbarkeit des Herzens selbst, sonst wäre man zur Annahme genöthigt, dass im untersten Halsganglion, dem *G. stellatum*, welches ja mit den *Ramis cardiacis* in Verbindung steht, der Sitz eines selbstständigen excitomotorischen Centrums sich befände, welches nach Trennung des Rückenmarks noch erregend auf das Herz fortwirkt, dessen Einfluss erst mit dem Abbrennen seiner Herzäste dicht am Herzen selbst erlischt. *Ludwig* verwirft aber diese Annahme, da er eine Verlangsamung der Herzschläge nach galvanokaustischer Zerstörung der Herzäste nicht in allen Fällen eintreten sah, weil ferner direkte Reizung des *G. stellatum* und seiner Herzäste ihm keine Resultate lieferten. Indess scheint der Umstand, dass die Pulsverlangsamung in allen von uns hierüber angestellten Versuchen nicht allmählig während des Abbrennens eintrat, sondern ganz plötzlich, während gerade abgesengt wurde, zu Stande kam, immerhin einiger Beachtung werth zu sein, indem diese plötzlich eintretende Aenderung im Rythmus auf eine durch das Abbrennen bedingte mechanische Unterbrechung einer von Aussen kommenden Erregungsquelle hinweist zumal da galvanokaustische Aetzungen an andern Theilen des Herzens, wie wir sie einigemal vornahmen, keine solche verlangsamende Wirkung im Gefolge hatten.

Wie sich indess auch immerhin diese Sache verhalten möchte, jedenfalls musste ich, wollte ich an eine Beantwortung der Frage denken, wiederholte genaue anatomische Präparationen der Herznerven vornehmen, wie sie *Ludwig* und *Thiry* veröffentlicht haben; besonderes Augenmerk galt es sowohl auf jene Nerven zu richten, welche aus dem Halsmarke austreten, wie auch auf die Wurzeln und Verbindungsäste des *G. stellatum*. Da es mich hier zu weit führen würde, eine detaillirte anatomische Beschreibung zu geben, so wird es hinreichen, die anatomischen Thatsachen kurz zu erwähnen, durch deren experimentelle Benützung die Lösung unserer Frage ermöglicht ward.

Ich fand nämlich, dass aus dem Halsmark gemeinschaftlich mit der *A. vertebralis* eine ziemlich starke Nervenwurzel zum *G. stellatum* verläuft, die dem sympathischen Plexus *vertebralis* beim Menschen entspricht, die auch *Ludwig* bei der Abbildung zu seinen Untersuchungen aufge-

zeichnet hat. Nebstdem treten noch andere höher aus dem Halsmarke kommenden, sehr dünne Fädchen zwischen der vordern tiefen Halsmuskulatur hindurch an das obere Ende des Ganglion. Da nun am unteren Ende des G. stellatum der Ramus cardiacus inf. entspringt und sich mit dem von oben kommenden Cardiacus superior in den Raum zwischen Aorta und Pulmonalis in die Herzmuskulatur einsenkt, so lässt sich vom anatomischen Standpunkte aus behaupten, dass durch die hintere Wurzel des G. stell. die Rad. vertebr. eine directe Verbindung des Herzens mit dem Halsmarke besteht, dass die excitomotorischen Nerven das Halsmark im sogenannten Plexus vertebralis verlassen, durch das G. stellatum und den N. cardiacus inferior herabsteigen und an der schon mehrfach erwähnten von *Ludwig* gefundenen Stelle in das Herz treten.

Gelingt es nun durch elektrische Reizung der Radix vertebralis, des Gangl. stellatum, ferner des Ganglions selbst und seiner Herzäste Pulsbeschleunigung zu erzielen, so ist somit auf dem Wege des physiologischen Experimentes die Frage entschieden, auf welcher Bahn die excitomotorischen Nerven des Halsmarks zum Herzen gelangen.

Die Hauptschwierigkeit für die experimentelle Lösung unserer Frage liegt sowohl in den verwickelten anatomischen Verhältnissen, wie andererseits in der Kleinheit und leichten Verletzbarkeit der Nervengebilde, deren Erregbarkeit durch die beim Präpariren fast unvermeidlichen mechanischen Läsionen gar bald vernichtet wird. Kein Wunder daher, wenn der 5te Theil aller angestellten Versuche trotz stundenlanger subtiler Präparation theils durch Verblutung theils wegen frühzeitiger Erschöpfung der Nerven misslang! Die tiefe Lage des Ganglion unmittelbar vor der Wirbelsäule, zu beiden Seiten des Oesophagus bedeckt von der Vena anonyma und hart neben Carotis und Subclavia versteckt, macht zahlreiche Unterbindungen nöthig, da die kleinste Blutung in der tiefen Wunde eine schonende Blosslegung der feinen Nervengebilde unmöglich macht. Erfordert schon die Isolirung des blassen Ganglion aus dem umgebenden Bindegebe grosse Geduld, so gilt diess um so mehr von der Präparation der Radix vertebralis, welche sich der gleichnamigen Art. und Vene enge anlegend sogleich in die Tiefe wendet, und der ausserordentlich zarten Radix longa des G. stell., welche mit den obersten Armierven aus dem Halsmarke vortritt. War die Präparation gelungen, so wurde der Versuch in der Weise angeführt, dass das Halsmark des vorher mit Curare vergifteten Thieres am Atlas quer getrennt, Vagi und Symp. beiderseits in grösstmöglicher Ausdehnung ausgeschnitten wurden. Meist musste wegen der Präparation schon vorher die Brusthöhle, resp. der vordere Mittelfellraum geöffnet werden; geschah dies nicht, so wurden durch Ein-

stechen der Middeldorpf'schen Nadel die Herzbewegungen controllirt. Die electriche Reizung des betreffenden Nerven ward alsdann durch ein paar lange, auf einem schmalen, dünnen Hornstreif dicht neben einander befestigte, wohl isolirte Platinelektroden bewerkstelligt, die mit einem Dubois'schen Schlittenapparate in Verbindung gebracht waren.

Zunächst werde ich aus einer grösseren Anzahl gelungener Versuche (6 gelungene, 2 misslungene) über die Reizung der Radix vertebralis des Ganglion stellatum einige derselben beispielsweise mittheilen.

### I. Versuch.

Brusthöhle nicht eröffnet, die Herzschläge mittelst der Middeldorpf'schen Nadel bestimmt, Vagi und Symp. ausgeschnitten. Herzschläge 15 bis 16 in 5 Sekunden, steigen bei 3 maliger Reizung der linksseitigen Radix brevis s. vertebralis jedesmal auf 18—20 in 5 Sekunden. Zugleich nahm auch die Stärke der einzelnen Schläge zu.

Der III. Versuch ergibt bei Reizung der gleichen Wurzel unter gleichen Bedingungen dasselbe Resultat. Schon während der Präparation des Ganglion wurde Pulsbeschleunigung wahrgenommen — mechanische Reizung!

### XVI. Versuch.

An einem grossen Kaninchen wird die lange Wurzel des G. stellatum zum Halsmark aufgesucht, Rückenmark, Vagi und Sympathici durchschnitten. Brustkorb nicht geöffnet.

Zahl der Herzschläge in 5 Sekunden 15, dann 14.

Reizung der langen Wurzel hat keinen Einfluss, die Elektroden werden daher auf die kurze Halsmarkswurzel (rad. vertebr.) gelegt.

Während des Auflegens, ohne dass elektrisch gereizt wird

18

Nach Entfernung der Elektroden

14—16

(Schwankungen.)

Nach dem Unterschieben der Electr. unter die

Rad. brev.

17

Während der Reizung bei 14,5 Rollenabst. in den ersten 5 Sekunden

18

darauf

17

Nach der Reizung constant

14

Nach Entfernung der Elektroden

13—14

Während Reizung bei 11 Rollenabstand zuerst

16

in den folgenden 5 Sek.	18
in den folgenden 5 Sek. wieder	17
in den 2 × 5 Sek. darauf	16,16
Im Ruhezustand nach der Reizung	14—15
Bei Reizung von 8,5 Rollenabst. während der ersten 5 mal 5 Sek.	18
Nach der Reizung	15
Während Reizung bei 12,5 Rollenabstand Anfangs	16
später	15

Es wurde nun rechterseits auch die Radix vertebr. gesucht und gereizt, allein ohne Erfolg, die Herzschläge blieben immer 14 in 5 Sek. Reizung des Herzens selbst bei 12 Millim. Rollenabstand bewirkte Pulsverlangsamung.

#### XVIII. Versuch.

Das linke Gangl. stell. präparirt, Rückenmark, dann Vagi und Sympathici durchschnitten.

Herzschläge in 5 Sek.

	11
Beim Einbringen und Drücken der Elektr. auf die kurze Halsmarkwurzel	14
Bei absoluter Ruhe nachher	11
Bei wiederholtem Anlegen der Elektr.	14

Reizung der Wurzel durch den Strom bringt keine Steigerung mehr vor, in Folge der mechanischen Ueberreizung und Lähmung des Nerven.

Durch vorstehende 4 Versuche habe ich, wie ich glaube, auf das Klarste dargelegt, dass Reizung der kurzen Wurzel des Gangl. stellatum sowohl mechanische, wie elektrische, eine Pulsbeschleunigung und zugleich Verstärkung bedingt; nachfolgende 2 Versuche sollen uns beweisen, dass Reizung der langen Halsmarkwurzel des untern Halsknotens gleiche Erscheinungen hervorruft.

#### VIII. Versuch.

Lange Wurzel des linken G. stellatum bloßgelegt.

Herzschläge in 5 Sek.

Nach Durchschneidung des Rückenmarks und Zer- störung der Vagi und Symp.	14
Während Reizung der Wurzel	16
Nach der Reizung	14
Beim Unterschieben der Elektr. unter die Wurzel	16

Reizung ergibt hierauf keine weitere Steigerung mehr, der Nerv scheint gelähmt.

## XIV. Versuch.

Halsmark, Vagi und Symp. durchschnitten, lange Wurzel gesucht.

Vor der Reizung	13
Eine schmale Sehne (des M. longus colli) wurde nun irrthümlicher Weise gereizt bei einem Rollenabstande von 21 Millim.	13
Beim Unterbringen der Elektroden unter die wirkliche Radix longa	14
Reizung derselben bei 10 Millim. Rollenabstand	15
Nach Entfernung der Elektroden $1\frac{1}{2}$ Minuten lange Nachwirkung schliesslich	12—13
Während Reizung der kurzen Wurzel bei 10 Millim. Rollenabstand	Grosse Verlangsamung (Stromeschleifen durch Vagus).
Während Reizung der Rad. brev. bei 16 Millim. Rollenabstand	14—15
Spätere Reizungen haben keine Wirkung mehr	12—13
Endlich wurde noch die Bauchhöhle geöffnet und die Spl. beide durchschnitten	9
Periphere Rückenmarksreizung	11

Dasselbe Resultat wurde auch in einem 3ten Versuche erhalten, bei welchem ebenfalls mechanische und elektrische Reizung der langen Halsmarkswurzel des linken G. stellatum vorgenommen wurde.

Eine weitere Reihe von Versuchen wurde angestellt, um den Einfluss des Ganglion stell. selbst und seiner Herzäste auf die Herzthätigkeit während mechanischer und elektrischer Reizung zu constatiren; folgende Experimente führe ich als Beispiele hiefür an.

## V. Versuch.

Linkes G. stell. ohne Eröffnung der Brusthöhle präparirt, hierauf Rückenmark, Vagi und Symp. durchschnitten.

	Herzschläge in 5 Sek.
Nach der Rückenmarksdurchschneidung	13
Während Reizung der kurzen Wurzel ans Halsmark	15
Nachher wieder	13
Die Reizung wurde 4 mal mit gleichem Erfolge wiederholt.	

Um zu entscheiden, ob diese Pulsvermehrung nicht vielleicht einfach nur in Folge einer elektrischen Reizung in der Herznähe sei, wodurch die Nervenapparate des Herzens selbst in Reizzustand durch Nebenströme versetzt würden, welche dann pulsbeschleunigend wirkten, werden die Elektroden in gleicher Nähe des Herzens an einer andern Stelle des Halses aufgesetzt und mit derselben Stromstärke gereizt; die Pulsfrequenz erlitt hiedurch gar keine Aenderung. Liess man den Strom auf das Herz selbst einwirken, so folgten ganz rasche unregelmässige Contractionen mit grossen Zwischenpausen (Vaguseinfluss). Hierauf wurden die vom G. stell. abgehenden Herzäste (Cardiacus inferior) gereizt und es ergab sich das erste Mal *bedeutende* Beschleunigung der Herzschläge, spätere Reizungen blieben wegen Ueberreizung der Nerven erfolglos.

#### X. Versuch.

Brusthöhle geöffnet, nach Rückenmarksdurchschneidung betrug die Zahl der Herzschläge in 5 Sek. 16. Linkerseits ist wegen eingetretener Blutung die weitere Präparation des G. stell. unmöglich geworden; es wurde desshalb das rechtsseitige aufgesucht. Vagus und seine beiden Communicationsäste mit dem Ganglion ausgeschnitten; nach Durchschneidung der Symp. steigt, durch mechanische Reizung (mittelst der Pincette) bedingt, der Puls auf 19—20 Schläge in 5 Sek. Schwache elektrische Reizung der kurzen Vertebralwurzel steigert ihn auf 24 Schläge in 5 Sek., nach der Reizung minutenlange Nachwirkung, endlich 17 Schläge. Auf wiederholte Reizung 20—21 Schläge. Stärkere Ströme auf das Ganglion geleitet bedingen Herzstillstand in Diastole (Vagusstromschleifen). Reizung des N. cardiacus, der vom G. stellatum über die rechte A. subclavia zum Herzen geht, wirkt stark pulsbeschleunigend; drückt man die Elektroden stark auf, so folgt Pulsverlangsamung (Nebenströme durch den Vagus geleitet), lässt man damit nach, so werden die Herzcontractionen wieder sehr beschleunigt.

Noch mehrere auf dieselbe Weise, wie die vorstehenden, ausgeführten Versuche haben die gleichen Resultate geliefert, nämlich mechanische oder elektrische Reizung des untern Halsknoten und seiner Herzäste bewirken Pulsbeschleunigung, jedoch gelingt diess nur einigemal bei einem Versuche, da sehr bald Uebermüdung und Erschöpfung der zarten Nerven eintritt. Somit wäre denn auch der experimentelle Nachweis geliefert, dass die excitomotorischen Nerven des Halsmarks als lange und kurze Wurzel an das Ganglion stellatum gehen und von hier aus in dem N. cardiacus inferior sich an das Herz begeben; denn Reizung aller dieser Theile bedingte Pulsbeschleunigung. Ein Einwand könnte aber gegen die Richtig-

keit aller dieser Experimente gemacht werden, ob nämlich diese Pulsbeschleunigung nicht einfach nur durch Stromeschlingen bedingt sei, welche bei der Nähe des Herzens, des Rückenmarkes und der Sympathici durch eines dieser Organe gehen könnten und so zu einer unangenehmen Täuschung Anlass gäben. Hiegegen sprechen folgende Gründe:

1) Sehr oftmals hatten wir Gelegenheit, Pulsbeschleunigung schon in Folge einfacher mechanischer Reizung der Wurzeln, des Ganglion oder seiner Herz-Aeste eintreten zu sehen; dies spricht von vorn herein dagegen.

2) Um den Einwurf, Stromeschleifen bedingten die Pulsbeschleunigung, zu entkräften, haben wir mehrere genaue Controlversuche angestellt, die ich nur im Auszuge mittheilen will.

#### Versuch XVII.

Das Gangl. stell. wurde mit seinen Wurzeln und Herzästen herausgeschnitten, Rückenmark, Vagi und Symp. getrennt. Die Gegend, wo das Ganglion sich befand, wurde durch aufgesetzte Elektroden gereizt.

Puls unverändert, 13—14 in 5 Sekunden.

Bei Reizung derselben Stelle mit stärkerem

Strome

13—14

Diess mehrmal mit steigender Stromstärke wiederholt

13—14

Bei Rollenabstand von 10 Millim. gereizt

10

(Vaguswirkung)

Bei Rollenabstand von 14 Millim. gereizt

10

(Nachwirkung)

Nach der Reizung

12

Direkte Reizung der Medulla durch eingestochene Nadeln

12

und so fort.

Ganz dieselben Erfolge wie bei diesem Versuche wurden auch bei den übrigen Controllversuchen beobachtet, *nie* trat Beschleunigung der Herzschläge ein, sondern immer nur bei einer gewissen Stromesstärke Pulsverlangsamung, durch Stromeschleifen bedingt, welche durch den Vagus gehen. Electricische Reizung in der Nähe des Herzens bewirkte stets Herztetanus (sehr rasche aber höchst unregelmässige Herzcontraktionen), nie aber gleichmässige rhythmische Beschleunigung.

Durch unsere Controlversuche ist somit jeder Einwurf, welcher der Richtigkeit der Experimente gemacht werden könnte, vollständig ausgeschlossen.



So wäre es denn gelungen, auch die 3te Frage, welches die Bahnen sind, auf denen die excitomotorischen Nerven des Halsmarks zum Herzen verlaufen, zu beantworten, und ich will nur noch am Schlusse einen kurzen Ueberblick über die in den 3 Abschnitten dieser Untersuchung niedergelegten Resultate geben.

Die Häufigkeit und Energie des Herzschlages wird vom Gehirn aus direct und indirect vermehrt;

1) direkt durch den Halssymphikus, ferner durch die excitomotorischen Nerven, die im Halsmark verlaufen, als Halsmarkswurzeln *Radix longa et brevis s. vertebralis* an den untern Halsknoten gehen und durch das *Gangl. stell.* hindurch an das Herz zwischen *Aorta* und *Pulmonalis* treten;

2) indirekt durch die Körpergefässnerven, die vom Gehirn aus in beständiger tonischer Erregung gehalten werden. Sie bewirken durch die Verengung der Gefässbahnen erhöhten Seitendruck im Aortensystem, der erhöhte Druck im Herzen ist aber als mechanischer Reiz für die im Herzen selbst gelegenen motorischen Centra zu betrachten.

3) Die wichtigsten Gefässnerven des Körpers sind die beiden *Splanchnici*; sie innerviren die ausgedehnten Gefässbezirke der Unterleibseingeweide. Diese Gefässe zeigen die grösste Veränderlichkeit ihres Volumens bei verschiedenen Reizzuständen — daher hat Reizung der *Spl.* gewaltige Druckerhöhung und secundäre Pulsbeschleunigung, Durchschneidung derselben sehr starke Druckerniedrigung zur Folge.

Eine erfreuliche Bestätigung für die Richtigkeit der gewonnenen Resultate haben die unabhängig von uns und gleichzeitig angeführten Arbeiten der Gebrüder *Cyon* geliefert; dieselben stimmen in allen Punkten mit den in dieser Abhandlung veröffentlichten Resultaten überein.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor *v. Bezold*, unter dessen Leitung und gütiger Hülfe diese Untersuchungen ausgeführt wurden, meinen herzlichsten Dank hiemit öffentlich auszusprechen sowohl für die Liberalität, mit welcher er dem Schüler alle Hilfsmittel seines Laboratoriums gewährte, wie auch für seine unermüdete Sorgfalt, mit welcher er die schwierigen Untersuchungen durch Rath und That leitete.